

ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

ДОНИШГОҲИ ТЕХНИКИИ ТОҶИКИСТОН

ба номи академик М.С. Осимӣ

ФАКУЛТАТИ МЕХАНИКӢ ВА ТЕХНОЛОГӢ

**Маводи конференсияи I-уми байналмилалӣ илмӣ – амалӣ дар мавзӯи
“Масъалаҳои мубрам ва дастовардҳои соҳаи мошинсозӣ ва технологияҳои
истеҳсоли дар шароити ҷаҳонишавӣ муосир”, бахшида ба эълон гардидани солҳои
2020 – 2040 “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ
дар соҳаи илму маориф” ва “Саноатикунони босуръати кишвар ҳадафи чоруми
стратегӣ”**



**Материалы I -й международной научно-практической конференции на тему:
«Актуальные проблемы и достижения в области машиностроения и
производственных технологий в условиях современной глобализации»,
посвящённой объявлению 2020–2040 годов «Двадцатилетием изучения и развития
естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования», и
«Ускоренной индустриализации страны - четвёртой стратегической цели»**

**Proceedings of the 1st international scientific and practical conference on the topic:
“Pressing issues and achievements in the field of mechanical engineering and
manufacturing technologies in the context of modern globalization,” dedicated to the
declaration of the years 2020–2040 as “Twenty-year period for the study and
development of natural, exact, and mathematical sciences in science and education,” as
well as “Rapid industrialization of the country - the fourth strategic goal”**

**ДУШАНБЕ – 2026
DUSHANBE – 2026**

ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
ДОНИШГОҶИ ТЕХНИКИИ ТОҶИКИСТОН
ба номи академик М.С. Осимӣ
ФАКУЛТАТИ МЕХАНИКӢ ВА ТЕХНОЛОӢ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика М.С. Осими
МЕХАНИКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN
TAJIK TECHNICAL UNIVERSITY
named after academician M.S. Osimi
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY

**Маводи конференсияи I-уми байналмилалӣ илмӣ – амалӣ дар мавзӯи
“Масъалаҳои мубрам ва дастовардҳои соҳаи мошинсозӣ ва технологияҳои
истехсолӣ дар шароити ҷаҳонишавӣ муосир”, бахшида ба эълон гардидани
солҳои 2020 – 2040 “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ,
дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф” ва “Саноатикунони босуръати
кишвар ҳадафи чоруми стратегӣ” (05-уми март соли 2026)**

**Материалы I -й международной научно-практической конференции на тему:
«Актуальные проблемы и достижения в области машиностроения и
производственных технологий в условиях современной глобализации»,
посвящённой объявлению 2020–2040 годов «Двадцатилетием изучения и
развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и
образования», и «Ускоренной индустриализации страны - четвёртой
стратегической цели» (05 марта 2026 года)**

**Proceedings of the 1st international scientific and practical conference on the
topic: “Pressing issues and achievements in the field of mechanical engineering and
manufacturing technologies in the context of modern globalization,” dedicated to
the declaration of the years 2020–2040 as “Twenty-year period for the study and
development of natural, exact, and mathematical sciences in science and
education,” as well as “Rapid industrialization of the country - the fourth strategic
goal.” (March 5, 2026)**

**ДУШАНБЕ – 2026
DUSHANBE – 2026**

КУМИТАИ ТАДРУКОТ

Давлатзода Қ.Қ. – д.и.и., профессор, ректори ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, раис.

Абдуллозода Р.Т. – н.и.т., дотсент, муовини ректор оид ба илм ва инноватсияи ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, муовини раис.

АЪЗОӢН:

Исмонзода Р.Д. – н.и.т., дотсент декани факултети механикӣ ва технологӣ;

Холзода Ф.Б. – муовини декани факултети механикӣ ва технологӣ оид ба илм ва донишҷӯёни шартномавӣ,

Ғаниев И.Н. – академики АМИТ, д.и.х., профессор;

Бадалов А.Б. – аъзо-корреспонденти АМИТ, д.и.х., профессор;

Одиназода Ҳ.О. – аъзо-корреспонденти АМИТ, д.и.т., профессор;

Мирзоалиев И. – дотсенти кафедраи технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металлбурӣ;

Умаров М.А. – муовини декан оид ба таълим, н.и.т., муаллими калон;

Хочаев Т.А. – мудири кафедраи технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металлбурӣ, н.и.т., дотсент;

Рачабалиев С.С. – мудири кафедраи масолеҳшиносӣ, мошинҳо ва таҷҳизотҳои металлургӣ, н.и.т., дотсент;

Иброҳимов С.Ҷ. – мудири кафедраи бехатарии ғайрифаъолияти инсон ва экология, н.и.т., дотсент;

Мирзоалиев А.И. – мудири кафедраи метрология, стандартизатсия ва сертификатсия, н.и.т., дотсент;

Иброҳимов Н.Ф. – мудири кафедраи технология ва таҷҳизоти саноати насосӣ, н.и.т., дотсент;

Назиров Я.Г. – мудири кафедраи нақшакашии муҳандисӣ ва компютерӣ, н.и.т., и.в. дотсент;

Саидов М.Ҳ. – мудири кафедраи механикаи назариявӣ ва муқовимати мавод, н.и.т., дотсент;

Бозоров Ш.А. – сардори раёсати илм ва инноватсия;

Изатуллоев М.А. – мудири шуъбаи инноватсия ва наشرҳои илмӣ;

Орифова Ш.Р. – мутахассиси пешбари шуъбаи инноватсия ва наشرҳои илмӣ.

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ:

Мирзоалиев И.М., Алиев Ҷ.Н.

Ҳамроев Н.Ҳ., Сафаров Ф.М.

Ғаниев И.Н., Иброҳимзода Д.Э., Муслимов И.Ш.

Садриддинов М.М., Насриддинов А.С., Зоиров Ҳ.А.

Гулаҳмадов Ҳ.Ш., Бобоев Ҳ.Б.

© Конферентсияи I-уми байналмилалӣ илмӣ – амалӣ дар мавзуи “Масъалаҳои муҳим ва дастовардҳои соҳаи мошинсозӣ ва технологияҳои истеҳсоли дар шароити ҷаҳонишавӣ муосир”. Душанбе, 2026.

Маводҳо бо таҳрири муаллиф нашр мешаванд. Материалы публикуются в авторской редакции.

МУНДАРИЧА – ОГЛАВЛЕНИЕ

САНОАТИ МОШИНСОЗӢ, МАВОДШИНОСӢ ВА ТЕХНОЛОГИЯИ МОДДАӢОИ НАВИН - МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ - MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY, MATERIALS SCIENCE, AND NEW MATERIALS TECHNOLOGIES.....	10
УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЛТОВОЧНЫХ СТАНКОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ СЪЕМА МАТЕРИАЛА ПРИ ОБРАБОТКЕ САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ	10
А.И. Мирзоалиев, И. Мирзоалиев, Т.А. Ходжаев, Х.Ф. Орифова.....	10
ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ	14
И. Мирзоалиев, Б.Ф. Холзода (Холов Ф.Б.), А.И. Мирзоалиев, М.Р. Амиришозода	14
ГАЛТОВОЧНЫЙ БАРАБАН УСОВЕРШЕНСТВОВАНОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	18
И. Мирзоалиев., А.Т. Ходжаев., И.А. Мирзоалиев, Т.С. Амонзода., Б.Ф. Холзода (Холов Ф.Б.)	18
ЦЕНТРОБЕЖНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА НА СТАНКЕ С НАПРАВЛЯЮЩИМИ ПЛАСТИНАМИ.....	22
И. Мирзоалиев, Н.Б. Имомзода, Т.А. Ходжаев, А.И. Мирзоалиев	22
ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И ТВЁРДОСТИ КАМНЕСАМОЦВЕТНОГО СЫРЬЯ НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ШАРИКОВ.....	27
В.П. Луговой, Р.А. Попов, А. Полянских	27
ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ И ВИБРАЦИОННОЙ ГАЛТОВКЕ САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ	31
А.И. Мирзоалиев, И. Мирзоалиев, Х.С. Садыков, М.Ш. Эркабоев.....	31
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЛТОВКИ САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.....	35
И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев, Б.С. Саидзода	35
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КИНЕМАТИКИ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОЙ ОТДЕЛКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ	41
А.И. Мирзоалиев, И. Мирзоалиев. Т.А.Ходжаев, Х.Ф. Орифова.....	41
НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	44
М. Идизода	44
ПРОБЛЕМАӢОИ МУБРАМИ ИҚТИСОДИЁТ ВА ИДОРАКУНӢ ДАР СОӢАИ МОШИНСОЗӢ	48
М. Идизода, Б.С. Саидзода.....	48
РАЗРАБОТКА КОМПОНОВКИ ПОСЕВНОГО КОМПЛЕКСА С ЛАПОВЫМИ СОШНИКАМИ	51
¹ М.А. Терёхин, ² Ю.В. Польшвин, ² А.В. Яшин	51
ТАӢЛИЛИ ДИНАМИКӢ ВА МУОДИЛАӢОИ ЛАГРАНЖ БАРОИ МЕХАНИЗМИ САӢЁРАВӢ-ШАТУНӢ БО МОМЕНТИ ИНЕРСИЯИ ТАӢӢИРЁБАНДА	56
¹ У.П. Исоев, ² Ф.Б. Шарипов, ² М.Х. Саидов.....	56
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ: РУЧНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CAD/CAM-СИСТЕМ.....	60
М.А. Умаров, А.Р. Исмонов, Н.Ф. Ризозода.....	60

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НОЖЕВОЙ ГАРНИТУРЫ РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИН МЕТОДОМ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ.....	64
¹ А.А. Саодатов, ² Х.А. Бабаханова, ³ Д.Ч. Равшанзода (Д.Ч. Равшанов)	64
ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИНКОВОГО СПЛАВА $ZnAl1Ni0.5$ СО СКАНДИЕМ, В СРЕДЕ 0,03 - НОГО РАСТВОРА $NaCl$	67
¹ И.Н. Ганиев, ² К.Б. Гаффоров, ¹ А.В. Амонова	67
ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА СВОБОДНОЙ КОРРОЗИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА $AlMn0.8Mg1Si1$, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА $NaCl$	71
И.Н. Ганиев ¹ , Н.С. Хакимзода ² , М. Махмудзода ¹ , Дж.Х. Джайлоев ¹	71
ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА $E-AlMgSi$ («алдрей»), ЛЕГИРОВАННОГО ТАЛЛИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 3,0%-НОГО $NaCl$	73
И.Н. Ганиев, Ф.А. Алиев, Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов), А.М.Сафаров.....	73
ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА Zn , ЛЕГИРОВАННОГО ТАЛЛИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 0,3%-НОГО $NaCl$	77
И.Н. Ганиев, Г.М. Атоев, Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов), А.М. Сафаров.....	77
РАФТОРИ АНОДИИ ХӢЛАИ АК12 БО СКАНДИЙ ЧАВӢАРОНИДАШУДА ДАР МУӢИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИИ $NaCl$	81
С.Т. Бадурдинов	81
ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ5К10 МОДИФИЦИРОВАННОГО С БАРИЕМ.....	84
И.Н. Ганиев ¹ , Ф. Холмуродов ² , А.Г. Сафаров ²	84
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМ $Al-Li$	87
Н.И. Ганиева	87
ГАРМИҒУНҚОИШИ ХОСИ ХӢЛАИ САХТИ АЛЮМИНИЙИ АК12 БО ИТТЕРБИЙ, ВОБАСТА АЗ ӢАРОРАТ.....	90
С.Т. Бадурдинов	90
ТАӢСИРИ ВИСМУТ БА РАФТОРИ АНОДИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИЙИ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ДАР МУӢИТИ 0,3%-И $NaCl$	94
О.Ш. Шерализода, И.Н. Ганиев, С.С. Раҷабалиев	94
ОКИСЛЕНИЕ КИСЛОРОДОМ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ЦИНКОВО-АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА $Zn55Al$, МИКРОЛЕГИРОВАННОГО ЦИРКОНИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ.....	98
Дж.Н. Алиев	98
ВЛИЯНИЕ ТИТАНА НА ПОТЕНЦИАЛ КОРРОЗИИ СПЛАВА $Al+6\%Li$ В СРЕДЕ ВОДНОГО РАСТВОРА 3,0%-НОГО $NaCl$	104
² М.А. Абдулхакова, ¹ А.М. Сафаров, ¹ Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов)	104
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ СПЛАВА АК12 МОДИФИЦИРОВАННОГО СКАНДИЕМ.....	108
С.Т. Бадурдинов	108
ОБ УПРОЧНЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТИТАНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ И ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ. 114	
Л.П. Бащенко	114
ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА $AMg6$, ЛЕГИРОВАННОГО ПРАЗЕОДИМОМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 3,0%-НОГО $NaCl$	118
И.Н. Ганиев, Н.Ш. Вазирзода (Вазиров), Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов), М.Д. Боймуродов	118

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВА Al_{22} , МОДИФИЦИРОВАННОГО БАРИЕМ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 0,03 % NaCl	122
Н.Ф. Иброхимов, С.Т. Бадурдинов С.С. Гулов	122
КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Zn-Na, В СРЕДЕ РАСТВОРА 0,03%-НОГО NaCl	126
¹ Ганиев И.Н., ² Табаров Б.Ш., ¹ Ходжаназаров Х.М., ³ Алиева Л.З.	126
ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ЖЕЛЕЗА НА ПОТЕНЦИАЛ СВОБОДНОЙ КОРРОЗИИ СПЛАВОВ $Zn_{55}Al$ и $Zn_{55}Al$ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl.....	130
З.Ф. Нарзуллоев.....	130
РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ АЛЮМИНИЯ МАРКИ А6, ЛЕГИРОВАННОГО КРЕМНИЕМ	134
¹ Г.К. Бексеитова, ¹ А.Г. Сафаров, ² И.Н. Ганиев	134
КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА $B(PbSb_{15}Sn_{10})$ С АЛЮМИНИЕМ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 0.3%-НОГО NaCl	138
И.Н. Ганиев, Р.З. Махмадуллозода, Х.М. Ходжаназаров, И.Т. Амонзода	138
ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ИНДИЯ НА КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОЛОВЯННОГО БАББИТА Б83 В СРЕДЕ 0,3%-НОГО ЭЛЕТРОЛИТА NaCl	142
Х.Д. Музафаров, И.Н. Ганиев, Р.Д. Исмонзода, Х.М. Ходжаназаров	142
ТЕПЛОЕМКОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ СПЛАВА Al_{22} , ЛЕГИРОВАННОГО СКАНДИЕМ.....	146
Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, С.С. Гулов	146
ТЕХНОЛОГИИ ИСТЕҲСОЛӢ – ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – MANUFACTURING TECHNOLOGIES.....	150
МАҚОМИ САНГ ДАР РУШДИ ОДАМИ ИБТИДОӢ	150
Т.А. Хоҷаев, И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев.....	150
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА И СОСТАВА ЧЕРНИЛ НА КАЧЕСТВО СТРУЙНОЙ ПЕЧАТИ	153
Х.А. Бабаханова, Н.Ж. Садриддинова, Н.Х. Атаханова, Д.Б. Ирматов.....	153
МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ТИСНЕНИЯ НА БУМАГЕ С ДОБАВЛЕНИЕМ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН	156
Х.А.Бабаханова, Н.Х.Атаханова, Н.Х. Турсунбоева, Н.Ж.Садриддинова.....	156
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ЗОЛЬНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БУМАГИ	159
¹ Х.А. Бабаханова, ² Д.Ч. Равшанзода, ¹ Н.Ж. Садриддинова, ¹ Н.Х. Атаханова.....	159
ИСТИФОДАИ УСУЛҲОИ КАММАСРАФ ВА РАҚАМӢ ДАР РАВАНДИ ТЕХНОЛОГИИ ИСТЕҲСОЛӢ	162
М.М. Саидова, Н.Ҷ. Рашидов	162
АРХИТЕКТУРАИ ШАБАКАҲОИ НЕЙРОНӢ ВА АРЗӢБИИ САМАРАНОКИИ ОН	165
С.М. Каримов, М.Л. Мирзоҳасанов.....	165
МОДЕЛСОЗИИ ЗЕҲНИ СУНӢӢ БАРОИ ПЕШГӢИИ МАӢЛУМОТИ РАҚАМӢ: АСОСҲО, МЕТОДҲО ВА ИСТИФОДАБАРӢ	170
Т.В. Иброҳимова, М.Л. Мирзоҳасанов	170
ИСТИФОДАИ КОРКАРДИ ҲАРОРАТӢ БАРОИ БЕҲТАР НАМУДАНИ РАНГИ САНГҲОИ ОРОИШӢ.....	173
Т.А. Хоҷаев, М.Ш. Эркабоев, М.Р. Амиршозода.....	173

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОСФОГИПСА В СОСТАВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ И БЕТОНОВ.....	180
У.А. Панджиев, А.А. Акрамов, Д.С. Рафиев, С.Ш. Рафиев.....	180
ТАДҚИҚИ ҲУДУДИ НАМНОКИИ ПИЛЛАҲОИ ХУШК ҲАНГОМИ БОРХАЛТАКУНӢ.....	183
¹ М.В. Изатов, ² С. Салимҷонов.....	183
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКА В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ	186
¹ Ф.М. Сафаров, ¹ Х.Д. Музафаров, ² Х.Г. Гулмуродзода.....	186
ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕКЦИОННОЙ СНОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ UKIL	190
Д. Рахимов, С. Вафоев, М. Ахрори.....	190
ПАЙДОИШИ АВВАЛИН КОНДИТСИОНЕР ВА СИСТЕМАҲОИ МӢЪТАДИЛГАРДОНИИ ҲАВО.....	195
Ю.С. Азизов.....	195
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПОЗНАВАНИЯ ТАДЖИКСКОЙ РЕЧИ В МОБИЛЬНЫХ И ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ: КРОССПЛАТФОРМЕННЫЙ ПОДХОД.....	199
¹ Б.Х. Ашурзода, ² А.С. Бобоев.....	199
ТЕХНОЛОГИЯИ ХИМИЯВӢ ВА МЕТАЛЛУРГИЯ - ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТАЛЛУРГИЯ - CHEMICAL ENGINEERING AND METALLURGY	204
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТЬЕВ РЕПЕЙНИКА (ARCTIUM TOMENTOSUM MILL.) И ПОДОРОЖНИКА ЛАНЦЕТНОГО (PLANTAGO LANCEOLATA. L) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ РАДИАЦИОННОГО ФОНА	204
¹ Р.А. Султонов, ¹ С.Дж. Юсуфи, ¹ У.Р. Раджабов, ² Ш.А. Мингбоев, ² Х.К. Махкамов.....	204
ПРОГНОЗ И ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ Eu-Sc	210
Ф.К. Рахимов, М.И. Халимова, Ш.З. Шарипов, Б.С. Саидзода	210
СОХТАНИ САТҲИ ЛИКВИДУСИ СИСТЕМАИ СЕЧУЗӢАИ Au-Ge-Sb БО УСУЛИ БАНАҚШАГИРИИ СИМПЛЕКСӢ	214
Ф.Қ. Раҳимов, Б.М. Мирзоева, Н.М. Сафаров, Ф.Н. Қурбонов.....	214
ПРОГНОЗ ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТИ В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ ДЛЯ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ Cu (Ag, In)-ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА (ПТ)	218
¹ Т.Д. Джурсаев, ² К.Б. Нуров, ¹ Р.А. Нимонов, ² А.С. Джафари, ¹ Э.Р. Газизова	218
РОЛЬ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ИЗМЕНЕНИИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА Pb+0,03%Ag	223
М. Маджиди, М. Махмудзода	223
ТАӢСИРИ СУРБ БА СОХТИ ТАРКИБӢ ВА ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИӢИ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3	227
О.Д. Шерализода, И.Н. Ганиев, С.С. Раҷабалиев.....	227
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО ХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РЕПЕЙНИКА (ARCTIUM LAPPA L) И ДОННИК ЛЕКАРСТВЕННЫЙ (MELILOTUS OFFICINALIS L.)	231
¹ Султонов Р.А., ¹ Юсуфи С.ДЖ., ¹ Раджабов У.Р., ² Мингбоев Ш.А., ² Махкамов Х.К.	231
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЛАСТИ РАССЛАИВАНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМ Pb-Cu и Pb-Zn	237
¹ К.Б. Нуров, ² Т.Д. Джурсаев, ² Ф.К. Ходжаев.....	237
ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ КРИСТАЛЛОГИДРАТА ХЛОРИДА КОБАЛЬТА (II)	242

Х.А. Зоиров, М.С. Исломова, Рузматова Г.К., С.К. Насриддинов	242
ДИНАМИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ДИОКСИДА ТИТАНА	245
¹ Ф.Д. Исмонов., ² А.Р. Исмонов	245
ТАЪСИРИ ҚАЛЪАҒӢ БА СОХТИ ТАРКИБӢ ВА ХОСИЯТИ МЕХАНИКИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИЙИ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3	249
О.Ш. Давлатов., С.С. Раҷабалиев	249
ВЛИЯНИЕ ПРАЗЕОДИМА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА AlV0,1	253
¹ Ганиев И.Н., ² Азизова Д.К., ¹ Окилов Ш.Ш., ¹ Джасайлоев Дж.Х.	253
ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ СПЛАВА СВИНЦА С ВИСМУТОМ.....	256
А.М. Хайдаров	256
ПОТЕНСИАЛИ ЗАНГЗАНИИ ОЗОДИ ХӢЛАИ РУҲӢ АЛЮМИНИЙИ Zn5Al БО НИКЕЛ ЧАВҲАРОНИДАШУДА ДАР МУҲИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИ NaCl.	261
З.Ф. Нарзуллоев.....	261
ИЛМҲОИ БУНЁДӢ (МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ) - ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ (МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ) - FUNDAMENTAL SCIENCES (MATHEMATICS, PHYSICS, CHEMISTRY).....	265
НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ В ТВЕЛАХ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА	265
Ш.Ш. Самаров.....	265
О СОВМЕСТНОЙ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ХАРДИ H2, R	268
Х.А. Абдусаломзода	268
ОБ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ РЕШЕНИЙ ОДНОГО КЛАССА ОБОБЩЁННЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА С СИНГУЛЯРНЫМИ ТОЧКАМИ.....	272
С.Б. Зарипов, Дж.А. Мирзоев	272
ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ ЛИНЕЙНЫМИ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ ТИПА МНОГОЧЛЕНОВ БЕРНШТЕЙНА.....	275
С.С. Хоразмишов.....	275
БАЪЗЕ ЧАНБАҲОИ ТАЪЛИМИ ФАНҲОИ ГРАФИКӢ ДАР МУАССИСАИ ОЛИИ ТАЪЛИМИИ ТЕХНИКӢ	278
Я.Г. Назиров, Б.М. Курбонов	278
ҲАЛЛИ СИСТЕМАИ МУОДИЛАҲОИ ДИФФЕРЕНСИАЛӢ БО ИСТИФОДАИ ТАБДИЛДИҲИИ ЛАПЛАС	281
М.М. Садриддинов.....	281
ДАРАҶАИ КОМПЛЕКСИИ АДАДИ КОМПЛЕКСӢ	284
Н.С. Азимов	284
ВОЛНЫ В ИЗОТРОПНОЙ КУСОЧНО - ЛИНЕЙНОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДАХ С МАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПАМЯТЬЮ	287
У. Бахтовар.....	287
О ПОСТРОЕНИЕ ПРИБЛИЖЁННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МНОГООБРАЗИЙ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ.....	294
М.А. Нусайриев	294

О РЕШЕНИЯХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЧЕТВЁРТОГО ПОРЯДКА С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ	296
Хафизов Х.М.....	296
БЕХАТАРИИ ФАЪОЛИЯТИ ИНСОН ВА ЭКОЛОГИЯ - БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЭКОЛОГИЯ - LIFE SAFETY AND ECOLOGY.....	300
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА ДУШАНБЕ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	300
Д.С. Азимов, Г.К.Пирова, Ф.Б. Зоиров.....	300
БЕХАТАРИИ ФАЪОЛИЯТИ ӲАӲТИ ИНСОН ВА ЭКОЛОГИЯ.....	305
А.А. Ахмедова.....	305
ТАРКИБИ ҒИЗОИ АНГАТ БА САЛОМАТИИ ИНСОН	309
Н.Ф. Раҳимов	309
АРЗӲБИИ МИҚДОРИИ ХАТАР ДАР МУӲИТИ ЗИСТ ВА ӲИФЗИ БЕХАТАРИИ ИНСОН ..	312
Н. Ӳ. Рашидов	312
МУҚОИСАИ УСУЛӲОИ МУСТАӲКАМ КАРДАНИ СУТУНӲОИ ОӲАНУ БЕТОНӢ АЗ НУҚТАИ НАЗАРИ САМАРАНОКИИ ИҚТИСОДӢ	315
Ш. Ибодуллозода, Х.Б. Додочонов	315
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭВАКУАЦИИ ПАЦИЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ.....	322
¹ Х.Ф. Ходжамурод, ¹ С.Р. Раҳматшозода, ² Д.С. Азимов.....	322
ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТАДЖИКИСТАНЕ	325
¹ А. Шарифов, ² З.Х. Гайбуллаева, ² Ф.Б. Хамроев, ² Г.Г. Шодиев.....	325
ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА КРУГОВОРОТ ВОДЫ В ПРИРОДЕ.....	331
И. Мирзоалиев.....	331
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ПАЦИЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ..	337
¹ Д.С. Азимов, ² Х.Ф. Ходжамурод, Орифова Л.А.	337
БАЪЗЕ АЗ ЧАНБАӲОИ ОЛУДАШАВИИ ӲАВО ДАР ШАӲРИ ДУШАНБЕ ВА РОӲӲОИ ПЕШГИРИИ ОН	340
Иброҳимов С. Ӳ., Гулаҳмадов Ӳ.Ш., Ситамов С., Қодирова З.Х.....	340
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ С УЧЁТОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛЕБАНИЙ	347
Д.Н. Низомов, И.К. Каландарбеков, И.И. Каландарзода, А.Ш. Шарифзода, Ф.Ш. Буриев .	347
АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ.....	351
И.И. Каландарзода, И.К. Каландарбеков, Д.Дж. Джурахонзода, Ф.Ш. Буриев	351
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОФИТОЦЕНОЗОВ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА.....	355
А.М. Хайдаров	355
ЭФФЕКТЫ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	357
А.А. Акрамов, Д.С. Рафиев, С.Ш. Рафиев, У.А. Панджиев.....	357

САНОАТИ МОШИНСОЗӢ, МАВОДШИНОСӢ ВА ТЕХНОЛОГИЯИ МОДДАӢОИ НАВИН -МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ - MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY, MATERIALS SCIENCE, AND NEW MATERIALS TECHNOLOGIES.

УДК 621.923.7

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЛТОВОЧНЫХ СТАНКОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ СЪЕМА МАТЕРИАЛА ПРИ ОБРАБОТКЕ САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ

А.И. Мирзоалиев, И. Мирзоалиев, Т.А. Ходжаев, Х.Ф. Орифова
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация: В статье исследован процесс формообразования и методы галтовки самоцветных камней. На основе научного анализа и экспериментальных данных определена производительность процессов планетарно-центробежной и барабанной галтовки. Рассмотрена эффективность и целесообразность применения различных видов финишной обработки в зависимости от физико-механических свойств минералов.

Ключевые слова: галтовка, абразив, производительность, центробежная сила, барабан, самоцветные камни, полирование, микронеровности, формообразование.

Введение

В современной технологии машиностроения и камнерезной промышленности актуальной задачей является поиск и совершенствование методов прецизионной обработки драгоценных, полудрагоценных и поделочных минералов. Среди существующих способов финишной отделки наиболее востребованным является процесс галтовки. Данный метод объемной абразивной обработки позволяет эффективно элиминировать дефекты поверхностного слоя, такие как следы коррозии, термические пригары, окалины, впадины и микротрещины, возникающие на предварительных этапах формообразования.

Применение абразивной галтовки в различных отраслях производства обусловлено необходимостью снижения трудоемкости слесарно-доводочных операций, доля которых в общей структуре изготовления изделий из природного камня достигает 10–20% [1, 2]. Механизация процесса очистки и полирования поверхностей в галтовочных барабанах и центробежных установках обеспечивает не только интенсификацию производства, но и стабильно высокое качество микрогеометрии обрабатываемых деталей [3].

Технологические преимущества галтования заключаются в благоприятной кинематике взаимодействия абразива с заготовкой, характеризующейся незначительными силами резания и отсутствием выраженного теплового воздействия на зону контакта. [4]. Толщина удаляемого припуска, исчисляемая в микронах, позволяет проводить тонкую отделку без риска изменения физико-химической структуры камня.

На основе анализа кинематики и динамики процесса барабанной галтовки установлено, что траектория движения заготовок соответствует уравнению параболы [4].

$$Y = xtg\alpha - gx^2/2 V^2 \cos^2\alpha \quad (1),$$

где V- линейная скорость вращения барабана.

Так же получена формула для расчета предельных значений числа оборотов барабана (об/мин), обеспечивающая наибольшую производительность обработки, при загрузке меньше, чем 1/3 объёма барабана:

$$n = 30 / \pi \sqrt{g / R_{\sigma} f} \quad (2),$$

и при объемах загрузки больше, чем 1/3 объема барабана:

$$n = 30 / \pi \sqrt{g / R_{\sigma}} \quad (3),$$

где R_{σ} - радиус галтовочного барабана, f - коэффициент трения заготовок по стенке барабана.

Для повышения производительности центробежно-планетарной обработки и формирования однородных качественных характеристик поверхности по сложному контуру обрабатываемых заготовок введено изменение в конструкции станка и способа обработки, которые защищены патентами на изобретения. [1, 2]. В рассматриваемой центробежно-планетарной установке дно контейнера выполнено в виде усеченного конуса, кроме того, в цилиндрической части контейнера вставлена втулка с абразивным покрытием, а также ось симметрии контейнера расположена эксцентрично относительно его оси вращения. По причине эксцентричного расположения оси симметрии контейнера относительно оси его вращения рабочей массе сообщается вибрационное движение в радиальном направлении. Коническое дно контейнера способствует циркуляции рабочей среды в вертикальной плоскости под действием инерционных сил.

На рис. 1 показаны действия сил (переносная центробежная сила от вращения контейнера вокруг оси O , относительная центробежная сила от вращения контейнера вокруг своей оси O_1 и (Кориолиса сила инерции) на материальную точку в различных зонах контейнера.

На рисунке 2 показан процесс циркуляции загруженной в контейнер массы в вертикальной плоскости под действием этих сил. Циркуляция в вертикальной плоскости приводит к улучшению смешивания загруженной в контейнер массы и улучшает качество обрабатываемых заготовок.

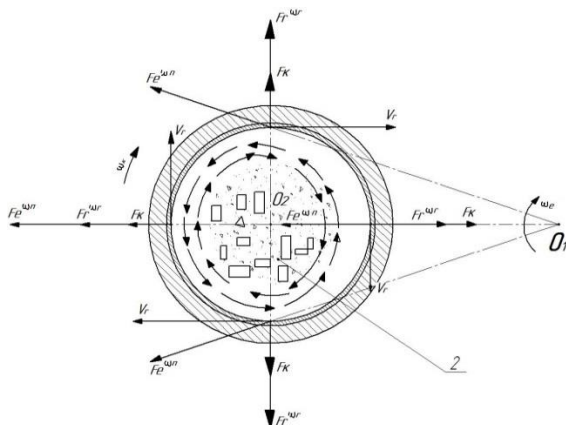


Рисунок 1. Схема действия сил и перемещения заготовок в горизонтальной плоскости

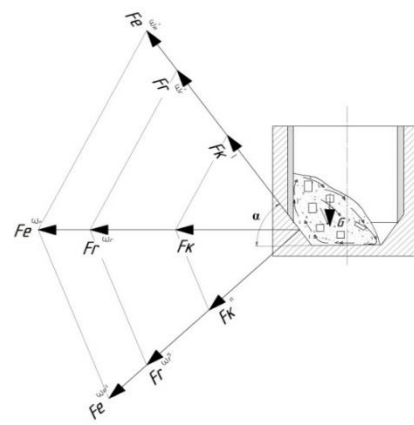


Рисунок 2. Схема действия сил и перемещение заготовок в вертикальной плоскости

Поисковые экспериментальные исследования барабанной галтовки также показали, что на производительность и качество обработки большое влияние оказывает количество абразива, загружаемого в барабан [4].

Установлено, что оптимальное количество абразива - Π_z зависит от многих факторов; например, от величины силы, действующей на заготовку - $P_{\text{заг}}$; размеров зерна абразива - $Z_{\text{абр}}$; высоты неровностей обрабатываемой поверхности - R_z и др.

Значение $P_{\text{заг}}$, в свою очередь, зависит от режимов обработки, в том числе частоты вращения и радиуса барабана, массы загрузки, соотношения объема барабана и объема загрузки и др. Оптимальное значение количества абразива определили экспериментальным путем.

Эксперименты показали, что интенсивность съема материала зависит от технологических факторов и режимов обработки.

Учитывая многофакторность и сложность процесса влияния количества абразива на производительность обработки, для определения влияния количества абразива провели экспериментальное исследование процесса барабанной галтовки.

Из графиков следует, что производительность, в первую очередь, зависит от количества абразива, подаваемого в зону обработки. Снижение производительности процесса обработки при увеличении количества абразива объясняется снижением удельного давления на единицу абразива и перехода от микрорезания к пластическому и упругому деформированию поверхности. Зависимость производительности от количества абразива- Π_z (г/кг) описывается следующей зависимостью:

$$Q = 38,2 - 0,189\Pi_z \quad (4),$$

при линейной скорости барабана $V = 76,3$ м/мин и

$$Q = 30,1 - 0,203\Pi_z \quad (5),$$

при линейной скорости барабана $V = 50,8$ м/мин.

Зависимость производительности от продолжительности обработки при барабанной галтовке выражается следующим уравнением:

$$Q = 9,25 + 2,8t \quad (6),$$

при $V = 76,3$ м/мин и

$$Q = 5,75 + 2,69t \quad (7),$$

при $V = 50,8$ м/мин, где t в часах.

Опыт использования промышленных галтовочных установок на камнеобрабатывающих предприятиях показал, что в большинстве случаев при обработке самоцветных камней количество применяемого абразива завышенное, что отрицательно влияет на показатели обработки и увеличивает себестоимость изделий [2].

Центробежно-планетарная обработка. Для центробежно-планетарной обработки исследования показали, что, когда количество загружаемой рабочей смеси равно 0,6 объема контейнера, производительность обработки максимальная и при дальнейшем увеличении объема загрузки падает (рис.3). Эксперименты проводились при различном объеме контейнера (0,8; 1,0; 1,2 дм³) Исследование производительности обработки образцов, имеющих различные объемы, показало, что объем дискретного образца также влияет на производительность обработки. Когда средний размер заготовок, загружаемых в контейнер в составе рабочей смеси, составляет более 1/135 части объема контейнера при загрузке контейнера равной 0,6 его объема, производительность начинает снижаться. Поэтому рекомендуется объем контейнера не менее 135 среднего объема дискретных деталей, подлежащих обработке. Например, при объеме контейнера, равном 1200 см³, средний размер дискретных заготовок не должен превышать 8,8 см³, что при обраб. заготовок кубической формы соответствует кубу с гранями, равному 2,07 см.

Производительность и качество обработки зависят от многих факторов. Производительность зависит от условия обработки. При обработке в водной среде без абразива, производительность выше, чем при обработке всухую с абразивом. Причиной этого явления является кавитационное изнашивание. Отсюда можно сделать вывод, что съём материала с поверхности заготовок происходит вследствие абразивного и кавитационного износа. [1-7].

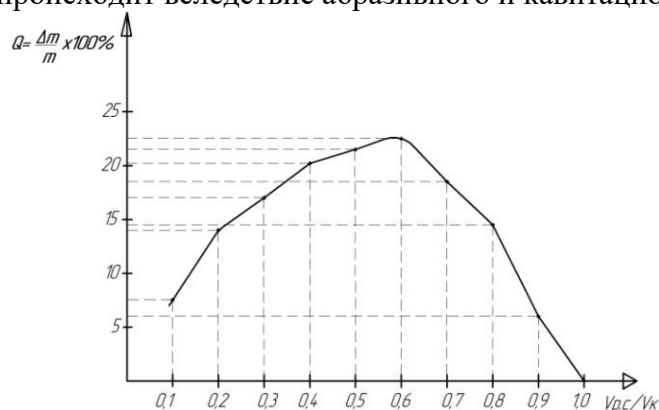


Рисунок 3. График зависимости производительности от заполнения объема контейнера

В качестве среды для создания кавитации можно использовать любую жидкость. Чем меньше температура кипения жидкости, тем эффективнее она работает. Другие требования к жидкости это: нетоксичность, несгораемость, низкая стоимость и доступность. Хотя есть целый ряд жидкостей с температурой кипения меньше воды, например: спирты, эфирные масла, керосин, бензин и т.д., но они не отвечают требованиям пожарной безопасности, токсичности и уступают по этим критериям обычной воде. Поэтому, как наиболее целесообразной средой для обработки материалов при центробежно-планетарной галтовке, являются водные растворы.

Заклучение

Сравнение способов барабанной и планетарно- центробежной обработки самоцветных камней показал на преимущество центробежно планетарной обработки так как при этом производительность обработки многократно возрастает.

Литература

1. Мирзоалиев, А. И. Исследование способов центробежной абразивной обработки материалов и области их эффективного применения [Текст] дис. канд. техн. наук: 05.02.07 / А. И. Мирзоалиев. — Душанбе, 2017. 156 с.
2. Ходжаев, Т. А. Повышение эффективности процесса изготовления шаровидных изделий из самоцветных камней совершенствованием конструкторско-технологических решений [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / Т. А. Ходжаев. — Душанбе, 2018. 142 с.
3. Толкачев, А. В. Повышение производительности вибрационного полирования лопаток компрессора ГТД абразивными гранулами [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / А. В. Толкачев. — Рыбинск, 2015. 138 с.
4. Баби́чев, А. П. Галтовка деталей машин [Текст] / А. П. Баби́чев. — М.: Машиностроение, 1975. — 152 с.
5. Ящерицын, П. И. Основы технологии финишной обработки деталей [Текст] / П. И. Ящерицын. Минск: Наука и техника, 1978;
6. Б.Ф. Холов. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф.Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н.Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9. – EDN UDJLZF.
7. Имомов, Н. Б. Влияние режимов обработки на исправление формы шаровидных изделий из самоцветных камней при обработке на станке с направляющими пластинами / Н. Б. Имомов, И. М. Мирзоалиев, Н. Б. Холов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 3(3). – С. 4-8. – EDN EDQUSH.

МУАЙЯН НАМУДАНИ ҚОНУНИЯТҲОИ ТАЪСИРИ ПАРАМЕТРҲОИ КОНСТРУКТИВИИ ДАСТГОҲҲОИ ГАЛТОВКАКУНӢ БА ШИДДАТИ ГИРИФТАНИ ҚАБАТИ МАВОД ҲАНГОМИ КОРКАРДИ САНГҲОИ РАНГА.

А.И. Мирзоалиев, И. Мирзоалиев, Т.А. Ходжаев, Х.Ф. Орифова
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола раванди шаклдиҳии сангҳои ранга ва усулҳои галтовкакунии онҳо таҳқиқ шудааст. Дар асоси таҳлили назариявӣ ва таҷрибавӣ маҳсулнокии равандҳои галтовкакунии сайёравӣ-марказгурез ва барабанӣ муайян карда шудааст. Самаранокии истифодаи намудҳои коркарди абразивӣ вобаста ба хосиятҳои физикию механикии минералҳо баррасӣ шудааст. Инчунин нақши таъминоти метрологӣ ва стандартикунонӣ дар рушди саноати коркарди санг дар Ҷумҳурии Тоҷикистон нишон дода шудааст.

Калидвожаҳо: галтовка, абразив, маҳсулноқӣ, қувваи марказгурез, барабан, сангҳои ранга, сайқалдиҳӣ, шаклдиҳӣ, чадвали Моос.

ESTABLISHING REGULARITIES OF THE INFLUENCE OF TUMBLING MACHINES DESIGN PARAMETERS ON THE MATERIAL REMOVAL RATE DURING GEMSTONES PROCESSING.

A.I. Mirzoaliev, I. Mirzoaliev, T. Khodjaev, Kh.F. Orifova
(*TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan*)

Abstract. The article investigates the process of gemstone shaping and various tumbling methods. Based on theoretical and empirical analysis, the productivity of planetary-centrifugal and drum-type tumbling processes was determined. The study considers the efficiency and feasibility of applying specific abrasive finishing techniques depending on the physical and mechanical properties of minerals. The importance of metrological support and standardization in the industrial processing of gemstones in the Republic of Tajikistan is emphasized.

Keywords: tumbling, abrasive, productivity, centrifugal force, drum, gemstones, polishing, shaping, Mohs scale.

Сведения об авторах

Мирзоалиев Азим Исроилович – к.т.н., доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ имени акад. М.С. Осими, г Душанбе, E-mail: azimjon86_86@mail.ru

Мирзоалиев Исроил - к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе

Ходжаев Таджиддин Авгонович - к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе, E-mail: tojiddin67@mail.ru

Орифова Хурсаной Файзиевна – к.э.н., доцент кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов» ТТУ им. акад. М.С. Осими.

УДК.621.34

ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

И. Мирзоалиев, Б.Ф. Холзода (Холов Ф.Б.), А.И. Мирзоалиев, М.Р. Амиршозода
(*ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан*)

Аннотация. При центробежной абразивной обработке заготовок съём материала происходит под воздействием множество факторов, главнейшими которыми являются абразивное микрорезание и кавитационное изнашивание. Приводятся результаты исследование влияние этих факторов на производительность процесса галтовки.

Ключевые слова: центробежная обработка, абразив, микрорезание, кавитационное изнашивание.

Введение

Эксперименты показали, что при абразивной обработке заготовок съём материала происходит под воздействием множество факторов, главнейшими которыми являются абразивное резание и кавитационное изнашивание. Механизм абразивного изнашивания достаточно изучено и отражено в литературе, но влияние кавитации при центробежной абразивной обработке до сих пор остается нераскрытым.

Термин «кавитация» был введён в 1894 году инженером Р. Фрудом. Под кавитацией понимают процесс образования паровых полостей в жидкости, возникающий при снижении давления до величины, соответствующей давлению насыщенного пара данной жидкости. При этом начинается испарение в локальных зонах. Аналогичное физическое явление можно увидеть при кипении воды: повышение температуры ведёт к росту давления насыщенного пара, и при достижении температуры кипения оно уравнивается с внешним давлением, вследствие чего формируются паровые пузырьки.

Кавитация (от лат. *cavitas* — пустота), это образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков), заполненных паром. Причиной кавитации является местное понижение давления в определённый объём жидкости. Понижения давления в определенной участки жидкости происходить по разным причинам.

Например, процесс может инициироваться при повышении скорости движения жидкости, что приводит к гидродинамической кавитации, либо при действии мощной звуковой волны в момент разрежения среды, что соответствует акустическому типу кавитации.

Когда кавитационные пузырьки переходят из области низкого давления в область повышенного давления, или в течение полупериода, соответствующего сжатию среды, они стремительно разрушаются, выделяя при этом энергию в форме ударной волны.

Явление кавитации приводит к разрушению механизмов насосов, гидротурбин, судов и других объектов, работающих в жидкостной среде, и является главной причиной их отказа. Поэтому изучение данного вопроса является актуальной задачей. Полезное применение механизма кавитации в машиностроение также является один из важнейших задач современного машиностроение.

Так как под воздействием местного давления жидкости пузырьки способны быстро уменьшаться и увеличиваться в объёме, что приводит к значительным колебаниям температуры внутри них. Несмотря на это температура внутри пузырьков может достигать нескольких сотен градусов Цельсия. Согласно расчетам, максимальная температура в пузырьках может достигать порядка 1500 °C [1].

Для оценки степени проявления кавитационных эффектов вводится безразмерный показатель, известный как число кавитации:

$$X = \frac{2(P - P_s)}{\rho V^2}$$

где, P - гидростатическое давление потока жидкости (Па); P_s - давление насыщенных паров жидкости при определенной температуре окружающей среды (Па); ρ - плотность жидкости (кг/м³); V - скорость потока на входе в систему (м/с).

Кавитационные явления возникают в жидкости при достижении её потоком критической скорости, при которой давление в среде равняется давлению, соответствующему образованию пара. Это условие можно выразить как $V = V_c$, где V_c показывает скорость, соответствующую пределу, определяемому критерием кавитации.

В зависимости от величины X можно различать четыре вида потоков:

- докавитационный - сплошной (однофазный) поток при $X > 1$,
- кавитационный - (двухфазный) поток при $X \sim 1$,
- пленочный - с устойчивым отделением кавитационной полости от остального сплошного потока (пленочная кавитация) при $X < 1$,
- суперкавитационный - при $X < < 1$.

При выполнении обработки материалов основная цель заключается в формировании потока с эффектом суперкавитации, его стабильном поддержании и обеспечении направленного влияния на обрабатываемую поверхность. Кавитационные явления развиваются в жидкости, причём для генерации такого потока может быть применена любая жидкость. Требования к жидкостям с точки зрения безопасности и экономичности, следующие: негорючесть, нетоксичность, доступность, низкая стоимость. Чем ниже температура кипения, тем легче создать и поддержать кавитационные потоки. Существуют ряд жидкостей с температурой кипения ниже воды. К ним относятся керосин, бензин, спирты, эфирные масла, и тд., но они токсичны, пожароопасны, дороже и по этим критериям уступают обычной воды. Следовательно, с учётом предъявленных критериев вода является оптимальной и наиболее эффективной средой для технологической обработки материалов. Другое преимущество воды в качестве среды для обработки материалов, это отсутствие нагрева обрабатываемых заготовок, так как выделяемое в процессе обработки тепло уносится водой. Технология обработки, где рабочей средой является вода подходит и при работе с легковоспламеняющимися веществами.

Были проведены эксперименты по изучению влияния кавитации на производительность процесса обработки при центробежной абразивной галтовке и галтовке в барабане с горизонтальной осью вращения.

Схема на рис. 1 демонстрирует устройство рабочей части оборудования, обеспечивающего процесс планетарно-центробежной абразивной обработки. Рабочие барабаны 2 совершают планетарное перемещение, в ходе которого выполняется обработка.

Установка имеет неподвижной обечайки 3 и вращающегося планшайбы 1, на котором собраны шпиндельные головки с рабочими камерами 2. При вращении планшайбы рабочие камеры контактируя по обечайке и обкатываются по его поверхности, вследствие чего рабочие камеры получают вращение вокруг своей оси ω_1 и вокруг центральной оси ω_2 . При обработке на заготовку действуют три основные силы, это: центробежная переносная сила инерции $\overline{F}_{ц.с}^e$, центробежная сила инерции от вращения рабочей камеры вокруг собственной оси $\overline{F}_{ц.с}^e$, и Кориолиса сила инерции $\overline{F}_K$.

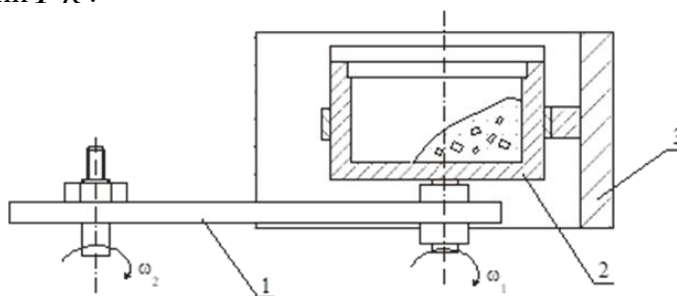


Рисунок 1. Устройство для центробежной абразивной галтовки

Исследования показали, что использование жидкой среды в процессе обработки приводит к возрастанию производительности за счёт возникновения кавитационных эффектов. На рис. 2 приведён графическое подтверждение изменения величины съёма материала в зависимости от времени обработки. Ордината графика характеризует процент потери исходной массы, а абсцисса – время обработки.

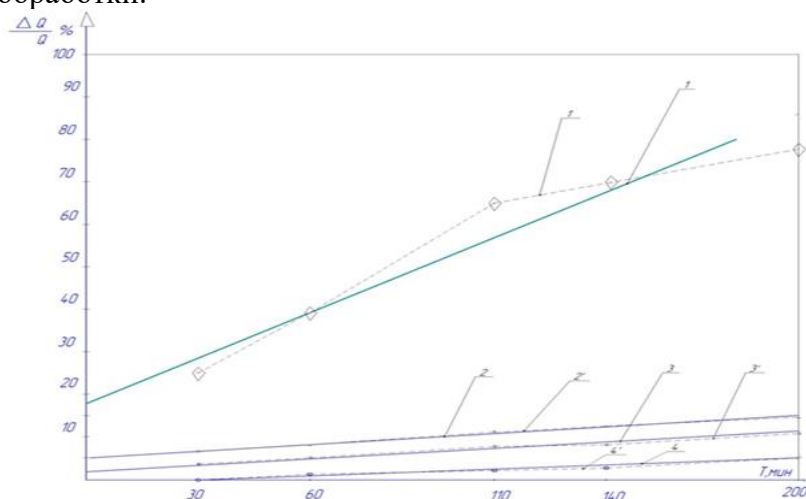


Рисунок 2. Графики зависимости величины съёма материала планетарно-центробежной абразивной обработки и обработки на галтовочном барабане

Обработка осуществлялась в нескольких вариантах. Первый вариант предполагал сухой способ, при котором в галтовочном барабане находились только абразивный материал и образцы для обработки. Второй вариант осуществлялся в присутствии водной среды, то есть при сочетании воды и абразива. Третий вариант представлял собой сухую планетарно-центробежную галтовку, где в барабан одновременно помещались абразив и заготовки. В последнем варианте применяли планетарно-центробежную обработку в жидкой среде с добавлением воды, абразива и обрабатываемых заготовок.

Как следует из экспериментов линии 1 обработка на планетарно-центробежном станке в жидкостной среде линия 2 в сухой среде 2 ; линии 3 и 4 соответственно при обработке в барабанах с горизонтальной осью вращения, где 3-обработка заготовок в жидкой среде, 4-сухая обработка заготовок.

Анализ экспериментальных данных показывает, что скорость удаления материала определяется интенсивностью перемешивания смеси, которая включает обрабатываемый объект, абразив и жидкость. При центробежно-планетарном типе галтовки в жидкой среде процесс съема материала протекает значительно быстрее - примерно в 5–7 раз интенсивнее, чем при сухой обработке.

В процессе барабанной галтовки с применением воды скорость удаления материала с поверхности деталей растет примерно в 1,5–2 раза по сравнению с обработкой, проводимой в сухом режиме на том же оборудовании.

Причиной повышения интенсивности съема при жидкостной планетарно-центробежной обработке является влияние кавитации, возникающее по причине больших скоростей потока жидкости в зоне обработки. Следует, что для увеличения производительности обработки необходимо обеспечить скорость потока жидкости равной определенного значения, где давления при данных значениях равняется давлению парообразования при данной температуры. Здесь можно заключать, что наличие воды и большие скорости смешивания вызывают явление кавитации и за счет этого происходит возрастание интенсивности съема материала при галтовке. Предусматривается, что в ходе дальнейших исследования выявить влияние различных факторов (температура, наличие газов в жидкости, вид и зернистость абразива, скорости смешивания и т.д.) на процесс обработки [4-6].

Литература

1. А. с. 566714 СССР, МПК В24В 31/02. Галтовочный барабан Д.Х Аюкасов, В.П. Озеров и А.Н. Фокин.
2. Малый патент Тj №648 МПК В24В1/00. Способ абразивной центробежно-планетарной обработки заготовок из различных материалов/Мирзоалиев А.И., Мирзоалиев И., Ходжаев Т.А., Убайдуллоев А.И., Иззатуллоев М.А., Рахматуллоев Н.М. Обубл. в Б.И.№99,2014.
3. Кулаков Ю.М. Отделочно-зачистная обработка деталей/Ю.М.Кулаков, В.А. Хрульков. М: Машиностроение, 1979. - 214с.
4. Повышение эффективности процесса центробежной абразивной обработки изделий из самоцветных камней. Монография / А.И. Мирзоалиев, А.Н. Убайдуллоев, И. Мирзоалиев, Т.А. Ходжаев. – Душанбе, 2020. -127 с.
5. Б.Ф. Холов. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н.Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9. – EDN UDJLZF.
6. Имомов, Н. Б. Исследование возможности обеспечения равномерности изнашивания инструмента при обработке на центробежном станке с направляющими пластинами / Н. Б. Имомов, И. М. Мирзоалиев, Ф. Б. Холов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 2(2). – С. 4-8. – EDN BONSWH.

МОҲИЯТИ ФИЗИКИИ РАВАНДҶО ҲАНГОМИ КОРКАРДИ АБРАЗИВИИ МАРКАЗГУРЕЗ

И. Мирзоалиев, Ф.Б. Холзода (Холов Ф.Б), А.И. Мирзоалиев, М.Р. Амиршозода
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш.Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Ҳангоми коркарди абразивии марказгурези қисмҳо, гирифтани қабати мавод таҳти таъсири омилҳои зиёд сураи мегирад, ки муҳимтарини онҳо микробурриши абразивӣ ва ҳӯрдашавии кавитатсионӣ мебошанд. Дар мақола натиҷаҳои тадқиқи таъсири ин омилҳо ба маҳсулнокии раванди галтовка оварда шудаанд.

Калидвожаҳо: коркарди марказгурез, абразив, микробурриш, хӯрдашавии кавитатсионӣ.

PHYSICAL ESSENCE OF THE PROCESSES IN CENTRIFUGAL ABRASIVE FINISHING

I. Mirzoaliev, F.B Kholzoda (Kholov F.B), A.I. Mirzoaliev, M.R. Amirshozoda
(*TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan*)

Abstract. During centrifugal abrasive finishing of workpieces, material removal occurs under the influence of many factors, the main of which are abrasive micro-cutting and cavitation wear. The results of the study on the influence of these factors on the productivity of the tumbling process are presented.

Keywords: centrifugal finishing, abrasive, micro-cutting, cavitation wear.

Сведения об авторах

Мирзоалиев Исроил, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе

Холзода (Холов) Фаридун Бурӣ – ассистент кафедры технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты ТТУ имени акад. М.С. Осими г. Душанбе

Мирзоалиев Азим Исроилович - ктн., доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе, E-mail: azimjon86_86@mail.ru

Амиршозода Муҳаммадрофеъ Раҳматулло - магистрант кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе

УДК.621

ГАЛТОВОЧНЫЙ БАРАБАН УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

И. Мирзоалиев., А.Т. Ходжаев., И.А. Мирзоалиев, Т.С. Амонзода., Б.Ф. Холзода (Холов Ф.Б.)
(*ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан*)

Аннотация. В данной статье приведена усовершенствованная конструкция галтовочного барабана, силы, действующие при обработке, результаты экспериментального исследования процесса обработки и рекомендации по использования.

Ключевые слова: барабанная галтовка, абразив, сила тяжести, величина съема

Наиболее широко применяемый способ галтовки заготовок из самоцветных камней является их обработка в барабанах с горизонтальной или наклонной осью вращения. При вращение барабана происходит перемещение и смещение заготовок вследствие чего они трутся со стенками барабана и между собой [1, 2]. В данном случае, величина скоростей скольжения и силы воздействия ограничены и зависят от силы тяжести. Механическая обработка внутри объема барабана распределяется неравномерно: некоторые части загруженного материала находятся в состоянии малой подвижности и практически не подвергаются воздействию абразива. Основной недостаток работы галтовочных барабанов заключается в ограниченной производительности. Эффективность обработки и качество обработки самоцветных камней в барабанной галтовке определяются рядом факторов, среди которых ключевыми являются: частота вращения барабана, трение между заготовками и стенками барабана, количество и размер абразивных частиц применяемых при обработке, соотношение жидкой и твердой составляющих загрузочной массы, а также продолжительность обработки. При низкой частоте вращения интенсивность обработки остается минимальной, а при увеличении числа оборотов под действием центробежной силы заготовки прилипают к внутренней поверхности барабана, что практически прекращает их обработку. Для решения этой проблемы конструкция барабана была дополнена скребком, предотвращающим слипание заготовок.

Реализация конструкции проводилась на специально созданном устройстве. В данном случае обработка выполнялась двумя способами: с использованием скребка и без него. В

процессе, когда скребок не применяется, заготовки под действием собственного веса одновременно скользят и вращаются. При увеличении частоты вращения барабана w до $30/\pi\sqrt{g/R_\sigma f}$, (где R_σ – радиус барабана, f – коэффициент трения заготовок по поверхности барабана, g – ускорение свободного падения) наблюдается рост интенсивности обработки [3-4]. При частоте вращения, превышающий w , интенсивность обработки заметно падает, а при значении около 1,5 w процесс практически прекращается: заготовки прилипают к поверхности барабана и не подвергаются обработке.

В галтовочном барабане модернизированной конструкции заготовки удерживаются скребком, который препятствует их прилипанию к поверхности барабана. При этом движение заготовок относительно поверхности происходит со скоростью, близкой к линейной скорости барабана.

Принцип работы устройства показано на чертежах: на рис. 1 изображено расположение основных элементов барабанной головки; на рис. 2 показан галтовочный барабан в сечении по поперечной плоскости; рис. 3 иллюстрирует схему распределения сил, возникающих во время барабанной обработки. Конструкция узла (рис. 1) состоит из барабанной головки 1 установленной на оси 5, на этой же оси вмонтированы подшипники 6, на одном конце оси установлено шкив 7, скребок 3 установлен на оси вращения внутри барабана 1 с зазором, крышка 2 закрывает барабан 1, привод (на чертеже не показано) приводит во вращательное движение шкив 7 [5 – 7].

Процесс обработки начинается с загрузки в полость барабана 1 рабочей массы, состоящей из обрабатываемых заготовок, абразивного зерна и жидкости, обеспечивающей выполнение процесса. Крышка 2 барабана 1 закрывается и барабану 1 сообщается вращение с угловой скоростью ω превышающей предельной частоты вращения, рассчитанное по формуле 1.

Обработка заготовок на галтовочном станке выполняется в следующей последовательности: подбор заготовок для галтовки; точное определение веса загрузки; выбор нужного грузика 5; загрузка барабана; механическая обработка; разгрузка барабана.

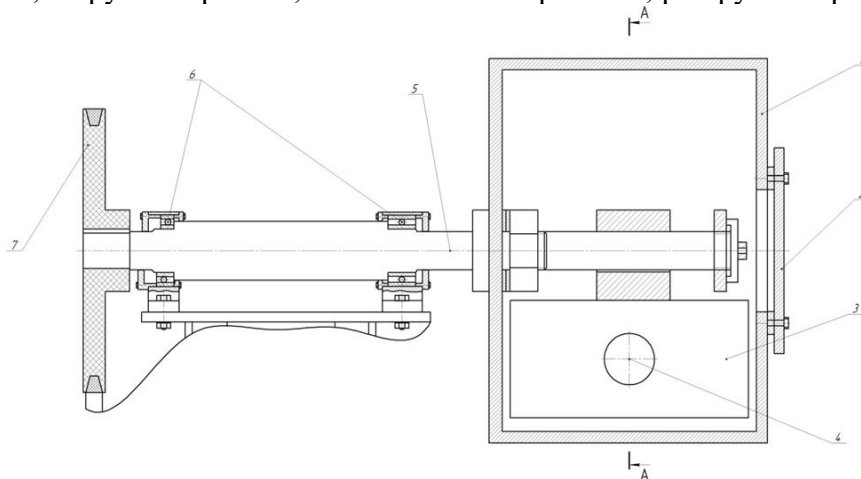


Рисунок 1. Схема расположение элементов барабанной головки

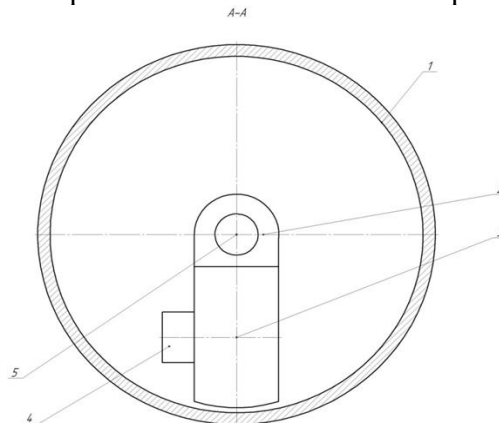


Рисунок 2. Галтовочный барабан в поперечном разрезе

При воздействии силы трения с вращающимся барабаном 1 обрабатываемые элементы перемещаются в направлении вращения барабана, действуя на скребок 3 и поворачивают его до угла α (рис.1).

Величина угла α зависит от массой обрабатываемых заготовок и установленной частотой вращения барабана. Величина G_1 - вес сменного груза и G_2 - вес скребка которая определяются соответственно взвешиванием скребка и груза. Учитывая это уравнение равновесия сил, можно записать следующим образом:

$$G_1 L_1 \sin \alpha + G_2 L_2 \sin \alpha - F_{\text{заг}} = 0 \quad (1),$$

где α – угол поворота скребка под действием заготовок; L_1 - плечо силы G_1 , которая равна расстоянию от центра оси вращения скребка до направления действия данной силы; L_2 - плечо силы G_2 , которая равняется расстоянию от оси вращения скребка до направления действия этой силы. При случае, когда $F_{\text{заг}} > G_1 L_1 \sin \alpha + G_2 L_2 \sin \alpha$ скребок не способен удерживать заготовки и начинает вращаться с ними. При этом случае необходимо увеличить вес сменного груза- G_2 .

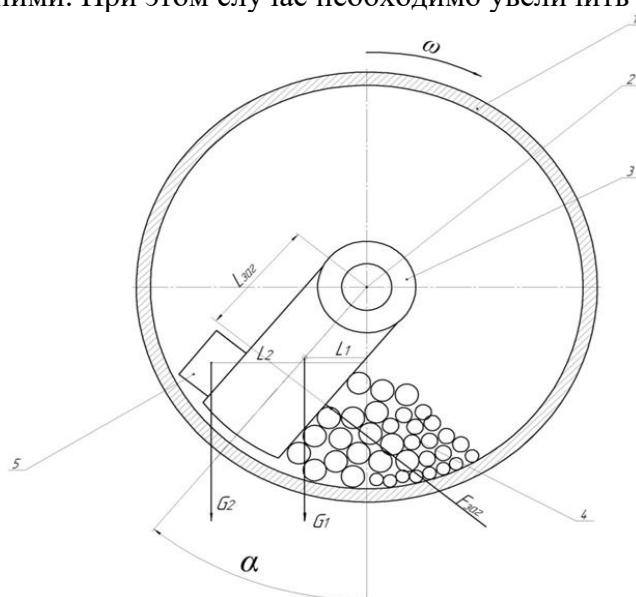


Рисунок 3. Схема действия сил при барабанной галтовке усовершенствованной конструкции.

Результаты проведенных экспериментов показали, что интенсивность съема увеличивается, при применении галтовочного барабана разработанной конструкции. Это наблюдается особенно при повышенных частотах вращения, без снижения качество обработки. На рис. 4 показаны результаты экспериментов, проведенных с офиокальцитом и лазуритом.

Технологический процесс обработки осуществлялось при частоте вращения 218 об/мин на галтовочном барабане со скребком (рис. 4, линия 1), где отсутствует прилипание и 100 об/мин на том же барабане, но без скребка (рис. 4, линия 2). Обработка на исследуемом галтовочном барабане без скребка, при частоте вращения 100 об/мин, производительность является максимальным, в ситуации, когда частота вращения барабана больше 100 об/мин, наблюдается резкое снижение производительности обработки (рис.5, линия 1).

При наличии скребка при оборотах более 100 об/мин снижение производительности не наблюдается (рис.5, линия 2).

При выборе заготовок для галтовки необходимо, чтобы наименьшие размеры заготовок были больше, чем зазор между скребком и барабаном. Если эти условия не выполняются, то возможно произойдет заклинивание скребка при попадании заготовки в зазор. Допускается проведение обработки заготовок различных конфигураций, включая изделия в форме куба, параллелепипеда, бочкообразные и другие геометрические разновидности.

Коррекция геометрии поверхности, в том числе удаление острых углов и вершин происходит более интенсивно, чем при выполнении галтовочного процесса в барабане без применения скребка.

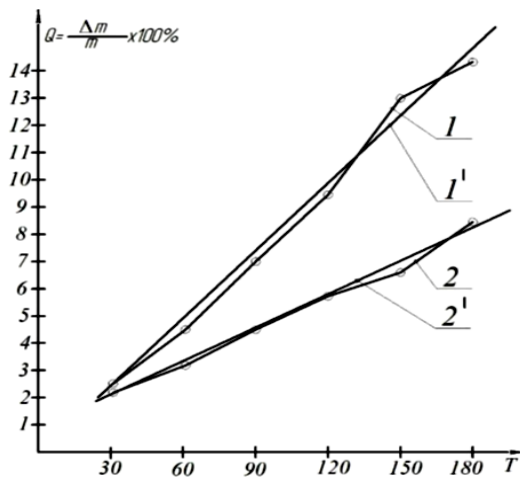


Рисунок 4. Зависимости величины съема от длительности времени галтовки при обработке офиокальцита

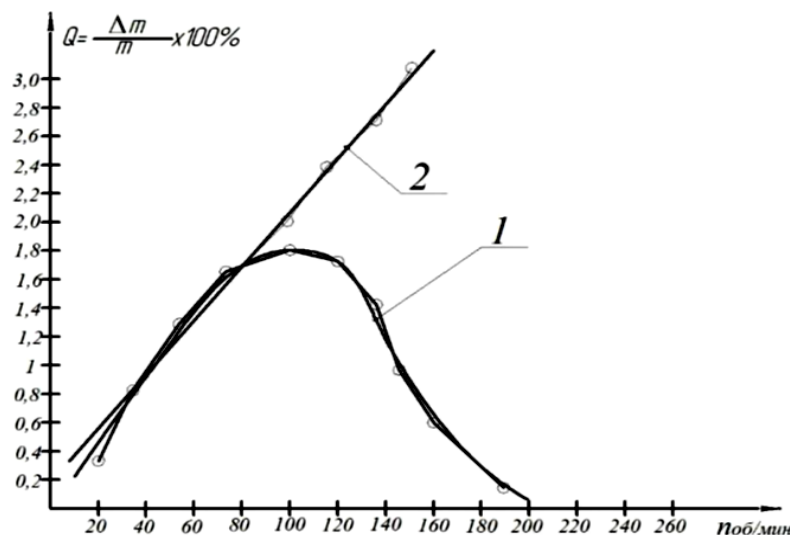


Рисунок 5. График зависимости величины съема: 1-при галтовке на барабане с цилиндрической рабочей частью и горизонтальной осью вращения; 2-при галтовке на барабане со скребком, устраняющем прилипание заготовок к стенкам барабана

Результаты испытаний свидетельствуют о том, что применение рассматриваемой технологии приводит к повышению производительности больше чем в два раза. При обработке шаровидных заготовок степень исправления формы возрастает на 30% сравнительно чем у стандартного способа барабанной обработки.

Результаты сравнения работы обычного галтовочного устройства и барабана со встроенным скребком свидетельствуют о том, что применение последнего позволяет увеличить производительность почти в два раза. Установлено, что при возрастании частоты вращения скребковый механизм предотвращает прилипание заготовок к внутренней стенке барабана, в результате чего их скольжение по поверхности происходит с линейной скоростью, практически совпадающей с частотой вращения барабана.

Результаты исследований показывают, что при максимальных линейных скоростях производительность галтовки в обычных барабанах резко уменьшается, а при галтовочном барабане новой конструкции наблюдается увеличение пропорционально увеличению линейной скорости барабана. Барабан с монтированным скребком рекомендуется использовать при процессе обработки самоцветных камней твердой породы, что при традиционной галтовке они имеют продолжительный цикл обработки.

Литература

1. А. с. 1310174 А1 СССР, МПК В24В 31/02 Галтовочный барабан Г.В Серга № 3964327 / 31 -08 Заявлено 09.10.85 Опубликовано 15.05.87
2. А.с. 9599986 СССР, МПК В24В 31/04. Галтовочный барабан для зачистки деталей /Н.Г.Ткачин № 3243281/ 25-08 Заявлено 06.02.81 Опубл. 23.09.82 Бюл № 35
3. Мирзоалиев И.М., Убайдуллаев А.Н. Галтовочный станок для обработки самоцветных камней. Информационный листок № 18-2001. Душанбе: НПИЦентр, 2001.
4. Мирзоалиев И. Барабанная галтовка заготовок из самоцветных камней/И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев, Х.Ф. Орифова, Ф.Б./Научные горизонты №8(60)/2022. Стр.61-72
5. Малый патент № TJ 1589, Республика Таджикистан, МПК (2014) В24 В1/00. Барабанная галтовка. / Амонов С.С., Мирзоалиев И.М, Мирзоалиев А.И., Холов Ф.Б., Имомов Н.Б., Ашуоров К.Х. -№2401986; заявл. 29.07.2024, опубл. 18.03.2025/Патентный вестник. -2025. №99- С.14.

6. Холов, Ф. Б. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н. Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9.

7. Обработка изделий на галтовочном барабане усовершенствованной конструкции / А. И. Мирзоалиев, Т. А. Ходжаев, М. А. Умаров, С. Т. Амонов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 4-11. – EDN AUADJP.

БАРАБАНИ ГАЛТОВКАИ КОНСТРУКЦИЯШ ТАКОМИЛЁФТА

И. Мирзоалиев, Т.А. Ходжаев, А.И. Мирзоалиев, С.Т. Амонзода, Ф.Б. Холзода (Ф.Б. Холов)
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур конструкцияи такомилёфтаи барабани галтовка, қувваҳои ҳангоми коркард таъсиркунанда, натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавии раванди коркард ва тавсияҳо оид ба истифодаи он оварда шудаанд.

Калидвожаҳо: галтовкаи барабанӣ, абразив, қувваи вазнинӣ, андозаи гирифтани қабати мавод.

TUMBLING DRUM OF IMPROVED DESIGN

I. Mirzoaliev, T.A. Khodjaev, A.I. Mirzoaliev, S.T. Amonzoda, F.B Kholzoda (F.B Kholov)
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article presents an improved design of a tumbling drum, the forces acting during the finishing process, the results of an experimental study of the machining process, and recommendations for its application.

Keywords: barrel finishing, abrasive, gravity force, material removal rate.

Сведения об авторах

Мирзоалиев Исроил, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе

Ходжаев Таджиддин Авгонович, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе, E-mail: tojiddin67@mail.ru

Мирзоалиев Азим Исроилович - ктн. доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. акад. М.С. Осими., г Душанбе, E-mail: azimjon_86@mail.ru

Амонзода Салим Тимур - ассистент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. акад. М.С. Осими., г Душанбе

Холов Фаридун Буриевич – ассистент кафедры технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты ТТУ им. акад. М.С. Осими г. Душанбе, E-mail: f_3450@mail.ru

УДК.621

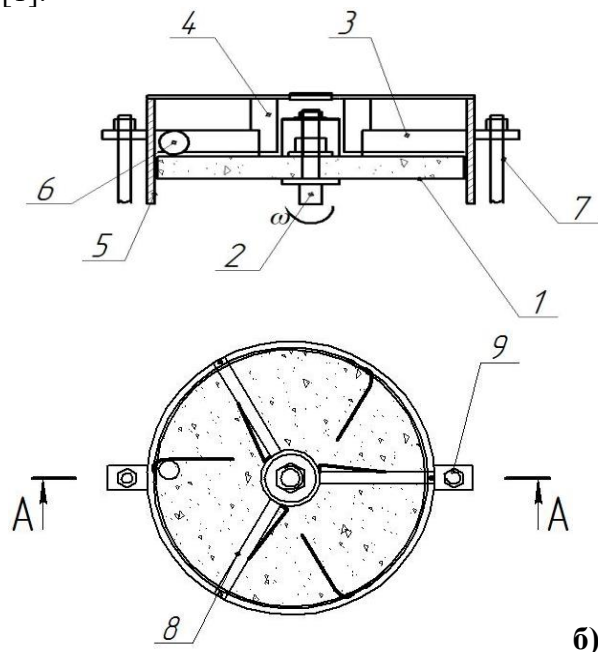
ЦЕНТРОБЕЖНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА НА СТАНКЕ С НАПРАВЛЯЮЩИМИ ПЛАСТИНАМИ

И. Мирзоалиев, Н.Б. Имомзода, Т.А. Ходжаев, А.И. Мирзоалиев
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Предложено конструкция станка для центробежно- абразивной обработки деталей типа шаров, имеющий направляющие пластины и обеспечивающий долговечности рабочего инструмента путем обеспечения его равномерного изнашивания.

Ключевые слова: центробежная галтовка, направляющие пластины, абразивный круг, сила трения, производительность, линейная скорость.

В предложенной конструкции рассматриваются вопросы повышения производительности и точности обработки деталей типа шаров. Повышение долговечности абразивного инструмента путем обеспечения его равномерного изнашивания. В качестве вращающегося дна используется абразивный круг, или алмазная планшайба. Для обеспечения равномерного изнашивания инструмента в неподвижной верхней части монтированы пластины, перемещающие заготовки от центра к периферии и из периферии к центру. На рис. 1 показан принцип шлифовки шаровидных тел на данном устройстве [1].



б)

Рисунок 1. Станок для центробежной абразивной обработки с направляющими пластинами

Устройство состоит (рис.1) из абразивного круга 1, приводного вала 2, пластины для перемещения заготовок к центру круга 3, пластины для перемещения заготовок к периферии круга 4, барабана 5, держателей барабана 7, державки 8, болтов 9.

В качестве вращающегося дна используется абразивный круг 1, который приводится во вращательное движение приводным валом 2. Над абразивным кругом с некоторым зазором установлены пластины 3, перемещающие заготовки к центру и 4 из центра к периферии. Пластины, перемещающие заготовки от периферии к центру, прикреплены непосредственно внутри барабана 5, а пластины, перемещающие заготовки от центра к периферии круга монтированы в стержнях 8, прикреплённых к верхнему торцу барабана. Барабан 5 посредством ушек и стоек 7 и болтов 9 прикрепляется к станине станка. [3-4].



Рисунок 2. Станок для формообразования шариков из самоцветных камней.



Рисунок 3. Износ круга в процессе обработки.

Работа в данном устройстве осуществляется следующим образом: вначале заготовки размещают внутри барабана. В качестве заготовок служат предварительно обработанные галтованные шары 6. При вращении дна 1, представляющего собой абразивный круг, заготовки приводятся в движение. Когда заготовки соприкасаются с неподвижными пластинами 3 и 4, под действием силы резания они вращаются вокруг своих осей и одновременно перемещаются вдоль пластины. Направление перемещения зависит от угла расположения пластины относительно радиуса круга в точке соприкосновения. Пластины расположены таким образом, что перемещают заготовки от периферии круга к центру (пластины прикреплены непосредственно внутри барабана 5) и от центра к периферии (пластины, монтированные в стержнях 8, прикреплённых к верхнему торцу барабана).

При отсутствии направляющих пластин траектория движения шариков определяется внутренней поверхностью барабана. В данном случае внутренняя поверхность барабана составляет окружность. Заготовки, перемещаясь по окружности, соприкасаются с ограниченным участком абразивного круга. В этом случае абразивный круг изнашивается неравномерно. На рис. 3 показан износ абразивного круга, происходящий при таком способе обработки. Чтобы равномерно изнашивался абразивный круг, необходимо, чтобы работа силы трения во всех точках соприкосновения с заготовками была одинаковой. Работу силы трения можно определить как

$$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} S_L, \quad (1)$$

где $F_{\text{тр}}$ - сила трения заготовки при перемещении по инструменту, S_L - путь трения. Путь трения зависит от расстояния месторасположения заготовки до оси вращения круга положения заготовки в абразивном кругу. При частоте вращения круга равной $w_{\text{кр}}$

$$S_L = w_{\text{кр}} R_i t_{ik} \quad (2)$$

где $w_{\text{кр}}$ – частота вращения круга, R_i - расстояние от месторасположения заготовки до оси вращения круга, t - продолжительность нахождения заготовки в контакте при радиусе R_i k – коэффициент проскальзывания заготовки по кругу.

Эксперименты показали, что когда количество обрабатываемых заготовок большое и полностью перекрывается поверхность абразивного круга, его износ почти линейен с возрастанием от центра к периферии.

При условиях, когда заготовки при обработке прикрывают часть поверхности, износ инструмента неравномерный с образованием лунки износа на некотором расстоянии от периферии.

Для обеспечения равномерного износа абразивного инструмента необходимо, чтобы путь трения- S_L был одинаков при любом радиусе R_i . Путь трения зависит от продолжительности контакта в данном радиусе. Для его изменения использованы направляющие пластины 3, перемещающие заготовки с периферии к центру и направляющие пластины 4, перемещающие заготовки из центра к периферии. Работа изнашивания и соответственно величина съема с поверхности зависят от продолжительности контакта заготовки в заданном радиусе. Чтобы обеспечить одинаковый съём и устранить неравномерность изнашивания, необходимо обеспечить одинаковую работу при всех радиусах R_i .

$$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} w_{\text{кр}} R_i t_{ik} \quad (3)$$

Это возможно, когда произведение радиуса и время контакта в заданном радиусе сохраняются постоянными. Данное условие выполнимо при

$$R_{i1} / R_{i2} = t_{i2} / t_{i1} \quad (4)$$

Время t_i зависит от значения углов наклона направляющих пластин.

Значение t_i можно определить экспериментально.

В качестве заготовок использовались кубики, нарезанные из офиокальцита и лазурита.

Заготовки при соприкосновении с неподвижными пластинами 3 и 4 под действием силы резания перемещаются вдоль пластины и одновременно вращаются вокруг своих осей. Направление перемещения зависит от угла расположения пластины относительно радиуса круга в точке соприкосновения. Пластины расположены таким образом, что перемещают заготовки от периферии круга к центру (пластины прикреплены непосредственно внутри барабана 5) и от

центра к периферии, (пластины, монтированные в стержнях 8, прикреплённых к верхнему торцу барабана). 7

При отсутствии направляющих пластин траектория движения шариков определяется внутренней поверхностью барабана. В данном случае внутренняя поверхность барабана составляет окружность. Заготовки, перемещаясь по окружности, соприкасаются с ограниченным участком абразивного круга. В этом случае абразивный круг изнашивается неравномерно. На рис. 3 приведен износ абразивного круга, происходящий по этой причине. Направляющие пластины 3 обеспечивают перемещение заготовок от периферии к направлению центра, а пластины 4. Наоборот, их перемещение от центра к периферии. Чтобы равномерно изнашивался абразивный круг, необходимо, чтобы работа силы трения во всех точках соприкосновения с заготовками была одинаковой [4].

Проведенные однофакторные эксперименты позволили установить основные факторы, влияющие на производительность обработки.

Эти факторы следующие: скорость вращения инструмента, зернистость связанного абразива, продолжительность обработки, углы наклона направляющих пластин к радиусу от центра вращения до данной точки.

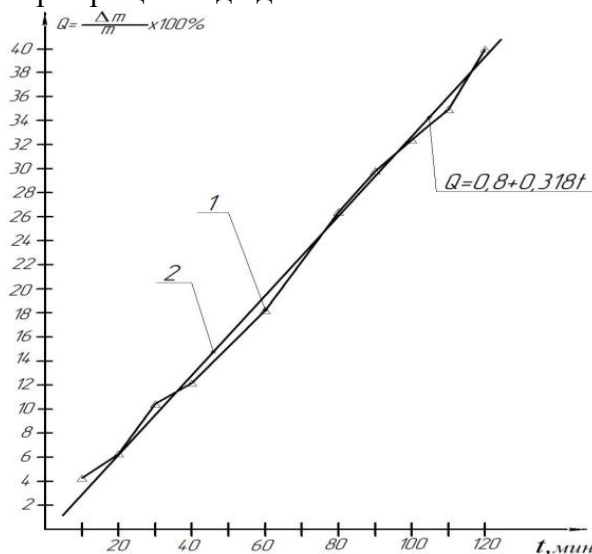


Рисунок 4. Зависимость величины съема от продолжительности обработки при сухой обработке офиокальцита.

1. Экспериментальные данные.
2. Математическая обработка результатов эксперимента, $V=10\text{м/сек}$ (477об/мин); зернистость абразива - $Z=800\text{ мкм}$.

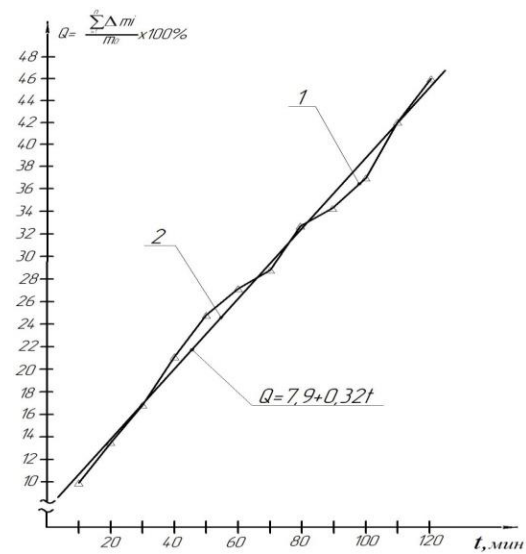


Рисунок 5. Зависимость величины съема от продолжительности обработки офиокальцита в жидкой среде.

1. Результаты эксперимента. 2. Аппроксимация результатов эксперимента $V=10\text{м/сек}$ (477об/мин); зернистость абразива- $Z=700\text{ мкм}$.

Производительность обработки также зависит от линейной скорости инструмента и размера абразивных зерен шлифовального круга. При использовании абразива мелкой фракции производительность невысокая с ростом размеров зерен абразива величина съема и соответственно производительность обработки возрастает. Например, при обработке офита, когда зернистость в пределах 800-1200 мкм, производительность наибольшая. При зернистости абразива больше 1200 производительность обработки постепенно снижается. Обработка лазурита при различной зернистости абразива показала, что наибольшая производительность достигается при размерах зерен в пределах 660- 900мкм. В случае дальнейшего повышения зернистости абразива производительность обработки снижается [3 – 6].

Заключение

На основе анализа существующих методов предложен способ центробежной обработки, при котором заготовки при помощи направляющих пластинок направляются от периферии к центру

и от центра к периферии (Патент № TJ 1199), что устраняет неравномерность износа инструмента при обработке.

Устройство для центробежной абразивной обработки (патент № TJ (1199) позволяет многократно увеличить срок службы шлифовального круга за счет равномерного его изнашивания по всей рабочей поверхности, также существенно повысить качество и производительность обработки заготовок из самоцветных камней.

Литература

1. Патент №841925, СССР, МПК В24 В11/02. Станок для обработки шариков/ И.П. Филонов, И.И. Дьяков; заявитель и патентообладатель Белорусский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт. №2752128/25-08; заявл. 13.04.79, опубл. 30.06.81. Бюл. №24.

2. Патент №1797563А3, СССР, МПК В24 В31/02. Галтовочное устройство/ Г.В. Серга, А.Н. Куцериб; заявитель и патентообладатель Г.В. Серга, А.Н. Куцериб. №4928726; заявл. 18.04.91, опубл. 23.02.93. Бюл. №7.

3. Патент № TJ 649, Республика Таджикистан, МПК (2014) В24 В1/00. Устройство для центробежной абразивной обработки сферических поверхностей изделий из самоцветных камней / Т.А. Ходжаев, И.М. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев [и др.]. №1300825; заявл. 09.12.2015. опубл. 10.11.2014// Бюллетень. -№99 -С.15.

4. Малый патент TJ №1199 МПК В24В 31/108; В24В 11/00. Опубл. 08.07.2021. Бюл. 177, 2021. Устройства для центробежной абразивной обработки шариков / Имомов Н.Б.(ТJ); Мирзоалиев И. (ТJ); Мирзоалиев А.И. (ТJ); Мамадназарова М.С. (ТJ); Амонов С.Т. (ТJ); Назарзода Н.М. (ТJ);

5. Холов, Ф. Б. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н. Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9.

6. Имомов, Н. Б. Исследование возможности обеспечения равномерности изнашивания инструмента при обработке на центробежном станке с направляющими пластинами / Н. Б. Имомов, И. М. Мирзоалиев, Ф. Б. Холов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 2(2). – С. 4-8. – EDN BONSWH.

КОРКАРДИ АБРАЗИВИИ МАРКАЗГУРЕЗ ДАР ДАСТГОҲИ ДОРОИ ПЛАСТИНАҲОИ РОҲНАМО

И. Мирзоалиев., Т.А. Хочаев, Н.Б. Имомзода, А.И. Мирзоалиев
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Конструкцияи дастгоҳ барои коркарди абразивии марказгурези қисмҳои намууди куравӣ (шаршакл) пешниҳод шудааст, ки дорои пластинаҳои роҳнамо мебошад ва давомнокии кори асбоби коргузorro тавассути таъмини ҳӯрдашавии якхелаи он кафолат медиҳад.

Калидвожаҳо: галтовкаи марказгурез, пластинаҳои роҳнамо, чарҳи абразивӣ, қувваи соиш, маҳсулнокиӣ, суръати хаттӣ.

CENTRIFUGAL ABRASIVE MACHINING ON A MACHINE WITH GUIDE PLATES

I. Mirzoaliev, T.A. Khodjaev, N.B. Imomzoda, A.I. Mirzoaliev
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. A design of a machine for centrifugal abrasive machining of spherical workpieces is proposed. The machine features guide plates and ensures the durability of the working tool by providing its uniform wear.

Keywords: centrifugal tumbling, guide plates, abrasive wheel, friction force, productivity, linear velocity.

Сведения об авторах

Мирзоалиев Исроил, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе.

Ходжаев Таджиддин Авгонович, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе, E-mail: tojiddin67@mail.ru

Имомзода Назарали Баротали – старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе.

Мирзоалиев Азим Исроилович - ктн. доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. акад. М.С. Осими., г Душанбе, E-mail: azimjon86_86@mail.ru

УДК 621.822.7:621.7.083

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И ТВЁРДОСТИ КАМНЕСАМОЦВЕТНОГО СЫРЬЯ НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ШАРИКОВ

В.П. Луговой, Р.А. Попов, А. Полянских

(Белорусский национальный технический университет, город Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Приведён анализ влияния структуры и твёрдости поделочных камней на обрабатываемости шариков.

Ключевые слова: поделочные камни, шарики, твёрдость камней, точность формы.

Введение

Шарики из камнесамоцветных поделочных камней широко используются в ювелирном производстве для изготовления сферических вставок и бусин в украшения. Изготовление шариков из таких материалов имеет определённые трудности в обработке обусловлено их различными свойствами: твёрдостью, хрупкостью, особенностью структуры, неоднородностью по химическому строению, трещиноватостью, слоистостью, вязкостью и разнонаправленностью кристаллической решётки, что порой вызывает разрушение материала, сколы и различие в достигнутых параметрах формы и размеров. Эти особенности оказывают также влияние и на производительность обработки [1].

В связи с этим целью настоящих экспериментальных исследований является установление зависимости между твёрдостью и структурой на степень обрабатываемости поделочных камней.

В качестве материалов для эксперимента были выбраны три вида поделочных камней – змеевик, белый гранит и яшма, обладающие разной твёрдостью (3, 6 и 7 по шкале Мооса) и структурой поделочных камней. По своим физико-механическим технологическим свойствам змеевик (серпентин) представляет собой плотную горную породу зеленоватых оттенков с пятнистым рисунком с раковистым изломом и с неоднородной тонкокристаллической волокнистой структурой, часто трещиноватой. Хорошо подвергается шлифованию и полировке с образованием матового или воскового блеска на поверхности. Гранит - состоит из кварца, плагиоклаза, калиевого полевого шпата и слюды (биотита и/или мусковита). Структура кристаллическая, зернистая, неоднородная. Является одной из самых плотных, твёрдых и прочных пород с высокой устойчивостью к истиранию и достаточно высокой твёрдостью. Имеет раковистый излом с мелкими частицами кварца, сцементированными халцедоном; структура скрытокристаллическая, плотная. Имеет белый цвет черты. Яшма — плотная, твердая, непрозрачная горная порода, состоящая в основном из кварца и халцедона. Обладает высокой прочностью, устойчивостью к выветриванию и химикатам. Отличается высокой трудоёмкостью абразивной обработки, но при этом хорошей полируемостью. Блеск варьируется от воскового до стеклянного,

Обработка проводилась в два этапа: 1 - галтовка кубиков в сепараторе на шлифовальном круге (гранескругление) для получения сфероидных полуфабрикатов, 2 - предварительное шлифование сфероидов, полученных галтовкой, в шарики на станке планетарным устройством [2, 3] до достижения требуемой точности. В качестве абразива использовался электрокорунд зелёный с размером зерна 120мкм. При этом оценивался средний размер полученных заготовок. Обработки сфероидных заготовок осуществлялась на станке, которое позволяет изменить скорость и направление вращения шариков вокруг своих осей без дополнительных источников движения (рис. 1). Верхний диск 2 получает периодическое движение от действия силы трения, возникающей при касании его боковой поверхности с резиновым покрытием 6, которое жёстко присоединена к столу 4 с помощью стоек 7 (рис. 2). Для увеличения коэффициента трения шариков 1 стол 4 покрыт листовой резиной. Шлифование шариков осуществляется в присутствии абразивной суспензии, а необходимое давление инструмента на шарики создаётся грузом P , установленным на оси 5. Планетарное движение со скоростью 60 об/мин стол 4 осуществляется от электродвигателя через ремённую и червячную передачу и связанные с центральным зубчатым колесом две одинаковые шестерни, на торцевой поверхности которых закреплены на радиусе r эксцентрично расположенные пальцы 8. При вращении пальцев 8 стол, совершая планетарное движение в горизонтальной плоскости. Совершая периодические круговые движения с переменной скоростью диск 2, заставляет перемещаться шарики по траектории переменной кривизны (рис. 3, в). Такое устройство позволяет изменить кинематику движения шарика за один кругообразный оборот стола и пройти шарiku больший путь, способствуя повышению производительности и точности обработки шариков.

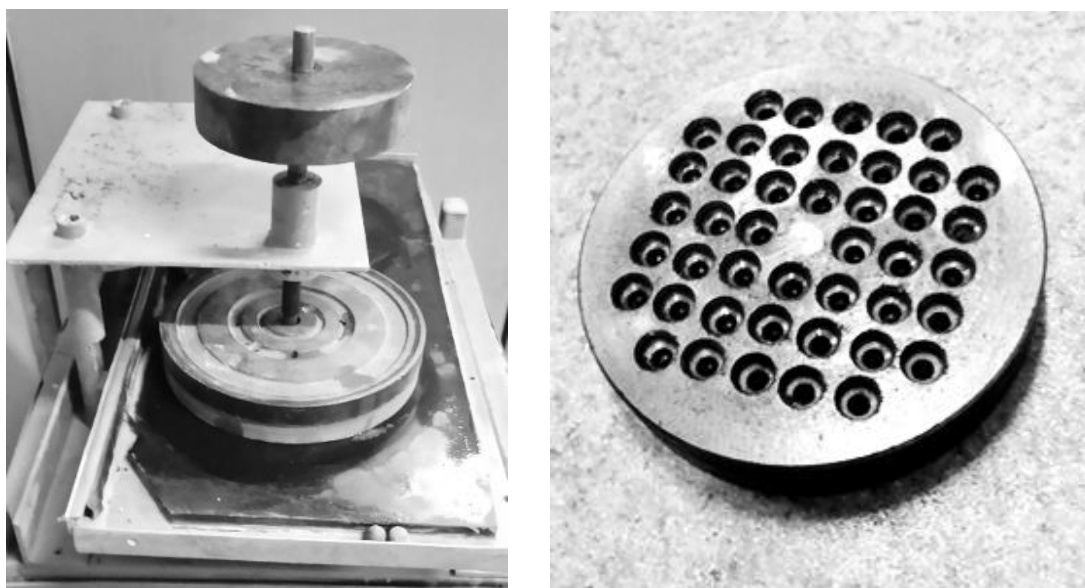


Рисунок 1. Устройство для шлифования шариков (а) и шлифовальный диск с коническими отверстиями (б)

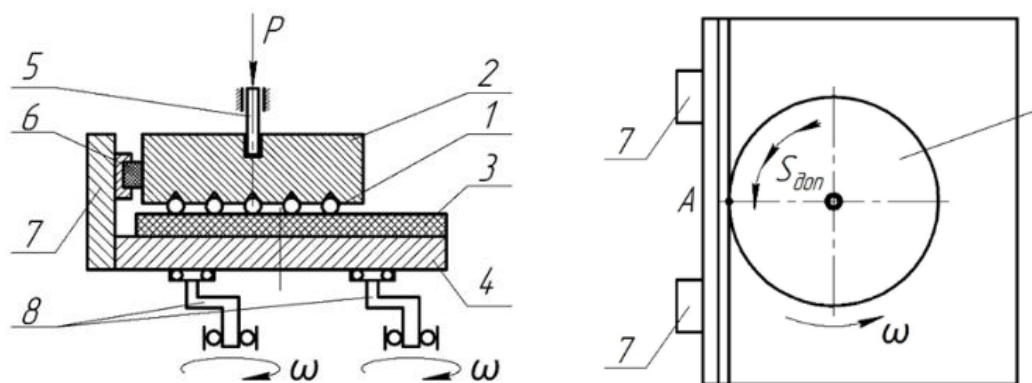


Рисунок 2. Схема устройства для шлифования шариков

Сравнительные результаты экспериментов при обработке шариков из поделочных камней с разной твёрдостью рис. 3.

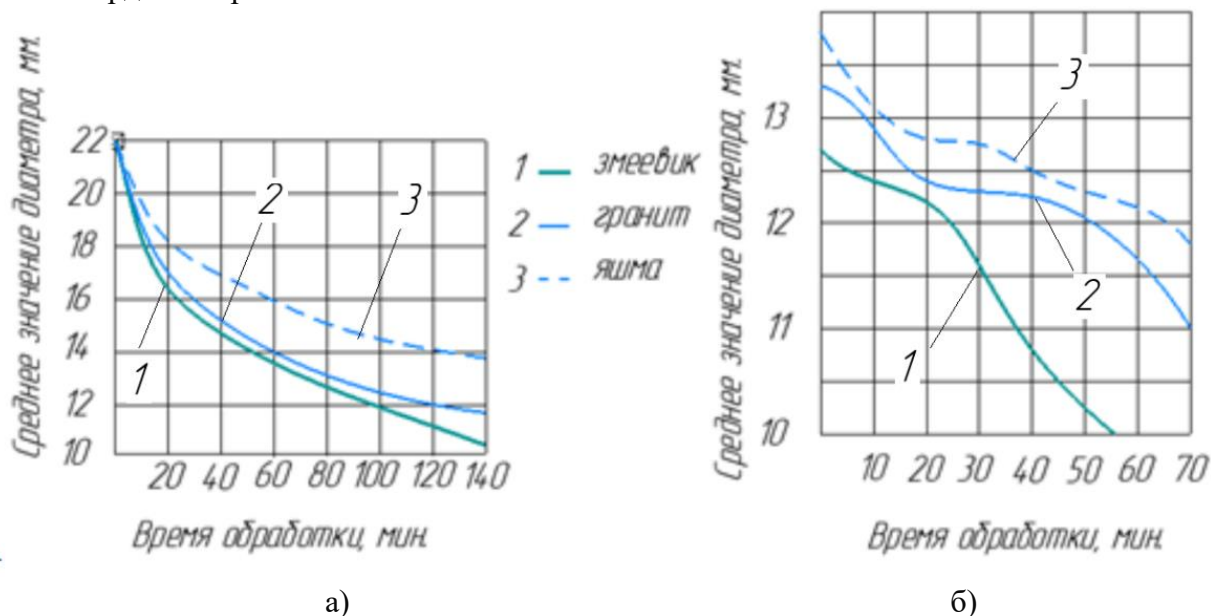


Рисунок 3. Изменение диаметральных размеров заготовок при галтовке (а) и планетарном шлифовании (б)

Из графиков, приведённых на рис. 1, а видно, что съём материала при галтовке (кубик галтуется до состояния сфероида) у камней с неоднородной структурой (змеевика и гранита) близки и схожи, что объясняется выкрошиванием и скалыванием более мягких составляющих структуры минералов, входящих в состав породы при ударном воздействии об инструмент, тогда как яшма, имеющая более однородную структуру и высокое сопротивление ударным воздействиям, менее подвержена этим видам воздействия.

Такая закономерность, однако несвойственна при шлифовании полученных полуфабрикатов при шлифовании, при котором обработка не сопровождается ударными действиями инструмента о поверхность камня. Сравнительный график (рис.1, б.) показывает, что гранит, и яшма имеют близкую по величине скорость удаления материала, несмотря на разную структуру материала, что объясняется тем, что на скорость шлифования оказывают влияние преимущественно твёрдые составляющие породы, в частности - кварц, твёрдость которой по шкале Мооса - 7. Змеевик с меньшей твёрдости более подвержен шлифованию и удалению верхнего слоя поверхности.

Графики отклонения от сферичности (овальность) шариков при обработке материалов приведены на рис. 2.

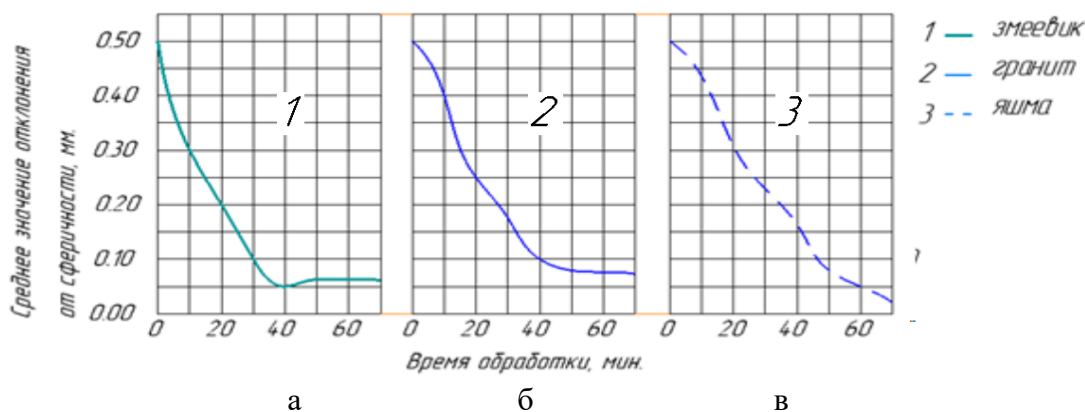


Рисунок 4. Сравнительные графики зависимости изменения овальности шариков от времени обработки, а - змеевик, б - гранит, в - яшма

Из графиков видно, что овальность шариков наиболее интенсивно изменяется в течение первых 40 мин, что обусловлено тем, что в первую очередь удалению материала подвергаются участки с наиболее выступающей неровностью. Однако после 40 мин обработки графики точностных характеристик материалов из змеевика и гранита выравниваются, достигая стабилизации процесса и сферичность шариков не изменяется из-за неоднородности их структур. График изменения овальности у шариков из яшмы при этом продолжает изменяться, что можно объяснить более однородной структурой и твёрдостью материалов.

Сравнительные графики разноразмерности шариков демонстрируют аналогичные изменения в зависимости от неоднородности структуры.

Заключение

Сравнительный анализ результатов экспериментов свидетельствует об зависимости характеристик обрабатываемости шариков из поделочных камней от твёрдости и структуры материалов.

Литература

1. Технология обработки ювелирных камней: учебное пособие / В.П. Луговой. – Москва: ИНФРА-М, 2025. – 315 с. – (Высшее образование). – DOI 10.12737/2162064.
2. Луговой В.П. Шлифование шариков из натурального камня планетарным движением инструмента. / В. П. Луговой, Р.А. Попов, // Наука и техника 2025, том 24. № 1, 2025, с.47-53.
3. Холов, Ф. Б. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н. Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9. – EDN UDJLZF.
4. Имомов, Н. Б. Влияние режимов обработки на исправление формы шаровидных изделий из самоцветных камней при обработке на станке с направляющими пластинами / Н. Б. Имомов, И. М. Мирзоалиев, Н. Б. Холов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 3(3). – С. 4-8. – EDN EDQUSH.

ТАЪСИРИ СОХТ ВА САХТИИ АШЌИ ХОМИ САНГҲОИ ОРОИШӢ БА КОРКАРДИ КӢРАҲО

В.П. Луговой, Р.А. Попов, А. Полянских

(Донишгоҳи миллии техникии Беларус, Минск, Ҷумҳурии Беларус)

Шарҳи мухтасар. Таҳлили таъсири сохтор ва сахтии сангҳои ороишӣ ба коркарди кӯраҳо оварда шудааст.

Калидвожаҳо: сангҳои ороишӣ, тӯбҳо, сахтии санг, дақиқии шакл

INFLUENCE OF STRUCTURE AND HARDNESS OF GEMSTONE RAW MATERIALS ON THE PROCESSABILITY OF BALLS

V.P. Lugovoy, R.A. Popov, A. Polyanskikh

(Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. An analysis of the influence of the structure and hardness of ornamental stones on the machinability of balls is presented.

Keywords: ornamental stones, balls, stone hardness, precision of the shape

Сведения об авторах

Луговой Вячеслав Петрович – к.т.н., доцент кафедры “Конструирование и производство приборов” БНТУ. E-mail: lyhavuyr@mab1.ru

Попов Роман Алексеевич – магистрант доцент кафедры “Конструирование и производство приборов” БНТУ

Полянских Александра - студентка 3 курса БНТУ

УДК.621.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ И ВИБРАЦИОННОЙ ГАЛТОВКЕ САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ

А.И. Мирзоалиев, И. Мирзоалиев, Х.С. Садыков, М.Ш. Эркабоев
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе исследован качество обработанных поверхностей при центробежной и вибрационной галтовке изделий из самоцветных камней. Установлена технологическая целесообразность и последовательность применения методов центробежной и вибрационной галтовки для улучшения качества изделий.

Ключевые слова: галтовка, абразив, шероховатость поверхности, производительность, центробежная сила, самоцветные камни, лазурит.

Введение

Республика Таджикистан богато запасами драгоценных, полудрагоценных камней и поделочных камней. Существующий уровень развития камнеобрабатывающей отрасли не соответствует богатому ресурсному потенциалу республики. Стоимость готовых изделий из камнесамоцветного материала многократно превышают стоимость сырья. Поэтому переход от экспорта необработанных камне самоцветных минералов к производству готовой продукции является актуальной задачей.

Один из основных параметров, влияющих на эксплуатационные показатели изделия из самоцветных камней является качество обработанных поверхностей. Для изделий ювелирной промышленности особенно важно обеспечить параметры качества поверхности, обеспечивающие гладкость и блеск поверхности изделия. Некачественно обработанные изделия с шероховатой поверхностью не могут быть красивыми и удовлетворять потребности покупателей, и становятся неконкурентоспособными. Поэтому обеспечение требуемого качества поверхности является важнейшей задачей [1-3].

В данной работе проведено исследование процесса изменения шероховатости на примере лазурита. При обработке с использованием способов планетарно-центробежной, центробежной обработки в кассетах, центробежно-абразивной на станке с направляющими пластинами, виброабразивной обработкой. При планетарно-центробежной обработкой в каждую из пяти емкостей галтовочного барабана загружались заготовки произвольной формы и бруски размером 7х7х16 (по 12 шт. в емкость, общая масса загрузки — 0,25 кг) [4-5].

В качестве рабочей среды применялась водная суспензия электрокорунда М20 (10 г на 1 кг заготовок). Эффективность планетарно-центробежной обработки оценивалась путем сравнения параметров шероховатости до и после процесса. Результаты исследований представлены на рис. 1.

Экспериментальные исследования процесса показали, что при обработке на планетарно-галтовочном станке интенсивность исправления шероховатости выше [6]. При исходной шероховатости $R_a=2,6$ мкм, после 15 минут обработки абразивом М20 получена шероховатость $R_a=1,1$ мкм (рис.1) Коэффициент исправления шероховатости $K_{ш} = \frac{2,6}{1,1} = 2,36$, а интенсивность исправления шероховатости 0,1 мкм/мин.

При центробежной обработке в сепараторах коэффициент исправления шероховатости $K_{ш} = \frac{0,55}{0,2} = 2,75$, а интенсивность исправления шероховатости 0,0233 мкм/мин.

При виброгалтовке $K_{ш} \frac{1,1}{0,4} = 2,75$, а интенсивность исправления шероховатости 0,00146 мкм/мин.

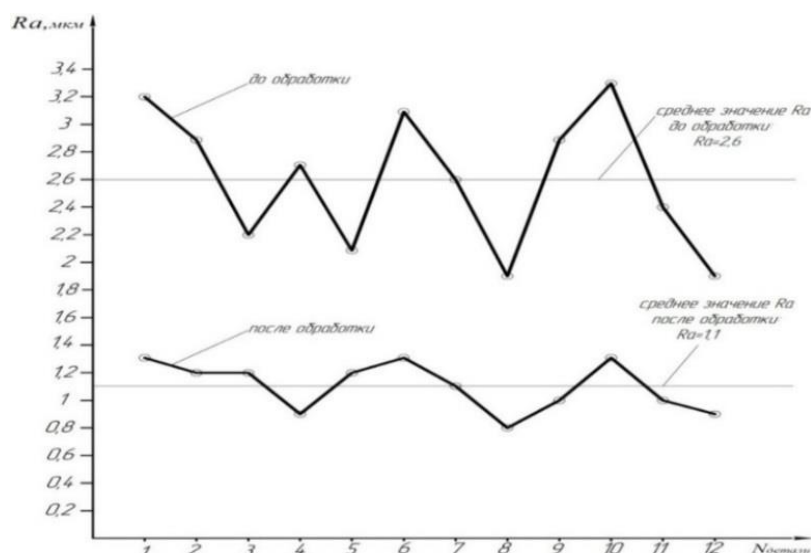


Рисунок 1. График зависимости изменения шероховатости при обработке на планетарно-центробежном станке. Условия проведения эксперимента: абразив электрокорунд, М20; количество абразива 10г/кг; продолжительность обработки 15 мин.

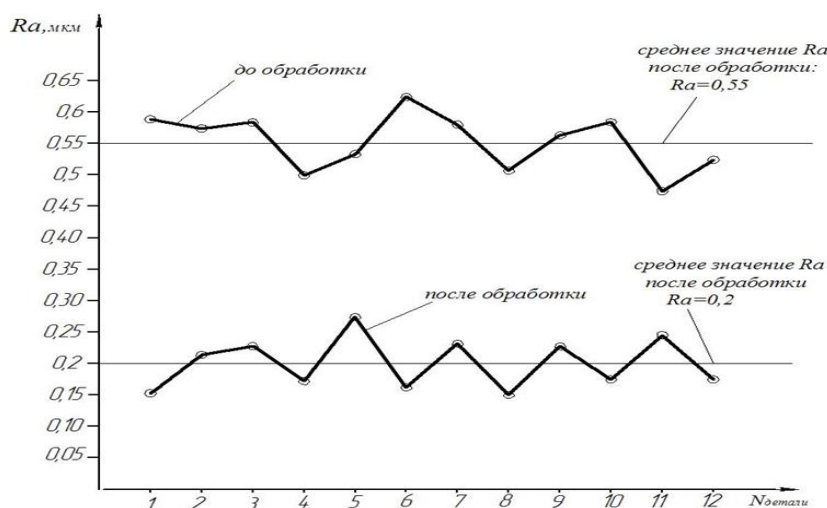


Рисунок 2. График изменения шероховатости при центробежной обработке заготовок из лазурита в сепараторах. Условия проведения эксперимента: абразив электрокорунд, М20; количество абразива 10г/кг; продолжительность обработки 20 мин.

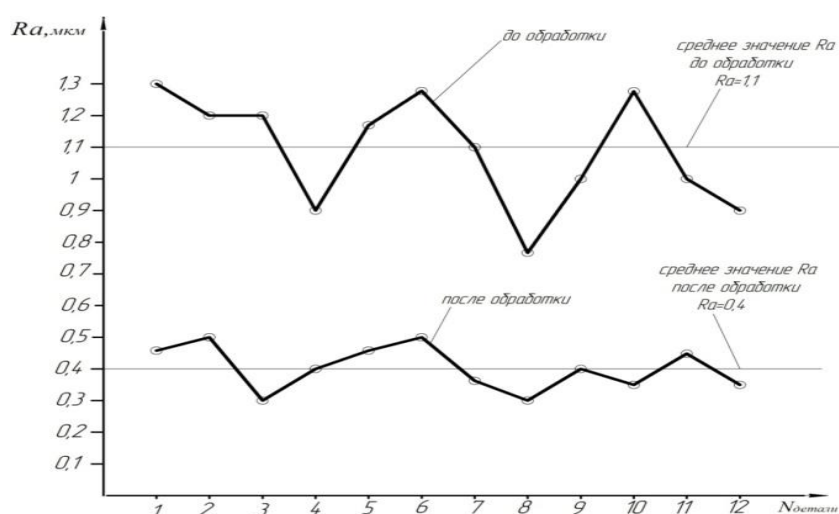


Рисунок 3. График зависимости изменения шероховатости при обработке на виброгалтовочном станке. Условия проведения эксперимента: абразив электрокорунд, М20; количество абразива 10г/кг; продолжительность обработки 8 час.

Вибрационная галтовка характеризуется меньшей интенсивностью съема металла по сравнению с планетарно-центробежной и центробежной обработки в сепараторах, однако позволяет достигать шероховатости до $Ra=0,04$ мкм. Зависимости параметра Ra от зернистости абразива для обоих методов представлены на рис. 4 и 5.

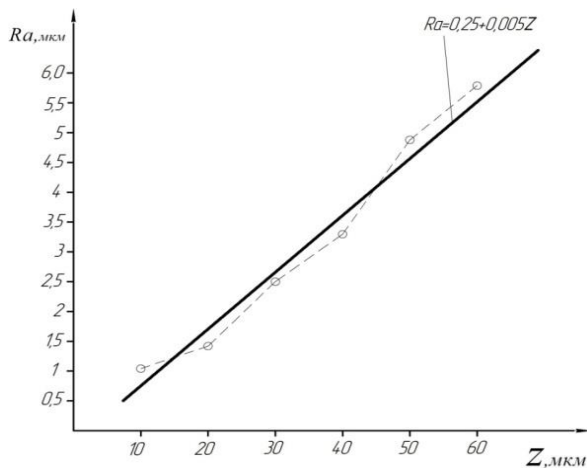


Рисунок 4. Зависимость шероховатости поверхности от зернистости образца при планетарно-центробежной обработке.

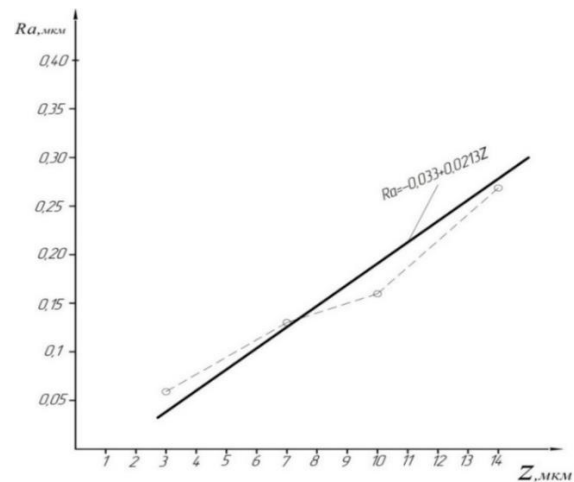


Рисунок 5. Зависимость шероховатости поверхности от зернистости образца при виброгалтовке.

Установлено, что каждый из этих способов обработки имеют пределы обеспечения шероховатости поверхности. Например, при планетарно-центробежной обработке по истечению 25 мин обработки достигается максимально допустимое при данных режимах обработки шероховатость и дальнейшая обработка практически мало влияет на снижение шероховатости (рис. 6).

Аналогично для процесса виброабразивной обработки по истечению 12 часов обработки, при обработке лазурита достигнуто стабилизации шероховатости поверхностей (рис.7).

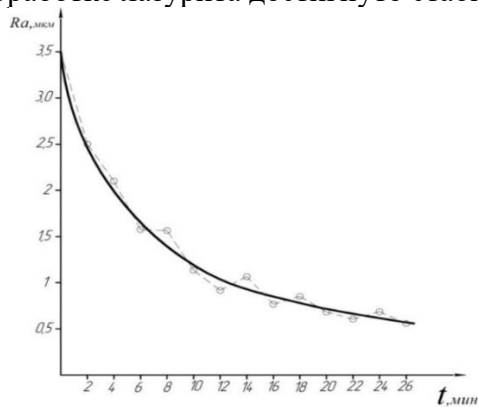


Рисунок 6. Зависимость шероховатости от продолжительности обработки при планетарно-центробежной обработке.

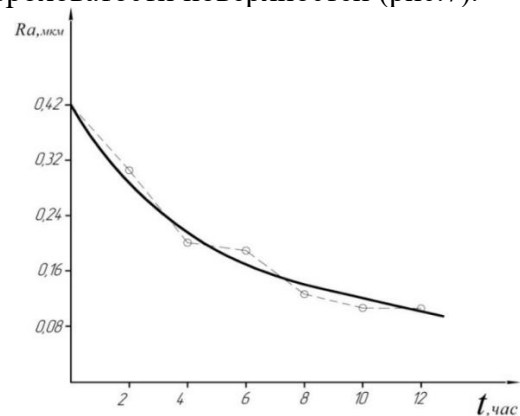


Рисунок 7. Зависимость шероховатости от продолжительности обработки виброабразивной обработке.

Хотя длительность виброабразивной обработки многократно превышает продолжительности обработки на планетарно-центробежном станке, оно позволяет обеспечить более качественную обработку.

Для уменьшение общей продолжительности обработки целесообразно предварительную обработку произвести на планетарно-центробежном станке или центробежном станке с сепаратором (для изделия тел вращения).

Для оптимизации процесса целесообразна обработку произвести в два этапа:

1. Предварительная: планетарно-центробежная галтовка (15 мин).
2. Финишная: последовательная виброгалтовка абразивами М7, затем М3 и М1.

Соблюдение последовательности перехода от крупнозернистых абразивов к мелкозернистым является обязательным. В противном случае на поверхности сохраняются следы (риски) предыдущего этапа, что снижает качество изделия. Точная продолжительность циклов определяется экспериментально и зависит от физико-механических свойств материала.

Литература

1. Сухарев В.М. Двустороннее шлифование [Текст]: В.М. Сухарев, А.С. Денисов. - Техника, 1977. -80 с.
2. Лоскутов В.В. Шлифование металлов [Текст]: В.В. Лоскутов. -М.: Машиностроение, 1985. -256с.
3. Патент № TJ 648 Таджикистан. МПК (2014), B24B1/00. Способ абразивной центробежно-планетарной обработки заготовок из различных материалов [Текст] / А.И. Мирзоалиев; И.М.Мирзоалиев; Т.А. Ходжаев [и др.]. -№1300824; заявл. 09.12.2016. опубл.10.11.2014, бюл. -№99-с.14.
4. Патент. № TJ 647 Таджикистан.МПК(2014), B24B31/00. Планетарно-центробежная установка для абразивной обработки заготовок из различных материалов [Текст] / А.И. Мирзоалиев; И.М. Мирзоалиев; Т.А. Ходжаев [и др.]. -№1300823; заявл. 09.12.2013 опубл.10.11.2014, бюл. №99-с.13.
5. Холов, Ф. Б. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н. Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9. – EDN UDJLZF.
6. Имомов, Н. Б. Влияние режимов обработки на исправление формы шаровидных изделий из самоцветных камней при обработке на станке с направляющими пластинами / Н. Б. Имомов, И. М. Мирзоалиев, Н. Б. Холов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 3(3). – С. 4-8. – EDN EDQUSH.

ТАДҚИҚИ НОҲАМВОРИИ САТҲҶО ҲАНГОМИ ГАЛТОВКАИ МАРКАЗГУРЕЗ ВА ЛАРЗИШИИ САНГҶОИ ҚИМАТБАҲО

И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев, Х.С. Садиқов, М.Ш. Эркабоев
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола сифати сатҳҳои коркардшуда ҳангоми галтовкаи марказгурез ва ларзишии (вибраторсионии) маснуот аз сангҳои қиматбаҳо тадқиқ карда шудааст. Мувофиқи мақсад будани технологӣ ва пайдарпайии истифодаи усулҳои галтовкаи марказгурез ва ларзишӣ барои беҳтар намудани сифати маснуот муайян карда шудааст.

Калидвожаҳо: галтовка, абразив, ноҳамвории сатҳ, маҳсулноқӣ, қувваи марказгурез, сангҳои қиматбаҳо, лочувард.

INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS IN CENTRIFUGAL AND VIBRATORY TUMBLING OF GEMSTONES

I.Mirzoaliev, A.I. Mirzoaliev, Kh.S. Sadykov, Kh., M.Sh. Erkabaev
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The paper investigates the quality of finished surfaces during the centrifugal and vibratory tumbling of gemstone products. The technological feasibility and the sequence of applying centrifugal and vibratory tumbling methods to improve product quality have been established.

Keywords: tumbling, abrasive, surface roughness, productivity, centrifugal force, gemstones, lapis lazuli.

Сведения об авторах

Мирзоалиев Исроил, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе.

Мирзоалиев Азим Исроилович - ктн. доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. акад. М.С. Осими., г Душанбе, 10. E-mail: azimjon86_86@mail.ru

Садыков Хуршед Саибович – к.т.н. и.о., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими., г Душанбе, E-mail: hursedsadykov179@gmail.com

Эркабоев Мухаммадюсуф Шохамбарович – магистрант 1-го курса специальности 1-360101 «Технология машиностроения» ТТУ им. акад. М.С. Осими.

УДК.621.01

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЛТОВКИ САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев, Б.С. Саидзода

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В данной работе исследован процесс галтовки изделий из природных минералов (самоцветов) как инструмент развития технологий формообразования и повышения качества финишной отделки. В ходе исследования проведено сравнение производительности традиционной барабанной и планетарно-центробежной обработки. Установлена технологическая целесообразность и экономическая эффективность применения планетарно-центробежного метода, обеспечивающего интенсификацию съема материала при сохранении заданных параметров точности.

Ключевые слова: самоцветные камни, планетарно-центробежная обработка, интенсивность съема, абразивная среда, формообразование, финишная отделка, центробежная сила.

Введение

Повышение качества финишной отделки и точности формообразования природных минералов — приоритетная задача современной камнерезной промышленности. Эффективность абразивной обработки (галтовки) определяется кинематикой процесса и технологическими ограничениями существующих методов.

При галтовке в барабанах с вертикальной осью вращения заготовки взаимодействуют под влиянием центробежных сил. Метод эффективен для притупления острых кромок, однако низкая интенсивность съема материала не позволяет корректировать исходную геометрию камня. Кроме того, при «мокрой» обработке возникает эффект адгезии, приводящий к слипанию заготовок и снижению качества поверхности.

Галтовка в барабанах с горизонтальной осью вращения основана на каскадном падении массы загрузки. Данный способ способствует более активному изменению формы, однако высокие ударные нагрузки вызывают появление микротрещин и сколов на хрупких минералах, что увеличивает процент брака и снижает производительность.

Наиболее прогрессивным и высокоэнергетическим способом является планетарно-центробежная обработка (ПЦО). В отличие от традиционных методов, ПЦО создает сложное пространственное движение заготовок под воздействием переносных и относительных ускорений. Это обеспечивает кратное увеличение производительности, стабильность микрогеометрии и прецизионную точность формообразования, что делает данный метод наиболее перспективным для промышленного освоения.

Принцип работы: планетарно-центробежного оборудования, для галтовки самоцветных камней: вращающийся барабан 1 загружают заготовки самоцветных камней и абразивную массу 2. Съемный вращающийся барабан насаживается в стакан 3, который закреплен на вращающуюся вокруг оси $O_1O_1^1$ планшайбу 4. Также на ось 5 закреплена шестерня 6, которая входит в зацеплении с зубчатым колесом 7. Планшайбе 4 обеспечивает вращение вал 8, которую приводить в вращение электродвигатель ременной передачей 9. Внутри барабана, также можно дополнительно вставить, дополнительную втулку с абразивным покрытием 14, которая обеспечивает дополнительный съем материала с поверхности заготовки.

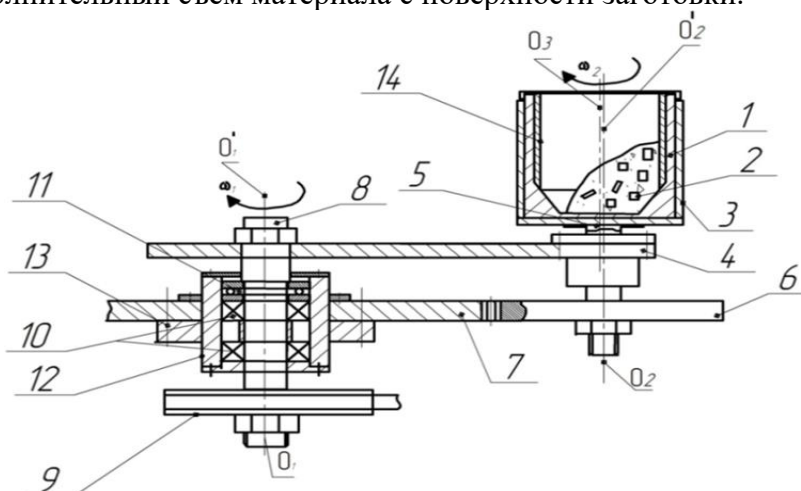


Рисунок 1. Планетарно-центробежная обработка самоцветных камней

При изучении и исследовании технологического процесса галтовки, опытным путем установлены силы, действующие на заготовку при галтовке на планетарно-центробежном оборудовании

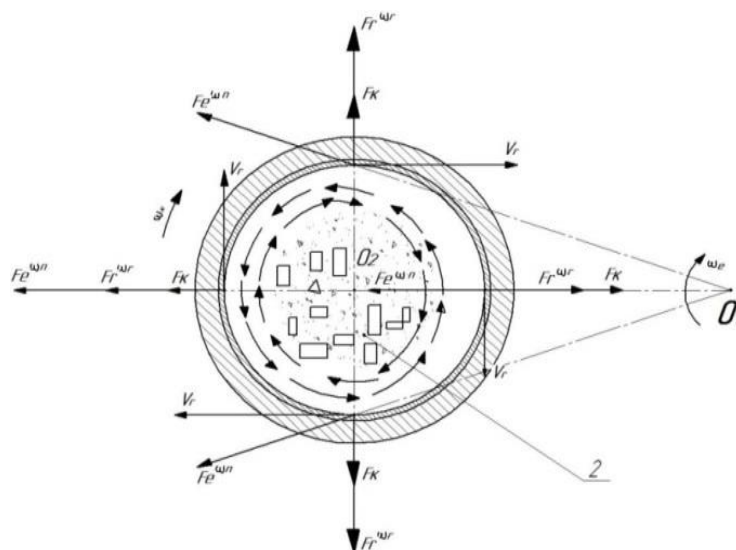


Рисунок 2. Схема действующих сил и перемещение самоцветных камня в горизонтальной плоскости; $F_r^{\omega r}$ – относительная центробежная сила от вращения контейнера вокруг своей оси, $F_e^{\omega n}$ – переносная центробежная сила вращения контейнера вокруг центробежной оси, F_K – Кориолиса сила инерции, v_r – относительная скорость перемещение заготовки в контейнер

Применение планетарно-центробежной галтовки самоцветных камней, показала свою состоятельность и эффективность. При планетарно-центробежной обработке (ПЦО) заготовки совершают сложное пространственное движение. Векторная сумма сил, действующих на заготовку, включает: переносную и относительную центробежные силы инерции; кориолисову силу инерции; силы трения заготовок о стенки барабана и между собой [2].

Исследованиями установлено, что применение ПЦО позволяет повысить производительность обработки самоцветных камней в 3,5 раза при прочих равных условиях, что подтверждает высокую эффективность данного метода.

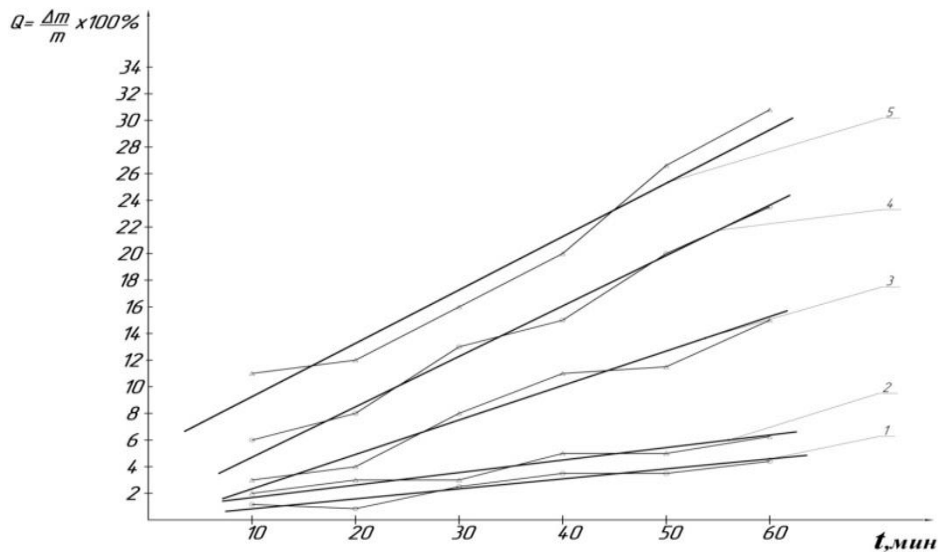


Рисунок 3. Производительность и величина съема при ПЦО в различных средах: 1. Сухая галтовка (без абразива). 2. Сухая галтовка с абразивом (5 г/кг). 3. Водная среда (без абразива). 4. Водная среда с абразивом (5 г/кг). 5. Водная среда с абразивом (20 г/кг)

Технологическое значение и универсальность метода.

Процесс галтовки и полирования является критически важным этапом финишной обработки, обеспечивающим не только требуемую шероховатость, но и окончательное формообразование заготовок. В современном машиностроении данный метод применяется для обработки широкого спектра материалов: металлов, сплавов, пластиков, а также драгоценных и самоцветных камней.

В процессе обработки в контейнер загружаются заготовки, абразивный порошок или специализированные полировальные пасты. Под воздействием планетарно-центробежного движения происходит микрорезание — снятие тончайших верхних слоев материала. Для достижения заданного блеска применяются наполнители различной формы (эллипсы, цилиндры, конусы) из фарфора, керамики, стекла или пластика.

Контроль результатов полирования невозможен «на глаз» и требует применения прецизионного метрологического оборудования: профилометров, микроскопов и эталонов шероховатости. Актуальной задачей на государственном уровне является разработка жестких нормативных данных и стандартов для отрасли обработки камня, что позволит повысить конкурентоспособность продукции.

Перспективы промышленного внедрения.

Универсальность ПЦО позволяет использовать результаты обработки в стратегически важных отраслях:

Авиация и космонавтика: обработка деталей двигателей, лопаток турбин и элементов крепежа.

Медицина: финишная полировка хирургических имплантатов, стоматологических боров и ортопедических изделий. ПЦО позволяет достичь шероховатости Ra 0,15 мкм, что критически важно для биосовместимости и долговечности медицинских изделий.

Инструментальное производство: микронное округление режущей кромки инструмента на галтовочных установках продлевает срок его службы в 2–3 раза, снижает вероятность сколов и улучшает отвод стружки.



Протезы
суставов и
изделия для
артропластики



Хирургические детали,
крепления, винты для
соединения костей и т.д.



Имплантаты, стоматологи-
ческие боры, зубные
протезы, ортодонтический
инструмент и проволоочные
приспособления



Инструмент для
Прессования
таблеток

Рисунок 4. Объекты высокоточной галтовки в медицине

Галтовка и полировании деталей, вне зависимости от типа материала позволяют производить финишную обработку каждой отдельной поверхности в соответствии с областью применения деталей и требованиями, предъявляемыми к ним, подбор абразивных материалов, галтовочных технологий: выглаживание, полирование, притупление кромок или удаление заусенцев проводится в соответствии требованиям ГОСТ - а.



Рисунок 5. Дентальные имплантаты из титана и керамики после финишной полировки на установке серии CF-SP

Технологические преимущества оборудования серии CF-SP:

Интенсификация процесса: Машины данного типа обеспечивают значительное сокращение временных затрат на цикл обработки за счет объединения операций удаления заусенцев, шлифования и зеркального полирования в единый непрерывный рабочий процесс.

Эффективность мокрой обработки: Оборудование позволяет проводить «мокрую» шлифовку без необходимости промежуточной фильтрации наполнителя, что существенно упрощает технологический цикл и снижает себестоимость продукции.

Прецизионное качество поверхности: Одной из приоритетных задач при изготовлении медицинских имплантатов из нержавеющей стали, титана и диоксида циркония является достижение идеальной гладкости без повреждения геометрии резьбовой части. Планетарно-центробежная галтовка обеспечивает стабильный показатель шероховатости $Ra = 0,03$ мкм всего за один рабочий цикл.

Особое значение метод ПЦО имеет для обработки мелких керамических и полимерных изделий медицинского назначения. Кинематика процесса гарантирует бережное воздействие, исключая избыточное округление функциональных кромок, что критически важно для сохранения режущих свойств стоматологического инструментария.



Рисунок 6. Мелких керамических зубных имплантатов

Для мелких керамических, также пластиковых медицинских изделий, и зубных имплантатов важно, чтобы удаление заусенцев, сглаживание и полировка выполнялись без заметного закругления кромок, так как кромки зубов, выполняют роль режущего инструмента, при откусывании еды.

На винтовых имплантатах, также удаление заусенцев, их шлифование и полированы до блеска, выполняется за один цикл обработки.

Для автомобильной промышленности технологический процесс галтовки поверхностей отдельных деталей и комплектующих имеет не маловажное значение. Детали, которые подвергаются совместной обработке, окончательную обработку проходят в роторных галтовочных станках, а сложные детали, требующие более точной окончательной обработки, обрабатываются в потоковых галтовочных станках, или в буксирных галтовочных станках. Идеальная финишная обработка поверхности, обеспечиваемая галтовочными технологическими процессами, сокращает износ деталей и увеличивает их срок службы. На рис. 7 приведены детали, которые полируются на галтовочном станках марки CF-SP и CF-T.



Рисунок 7. Детали, полированные на галтовочном станках марки CF-SP и CF-T

К отрасли промышленности обрабатывающие высококачественные ювелирные изделия и дорогие часы, предъявляются строгие требования к качеству обрабатываемой поверхности. Благодаря правильному выбору абразивных материалов и современных высокоточных галтовочного оборудования и можно достичь качества, приемлемого и эквивалентного ручному полированию. Образцы показаны на рис. 8.

Применение вибрационной и центробежной обработки является критически важным в авиастроении, судостроении и ракетно-космической отрасли. Ответственные узлы авиационных двигателей — лопатки турбин и компрессоров, моноколеса и элементы корпуса — требуют прецизионной полировки до достижения низких значений шероховатости (Ra).



Браслеты и
корпусы часов



Драгоценные
камни, коралл и
янтарь



Ювелирные
изделия весом
менее 10 г



Ювелирные
изделия весом
более 10 г

Рисунок 8. Образцы изделий, обрабатываемых на высокоточных галтовочных оборудованьях

Для финишной обработки таких деталей применяются вибрационные галтовочные машины, оснащенные автоматизированными системами загрузки и выгрузки. При необходимости интенсификации процессов используются центробежные установки дискового типа (например, серии Turbotron). Данное оборудование позволяет реализовать экологически чистые технологии полировки с достижением параметров Ra 0,2 мкм.

Для обработки крупногабаритных компонентов (элементов крыла, фюзеляжа или шасси) длиной до 6 м и шириной до 1,3 м применяются специализированные вибрационные установки. В частности, система Multivib обеспечивает интенсивное и равномерное движение абразивного наполнителя по всей длине заготовки, гарантируя однородность микрорельефа поверхности. Кроме того, данная технология является экономически эффективным решением для массовой обработки метизов (болтов, заклепок) в промышленных масштабах» [1 – 6].

Литература

1. Патент № TJ 648 Таджикистан. МПК (2014), B24B1/00. Способ абразивной центробежно-планетарной обработки заготовок из различных материалов [Текст] / А.И. Мирзоалиев; И.М.Мирзоалиев; Т.А. Ходжаев [и др.]. - №1300824; заявл. 09.12.2016. опубл.10.11.2014, бюл. -№99-с.14
2. Патент. № TJ 647 Таджикистан.МПК(2014), B24B31/00. Планетарно-центробежная установка для абразивной обработки заготовок из различных материалов [Текст] / А.И. Мирзоалиев; И.М. Мирзоалиев; Т.А. Ходжаев [и др.]. -№1300823; заявл. 09.12.2013 опу.10.11.2014, бюл. №99-с.13
3. Мирзоалиев А.И. Повышение эффективности процесса центробежной абразивной галтовки за счет совершенствования конструкторско-технологических решений. [Текст]: Дис.канд. технич. наук: 05.02.07/ А.И Мирзоалиев;
4. Зверовщиков В.З. Технологическое обеспечение качественных показателей поверхностей деталей на основе центробежной обработки дискретным шлифовальным материалом. [Текст]: дис... докт. техн. наук: 05.02.08 и 05.03.01/ В.З. Зверовщиков - Пенза- 2005.- С.15-25.
5. Холов, Ф. Б. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н. Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9. – EDN UDJLZF.
6. Обработка изделий на галтовочном барабане усовершенствованной конструкции / А. И. Мирзоалиев, Т. А. Ходжаев, М. А. Умаров, С. Т. Амонов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 4-11. – EDN AUADJP.

ДУРНАМОИ ИСТИФОДАИ СУФТАКОРИИ (ГАЛТОВКАИ) САНГҲОИ ГАВҲАРИ БАРОИ РУШДИ ШАКЛҲОСИЛКУНИ ВА ТАЪМИНИ СИФАТИ МАҲСУЛОТ

И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев, Б.С. Саидзода
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола раванди суфтакории (галтовкаи) маснуот аз минералҳои табиӣ (сангҳои гавҳарӣ) ҳамчун воситаи рушди технологияҳои шаклҳосилкунӣ ва баланд бардоштани сифати коркарди ниҳой мавриди пажӯҳиш қарор гирифтааст. Дар рафти тадқиқот муқоисаи маҳсулнокии коркарди анъанавии барабанӣ ва сайёравӣ-марказгурез гузаронида шуд. Мувофиқи мақсад будани технологӣ ва самаранокии иқтисодии истифодаи усули сайёравӣ-марказгурез, ки шиддатнокии гирифтани қабати маводро ҳангоми нигоҳ доштани параметрҳои додашудаи дақиқ таъмин менамояд, муайян карда шуд.

Калидвожаҳо: сангҳои гавҳарӣ, коркарди сайёравӣ-марказгурез, шиддатнокии гирифтани қабат, муҳити абразивӣ, шаклҳосилкунӣ, коркарди ниҳой, қувваи марказгурез.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF GEMSTONE TUMBLING FOR THE DEVELOPMENT OF SHAPING AND ENSURING PRODUCT QUALITY

A.I. Mirzoaliev, I. Mirzoaliev, B.S. Saidzoda

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This paper investigates the tumbling process of products made from natural minerals (gemstones) as a tool for developing shaping technologies and improving the quality of finish machining. The study compares the productivity of traditional barrel finishing and planetary centrifugal processing. The technological feasibility and economic efficiency of the planetary centrifugal method, which provides intensification of material removal while maintaining specified accuracy parameters, have been established.

Keywords: gemstones, planetary centrifugal processing, material removal rate, abrasive medium, shaping, finish machining, centrifugal force.

Сведения об авторах

Мирзоалиев Исроил - к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10.

Мирзоалиев Азим Исроилович - ктн., доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. акад. М.С. Осими., г Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10. E-mail: azimjon86_86@mail.ru

Саидзода Бахриддин Саид - ктн. и.о. доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. акад. М.С. Осими., г Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10. E-mail: azimjon86_86@mail.ru

УДК.621.01

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КИНЕМАТИКИ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОЙ ОТДЕЛКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ

А.И. Мирзоалиев, И. Мирзоалиев, Т.А.Ходжаев, Х.Ф. Орифова

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования процесса вибрационного полирования самоцветных камней. Проведен анализ влияния режимов обработки на интенсивность съема материала и качество формируемого поверхностного слоя. Определены условия технологической целесообразности применения вибрационной обработки для деталей сложной пространственной конфигурации.

Ключевые слова: вибрационное полирование, абразивная среда, микрогеометрия поверхности, интенсивность съема, самоцветные камни, отделочно-зачистная обработка.

Введение

Вибрационная обработка является одним из наиболее перспективных методов финишной отделки в современном машиностроении и камнерезной промышленности. Теоретические основы этого процесса были заложены в фундаментальных трудах М.А. Бабичева, Ю.В. Тамаркина и других исследователей, которые обосновали механизмы микроударного воздействия абразива на поверхность [1-3].

Несмотря на наличие глубокой теоретической базы, специфика обработки самоцветных камней требует решения ряда прикладных задач: эффективное удаление дефектов, обеспечение заданного радиуса округления кромок и достижение минимальной шероховатости при сохранении целостности хрупких минералов. Исследования показывают, что использование комбинированных и магнитно-абразивных методов позволяет существенно расширить технологические возможности процесса [3].

На рис. 1, *а* и *б* наглядно продемонстрировано изменение микрорельефа поверхности до и после виброполирования. Удаление заусенцев происходит за счет концентрации энергии на выступающих кромках, где интенсивность воздействия абразивных гранул максимальна.

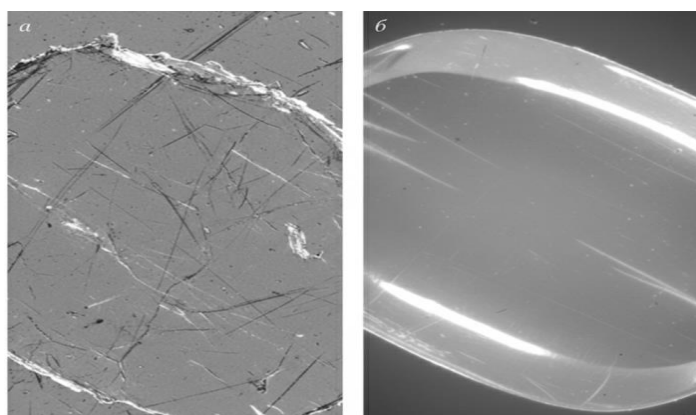


Рисунок 1. *а* - микрогеометрия поверхности заготовок из самоцветных камней (кварц), до виброабразивной полировки $Ra=1,2$ мкм, *б* - микрогеометрия заготовок из самоцветных камней (кварц), после виброабразивной полировки $Ra=0,15$ мкм

Интенсивность съема материала на кромках значительно выше, чем на плоскостях, что описывается соотношением приращения радиуса округления к общему съему. Как показывает практика, в первые 10 часов обработки эффективность процесса максимальна, что критически важно для производительности.

Эффективность процесса детерминирована частотой ($900...3000 \text{ мин}^{-1}$) и амплитудой ($0,5...8$ мм) колебаний. Ускорение частиц абразивной среды в таких режимах может достигать $20...150 \text{ м/с}^2$. При этом температура в зоне контакта остается в пределах $30...40^\circ\text{C}$, что исключает риск термической деструкции хрупких самоцветных камней.

На схеме показан процесс финишной обработки в контейнере вибрационной установки. Основные процессы внутри рабочей камеры можно разделить на три составляющие:

1. Динамика абразивной среды:

Под воздействием высокочастотных колебаний контейнера вся масса загрузки (абразивные гранулы и камни) совершает сложное вращательное движение.

Это движение обеспечивает постоянную смену зон контакта, благодаря чему камни обрабатываются равномерно со всех сторон.

2. Микрорезание и пластическая деформация:

В каждой точке контакта гранулы электрокорунда или полимера оказывают давление на камень. Происходит микроскопическое снятие материала («микрорезание») и сглаживание неровностей.

В верхнем углу рисунка показана наглядная разница: до обработки ($Ra \approx 1,2$ мкм) поверхность имеет грубый рельеф с впадинами, а после обработки ($Ra \approx 0,15$ мкм) она становится зеркально гладкой.

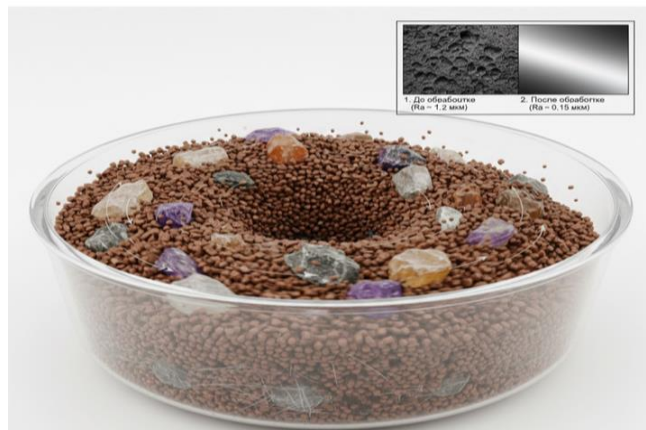


Рисунок 2. Схема вибрационной галтовки

3. Роль СОЖ (Смазочно-охлаждающей жидкости):

Непрерывный полив, о котором мы упоминали, необходим для вымывания «шлама» (пыли от камня и изношенного абразива). Это предотвращает засаливание гранул и появление царапин.

Для достижения высокого блеска и удаления шлама рекомендуется использование непрерывного полива смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ). В качестве абразива наиболее эффективно применение электрокорунда белого или полимерных гранул, которые бережно воздействуют на фасонные поверхности.

Вибрационное полирование обладает широкими технологическими возможностями, позволяя автоматизировать финишные операции. Однако метод имеет ограничения: высокий уровень шума и значительная продолжительность цикла (8...10 часов). Дальнейшее развитие метода связано с использованием комбинированных воздействий (вибро-электрохимическая, магнитно-абразивная обработка) и применением псевдооживленного слоя для тонкостенных деталей [2 - 4].

Литература

1. Толкачев А.В. Повышение производительности вибрационного полирования лопаток компрессора ГТД абразивными гранулами: дис. ... канд. техн. наук. — Рыбинск, 2015.
2. Акулович Л.М., Сергеев Л.Е. Основы магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей. — Минск, 2012.
3. Холов, Ф. Б. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н. Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9. – EDN UDJLZF.
4. Имомов, Н. Б. Влияние режимов обработки на исправление формы шаровидных изделий из самоцветных камней при обработке на станке с направляющими пластинами / Н. Б. Имомов, И. М. Мирзоалиев, Н. Б. Холов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 3(3). – С. 4-8. – EDN EDQUSH.

ТАДҚИҚОТИ ПАРАМЕТРҲОИ ТЕХНОЛОГИИ РАВАНДИ САЙҚАЛДИҲИИ ЛАРЗИШИИ САТҲИ САНГҲОИ ТАБИӢ

А.И.Мирзоалиев, И. Мирзоалиев, Т.А.Ходжаев, Х.Ф. Орифова
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқи раванди сайқалдиҳии ларзишии сангҳои ранга оварда шудаанд. Таъсири режимҳои коркард ба шиддати гирифтани қабати мавод ва сифати сатҳи ҳосилшуда таҳлил карда шудааст. Шартҳои мувофиқияти технологии истифодаи коркарди ларзишӣ барои қисмҳои шаклашон мураккаб муайян карда шудаанд.

Калидвожаҳо: галтовка, сайқалдиҳи, протсес, абразив, маҳсулноқӣ, барабан, таҷҳизот, режим.

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS AND KINEMATICS OF THE VIBRATION FINISHING PROCESS FOR NATURAL MINERAL SURFACES

A. I. Mirzoaliev, I. Mirzoaliev, T.A. Khodjaev, Kh.F. Orifova
(*TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan*)

Annotation: The paper presents the results of a study on the vibratory polishing of gemstones. The influence of processing modes on the material removal rate and the quality of the formed surface layer is analyzed. The conditions for the technological feasibility of using vibration processing for parts with complex spatial configurations are determined.

Keywords: vibratory polishing, abrasive media, surface microgeology, removal rate, gemstones.

Сведения об авторах

Мирзоалиев Азим Исроилович - к.т.н. доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. акад. М.С. Осими., г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10. E-mail: azimjon86_86@mail.ru телефон: (+992)935391113

Мирзоалиев Исроил, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10. E-mail: телефон: (+992)919971476

Ходжаев Таджиддин Авгонович, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых, 10. E-mail: tojiddin67@mail.ru телефон: (+992)934477381

Орифова Хурсаной Файзиевна – к.э.н., доцент кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов» ТТУ им. акад. М.С. Осими.

УДК.621.01

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

М. Идизода

(*ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан*)

Аннотация. В статье рассматривается эволюция и современное состояние нетрадиционных (альтернативных) методов обработки материалов в машиностроении. Анализируются ключевые технологические группы: электрофизические, электрохимические, лучевые и аддитивные процессы. Особое внимание уделяется их преимуществам при работе с высокопрочными, жаропрочными и сложными конфигурациями деталями. Описаны интеграционные тенденции (гибридные технологии) и перспективы развития, связанные с цифровизацией, искусственным интеллектом и использованием новых источников энергии. Делается вывод о трансформационной роли этих процессов в создании материалов и изделий нового поколения.

Ключевые слова: машиностроение, нетрадиционные технологии, аддитивное производство, электрохимическая обработка, ультразвуковая обработка, гидроабразивная резка.

Введение

Машиностроение, являясь основой промышленного производства, постоянно сталкивается с новыми вызовами: необходимостью обработки сверхтвердых и хрупких материалов (композиты, керамика, интерметаллиды), изготовления деталей исключительно сложной геометрии (лопатки турбин, микрофлюидные каналы, биоимплантаты) и достижения высочайшей точности и качества поверхности. Традиционные методы обработки резанием

зачастую оказываются неэффективными, экономически невыгодными или вовсе неприменимыми для решения этих задач.

На этом фоне нетрадиционные технологические процессы (НТП) перешли из категории экзотических в разряд основных и стратегически важных. Их принципиальное отличие заключается в том, что удаление материала или его формообразование происходит не за счет механического усилия более твердого инструмента, а под воздействием различных видов энергии: электрической, тепловой, химической, световой. Это позволяет «не чувствовать» твердость материала и создавать формы, недоступные фрезе или резцу [1 - 5].

Цель данной статьи - систематизировать современные подходы в области НТП, оценить их технологические возможности и обозначить ключевые перспективы развития.

1. Классификация и современные подходы к нетрадиционным процессам

Современные НТП можно классифицировать по виду используемой энергии и механизму воздействия на материал.

1.1. Электрофизические методы обработки (ЭФО) В основе лежит преобразование электрической энергии в тепловую для локального разрушения материала.

- Электроэрозионная обработка (ЭЭО): Обработка импульсными электрическими разрядами в жидком диэлектрике. Современные тренды:

- Проволочно-вырезная ЭЭО: Высокоточная (точность до 1 мкм) резка штампов, пресс-форм и деталей из любого электропроводящего материала. Автоматизация на основе CAD/CAM систем.

- Прошивочная ЭЭО: Создание глубоких полостей, отверстий сложной формы и 3D-текстур. Использование адаптивных систем контроля зазора и износа электрода.

- Электрохимико-искровая обработка (ЭХИО): Гибридный процесс, сочетающий электроэрозию и анодное растворение. Позволяет в разы повысить производительность и улучшить качество поверхности.

1.2. Электрохимические методы обработки (ЭХО) Удаление материала происходит за счет анодного растворения в электролите под действием электрического тока.

- Современные подходы: Смещение от крупногабаритной обработки к высокоточной.

- Электрохимическое микроструктурирование: Создание микро- и нанорельефа на поверхностях для улучшения смачиваемости, адгезии или аэродинамических свойств.

- Сквозная масковая ЭХО: Изготовление тонких (<0.1 мм) деталей из жаропрочных сплавов для аэрокосмической отрасли.

- Электрохимическая обработка струей электролита (Jet-ECM): Локальное высокоскоростное растворение, альтернатива лазерной резке для химически активных материалов без теплового воздействия.

1.3. Лучевые (энергетические) методы используют сфокусированную энергию лучей для разрезания, сварки, сверления или поверхностного упрочнения.

- Лазерная обработка: наиболее динамично развивающееся направление.

- Лазерная резка и сварка: Стандарт для автомобиле- и судостроения. Тренд — использование волоконных лазеров высокой мощности с роботизированными комплексами.

- Лазерное легирование и наплавка: Восстановление и упрочнение ответственных деталей (шейки валов, лопатки).

- Лазерная абляция и микрообработка: Создание субмикронных структур, очистка поверхностей, маркировка.

- Плазменная обработка: Плазменной струей режут толстые листы металла, где лазер неэффективен. Современные системы с ЧПУ и водяной стабилизацией дуги обеспечивают высокое качество реза.

- Ультразвуковая обработка (УЗО): Удаление материала за счет абразивного действия частиц в жидкой среде, колеблющихся с ультразвуковой частотой. Незаменима для обработки хрупкой керамики, стекла, карбидов. Современные станки комбинируют УЗО с шлифованием для финишной обработки.

1.4. Аддитивные технологии (АТ) Совершили революцию, перейдя от прототипирования к промышленному производству. Это процессы послойного синтеза деталей на основе 3D-модели.

- Селективное лазерное плавление (SLM) и электронно-лучевая плавка (EBM): Производство полностью плотных металлических деталей из титана, инконеля, жаропрочных сталей для аэрокосмической и медицинской отраслей.

- Прямое лазерное наплавление (DED): «Ремонтная» технология для крупногабаритных деталей и гибридного производства (аддитивное наращивание + субтрактивная механическая обработка).

- Стереолитография (SLA) и селективное лазерное спекание (SLS) полимеров: Быстрое изготовление функциональных прототипов, литьевых форм и конечных изделий со сложной внутренней архитектурой.

2. Ключевые преимущества и области применения

НТП обеспечивают конкурентные преимущества в следующих случаях:

- Обработка материалов с особыми свойствами: Высокопрочные, вязкие, хрупкие, жаропрочные сплавы.

- Создание сложных геометрических форм: Полости, изогнутые каналы, тонкостенные элементы, микродетали.

- Высокие требования к качеству поверхности: Отсутствие дефектного слоя, остаточных напряжений, наклепа.

- Микро- и нанообработка: Производство датчиков, микрореакторов, оптических элементов.

- Экономическая эффективность при мелкосерийном и единичном производстве: Быстрая переналадка, отсутствие дорогостоящей оснастки (особенно в АТ).

Основные секторы-потребители: аэрокосмическая промышленность, энергомашиностроение (производство турбин), автомобилестроение (легкие конструкции), медицина (имплантаты), инструментальное производство (пресс-формы), микроэлектроника.

3. Перспективы развития и интеграционные тренды

Будущее НТП связано с несколькими магистральными направлениями:

3.1. Гибридизация технологий: Комбинация различных методов для нейтрализации их недостатков и синергии преимуществ. Примеры:

3.2. ЭЭО + УЗО: Вибрация электрода улучшает отвод эрозионных продуктов и повышает стабильность процесса.

3.3. Лазер + ЭХО (Laser-ECM): Лазер предварительно активирует поверхность, а ЭХО обеспечивает чистовую обработку без дефектного слоя.

3.4. АТ + механическая обработка: Создание гибридных обрабатывающих центров, где деталь выращивается и сразу же фрезеруется и шлифуется в одной установке.

4. Цифровизация и интеллектуализация:

4.1. Цифровые двойники процессов: Виртуальное моделирование всего цикла обработки (например, распределение температуры при SLM) для оптимизации параметров без дорогостоящих натурных экспериментов.

4.2. Искусственный интеллект и машинное обучение: Анализ больших данных с датчиков (вибрация, акустическая эмиссия, спектры плазмы) для прогнозирования качества, предупреждения дефектов и адаптивного управления в реальном времени.

Полная интеграция в цепочку Industry 4.0: Сквозное проектирование (CAD/CAE/CAM), автоматическое планирование процессов (CAPP), работа в едином информационном пространстве.

5. Развитие новых источников энергии и методов: Исследования в области фемтосекундных лазеров для холодной абляции, использования пучков ионов и кластеров для атомарно-точного удаления материала, а также развитие «зеленых» ЭХО-процессов с биоразлагаемыми электролитами.

6. Расширение номенклатуры материалов: Адаптация АТ для работы с новыми классами материалов: многокомпонентные сплавы (высокоэнтропийные), металл-матричные композиты, функционально-градиентные материалы.

Заклучение

Нетрадиционные технологические процессы перестали быть альтернативой, став основным драйвером инноваций в современном машиностроении. Они снимают фундаментальные ограничения, накладываемые физико-механическими свойствами материалов, открывая путь к проектированию и производству изделий, которые ранее были невозможны.

Современные подходы характеризуются высокой точностью, гибкостью и цифровой интеграцией. Перспективы же лежат в области конвергенции технологий (гибридизации), их глубокой интеллектуализации и экологизации. Дальнейшее развитие НТП будет определять конкурентоспособность машиностроительных предприятий и их способность создавать продукцию следующего поколения для глобального рынка.

Литература

1. Технология электрофизической и электрохимической обработки материалов / Я.М. Пановко, С.М. Гуревич. – М.: Машиностроение, 2018. – 432 с.
2. Аддитивные технологии в машиностроении / Ю.В. Глазков. – СПб.: Профессия, 2020. – 368 с.
3. Advanced Machining Processes / V.K. Jain. – New Delhi: Allied Publishers Pvt. Ltd., 2019. – 784 p.
4. Обзор рынка лазерных технологий // F&S. Технологии в машиностроении. – 2023. – № 4. – С. 12–18.
5. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker. – 2nd ed. – Cham: Springer, 2021. – 676 p.

РАВАНДӢОИ ҒАЙРИАНЪАНАВИИ ТЕХНОЛОГӢ ДАР МОШИНСОЗӢ: РАВИШӢО ВА ДУРНАМОИ МУОСИР

М. Идизода

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола эволютсия ва ҳолати муосири усулҳои ғайрианъанавии (альтернативии) коркарди мавод дар мошинсозӣ баррасӣ карда мешавад. Гурӯҳҳои асосии технологӣ: равандҳои электрофизикӣ, электрохимиявӣ ва ғ. таҳлил карда мешаванд. Таваҷҷуҳи махсус ба манфиатҳои онҳо ҳангоми кор бо ҷузъҳои баландустувор, ба гармӣ тобовар ва конфигурацияҳои мураккаб дода мешавад. Тамоюлҳои ҳамгирой (технологияҳои гибридӣ) ва дурнамои рушд, ки бо рақамисозӣ, зеҳни сунӣ ва истифодаи манбаъҳои нави энергия алоқаманданд, тавсиф карда шудаанд. Дар бораи нақши тағйирёбандаи ин равандҳо дар эҷоди мавод ва маҳсулоти насли нав ҳулоса бароварда мешавад.

Калидвожаҳо: мошинсозӣ, технологияҳои ғайрианъанавӣ, истеҳсоли иловагӣ, коркарди электрохимиявӣ, коркарди ултрасадо, буриши гидроабразивӣ.

NON-TRADITIONAL TECHNOLOGICAL PROCESSES IN MECHANICAL ENGINEERING: MODERN APPROACHES AND PROSPECTS

M. Idizoda

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The article examines the evolution and current state of non-traditional (alternative) methods of material processing in mechanical engineering. The key technological groups are analyzed: electrophysical, electrochemical, radiation and additive processes. Special attention is paid to their advantages when working with high-strength, heat-resistant and complex configurations of parts. The

article describes integration trends (hybrid technologies) and development prospects related to digitalization, artificial intelligence, and the use of new energy sources. The article concludes that these processes play a transformative role in creating new generation materials and products.

Keywords: mechanical engineering, non-traditional technologies, additive manufacturing, electrochemical processing, ultrasonic processing, and waterjet cutting.

Сведения об авторе

Идизода Махмадризвон - к.т.н., доцент, кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С. Осими, г. Душанбе.

УДК.621.01

ПРОБЛЕМАҲОИ МУБРАМИ ИҚТИСОДИЁТ ВА ИДОРАКУНӢ ДАР СОҲАИ МОШИНСОЗӢ

М. Идизода, Б.С. Саидзода

(Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ)

Шарҳи мухтасар. ин мақола ба баррасии мушкилоти асосии хусусияти иқтисодӣ ва идоракунӣ дар корхонаҳои мошинсозӣ бахшида шудааст. Дар мақола нақши соҳаи мошинсозӣ дар иқтисодиёти кишвар ва рушди дигар соҳаҳои марбута нишон дода шудааст. Дар байни масъалаҳои мубрам ин коҳиши талабот ба маҳсулоти мошинсозии ватанӣ, кӯҳнашавии фондҳои асосӣ ва аз ин рӯ пастшавии маҳсулнокии меҳнат, таъмирталабии техника фарқкунанда аст. Инчунин, дар байни мушкилоти иқтисодӣ ин миқдори зиёди қарзҳои кредиторӣ, ғайриқарзӣ ва истифодабарӣ ва инноватсионӣ, норасоии маблағгузорӣ ишғол мекунад. Мушкилоти дар боло зикршударо ҳалли сармоягузорию иловагӣ ва зиёд намудани маблағгузорӣ ба соҳаи мошинсозӣ метавонад ҳал намояд.

Калидвожаҳо: корхонаҳои мошинсозӣ, мошинсозӣ, идоракунӣ, мушкилоти молиявӣ.

Муқаддима

Маҷмааи мошинсозӣ маҷмуи соҳаҳои саноатест, ки мошинҳо, таҷҳизот, дастгоҳҳо ва қушунҳои гуногунро истеҳсол мекунад. Мошинсозӣ соҳаи пешбари тамоми саноатҳо мебошад, ки соҳаҳои сохтмон, нақлиёт, кишоварзӣ ва энергетикаро таъмин менамояд. Маҳсулоти корхонаҳои мошинсозӣ дар татбиқи дастовардҳои пешрафти илмию техникии дар тамоми соҳаҳои ҳамаҷонибаи ҳалкунандаи дошта, ғайриқарзӣ ва рушди бемайлони онҳоро таъмин менамояд.

Вақтҳои охир дар соҳаи мошинсозӣ коҳиши истеҳсолот бо сабаби коҳиши талабот ба маҳсулот мушоҳида мешавад, ки метавонад вазъии мошинсозиро то барҳамдиҳии баъзе соҳаҳои иқтисодиёт бадтар намояд. Яке аз сабабҳои муҳим истифодабарии техника ва таҷҳизоти кӯҳна мебошад. Дар бисёр корхонаҳо техника ва таҷҳизоте мавҷуданд, ки муддати тӯлонӣ кор мекунад, кӯҳна шудаанд ва наметавонанд, ки ба ташкилот ғайриқарзӣ пурраи иқтисодӣ расонанд. Истифодабарии воситаҳои асосии фарсуда ба маҳсулнокии пасти меҳнат оварда мерасонад. Инчунин шумораи зиёди мошинҳо ва таҷҳизот коэффитсиенти пасти истифодабарӣ доранд. Чунин ҳолати воситаҳои асосӣ барои навсозӣ, иваз ва таъмир сармоягузорию назаррасро талаб менамояд. Дар мошинсозии муосир он чизе, ки ба таъмир тааллуқ дорад, бояд ҳатман рушд ва тақмили ҳатмии он талаб карда шавад, чунки умед ба навсозии глобалии техника ва коҳиши ҳаҷми таъмир, ҳанӯз ғайри имконнопазир аст [1].

Мушкилоти дигари нигоҳдории мошинҳо ва таҷҳизот ин набудани қисмҳои эҳтиётӣ мебошад, зеро техника аллакай кӯҳна шудааст ва истеҳсоли қисмҳои гуногун барои корхонаҳои истеҳсоли маъно надорад. Қисмҳои эҳтиётӣ мошинҳои кӯҳна ҳале меҳнатталаб, истеҳсолшавӣ душвор ва камсамар мебошанд.

Дар мавриди таъмир, мушкилоти марбут ба омили инсонӣ низ ҳеле зиёданд. Дар корхонаҳои муосир синни миёнаи коргароне, ки ба хидматрасонии техника машғуланд, ҳале калон аст. Таҳассуси онҳо ба кор бо намудҳои муосири таҷҳизот мувофиқат намекунад ва барои

бозомӯзӣ вақти кофӣ лозим аст. Ва тавре ки шумо медонед, ҳолати воситаҳои асосӣ аз касбият ва малакаи корманд, таъмиргар ва хидматрасони ӯ вобастагии калон дорад. Барои ҷалби мутахассисони ҷавон ва соҳибхтисос ба шумо маоши арзанда лозим аст, ки бинобар мушкilotи молиявӣ таъмин кардани корхона низ душвор аст. Инчунин, барои ҷалби коргарони ҷавон, шумо бояд бо муассисаҳои таҳсилоти олии техникӣ робита дошта бошед, имконият диҳед, ки дар ин корхона амал кунед, мутахассисони ҷавонро дар фаъолияти илмӣ худ дастгирӣ кунед.

Оқибати мушкilotи истифодаи воситаҳои асосӣ даромаднокии пасти ҳам дороиҳо ва ҳам дар маҷмуъ фаъолият мебошад. Ин масъала дар тӯли чанд соли охир ҳал нашудааст ва ба фаъолияти молиявӣ ташкилотҳо таъсири калон мерасонад. Ва мушкilot дар сатҳи корхонаҳо боиси таназзули ҳуди соҳаи мошинсозӣ мегардад.

Рақибӣ асосии маҳсулоти мошинсозӣ имрӯз маҳсулоти хориҷӣ мебошад. Дар ин ҷо боз давлат бояд нақши асосиро бозид, мавқеи мошинсозии ватаниро дар бозори дохилӣ мустаҳкам кунад. Масалан, давлат метавонад бо ҷи гумрукиро барои воридоти техникаи хориҷӣ баланд бардорад.

Мушкilotи рақибӣ хориҷӣ боиси баррасии сифати маҳсулоти истеҳсолшуда дар бозорҳо мегардад. Онро тавассути баланд бардоштани ихтисоси кормандон, гузаронидани тадқиқоти ғуноғуни илмӣ, навсозии таҷҳизот ва системаҳои идоракунии дохили истеҳсолӣ баланд бардоштан мумкин аст. Аммо барои ин ҳама боз маблағгузориӣ зиёд лозим аст.

Мушкilotи хеле муҳим, ки боиси ноқомии молиявӣ мегардад, мушкilotи қарзи кредиторӣ мебошад. Тибқи маълумоти оморӣ, соҳаи мошинсозӣ дорои миқдори зиёди қарзҳои кредиторӣ мебошад, ки ба бад шудани пардохтпазирӣ оварда мерасонад ва сармоягузoronро аз худ дур мекунад. Яке аз сабабҳои пардохт накардани маблағҳои ҳуди корхона мебошад. Дар корхона бояд системаи идоракунии қарзҳои дебиторӣ ва кредиторӣ таъсис дода шавад. Масалан, он метавонад нақшаи кам кардани қарзи дебиторӣ тавассути табдил додани системаи ҳисоббаробаркунӣ бо харидорон ва мизочон бошад [1, 2].

Ғайр аз мушкilotи дар боло номбаршудаи мошинсозӣ, шояд чунин камбудҳои глобалӣ вучуд надошта бошанд, аммо камбудҳои муҳим низ мавҷуданд. Ин бесамарии системаи идоракунии ташкилот аст. Дар бисёр корхонаҳои калон системаи менеҷмент суст рушд кардааст. Баъзан муносибатҳои барқароршуда дар дохили ташкилот, ба низом даровардани робитаҳо ва муносибатҳои байни кормандон, роҳбари босавод дар рушд ва шукуфоии корхона нақши хеле муҳим доранд.

Фаъолияти пасти инноватсионӣ барои рушди соҳа монеа эҷод мекунад. Барои таъмини афзоиши талабот ва сифати маҳсулот, шумо бояд вақт аз вақт ба соҳа навсозӣ кунед. Чунин навсозӣҳо ба рақобатпазирӣ маҳсулот, самаранокии иқтисодӣ, амнияти экологӣ, хароҷоти оптималии захираҳо ва энергия мусоидат мекунанд. Рушди соҳаи инноватсионӣ ба баланд бардоштани рақобатпазирӣ маҳсулот дар бозорҳои дохилӣ ва хориҷӣ мусоидат хоҳад кард. Ин мушкilot боз ҳам бо маблағгузориӣ кам ва набудани мутахассисони хуб ва эҷодӣ алоқаманд аст.

Дар корхонаҳои муосир инчунин мушкilotи автоматикунӣ истеҳсолот ва равандҳои дохили корхона вучуд дорад. Яке аз мушкilotи муҳими технологияҳои иттилоотӣ нофаҳмии роҳбарон дар бораи зарурати ҷорӣ кардани система дар корхонаи худ ба ҳисоб меравад. Бисёре аз онҳо боварӣ доранд, ки ин пулро сарфа намекунад. Бале, ихтилофҳо зиёданд. Татбиқи система вақт ва пулро сарфа мекунад, аммо боиси коҳиши кормандон мегардад. Ман фикр мекунам, ки автоматикунӣ дар корхонаи муосир ҳадди аққал пеш аз ҳама барои осон кардани интиқоли иттилоот зарур аст. Масалан, ҷорӣ намудани гардиши ҳуҷҷатҳои электронӣ вақти кормандонро сарфа мекунад.

Имрӯз дар мамлақати мо соҳаи мошинсозӣ мушкilotи ҷиддӣ зиёде дорад. Ҳалли асосӣ ва самарабахши онҳо маблағгузориӣ хуб ва ғойдаовар мебошад. Танҳо ҷалби сармоягузорӣ ба ҳалли бисёре аз мушкilotи дар боло зикршудаи воситаҳои асосӣ, пур кардани воситаҳои ҷорӣ, ҷалби кормандони соҳибхтисос ва ҷавон, фаъолияти инноватсионӣ ва баъзе мушкilotи дохили ширкат, ба монанди системаи идоракунии ва татбиқи АСУ кумак хоҳад кард.

Нақши асосӣ дар ҳалли мушкilotи муҳандисӣ, ба андешаи мо, бояд давлате бошад, ки бояд аз буча барои нигоҳдорӣ ва рушди ин соҳа барои пешбурди он ба бозорҳои ҷаҳонӣ маблағ

чудо кунад. Инчунин дар салоҳияти давлат паст кардани меъерҳои ғоизӣ оид ба қарздиҳии корхонаҳои мошинсозӣ, ҷорӣ намудани имтиёзҳои андозӣ.

Инчунин дар ҷумҳурии иттифоқи мошинсозонро бояд ташкил кард, ки он низ бояд соҳаи мошинсозиро ғаболона дастгирӣ кунад, манфиатҳои корхонаҳоро ҳам дар доҳили кишвар ва ҳам дар сатҳи байналмилалӣ ҳимоя кунад. Қаноатмандии пурраи талаботи доҳилиро тавассути баланд бардоштани сифати маҳсулот ба даст овардан мумкин аст, ки боиси афзоиши рақобатпазирӣ мегардад.

Хулоса

Барои рушди устувори соҳаи мошинсозӣ ва ҳалли ин мушкилот зарур аст, ки дар якҷоягӣ давлат, корхонаҳо ва ҷомеаи илмӣ талош намоянд. Проблемаҳои мубрами рӯз дар соҳаи мошинсозӣ ин проблемаҳои иқтисодӣ ва идоракунии мебошанд, ки боиси паст шудани истеҳсолот, кам будани рақобатпазирӣ, вобастагӣ ба импорт ва суст рушд ёфтани соҳа мегарданд. Барои ҳали проблемаҳои дар боло зикр гардида роҳҳои ҳали зерин заруранд:

- Сармоягузориҳои технологияҳои нав ва модернизатсия.
- Таъсиси шарикӣ бо ширкатҳои хориҷӣ барои омӯзиши технология.
- Таъмини дастгирии давлатӣ (андоз, кредит, инфраструктура).
- Таҳкими таълими касбӣ ва ҷалби мутахассисон.
- Ташаққули занҷири истеҳсолии миллий барои кам кардани вобастагӣ ба импорт.

Адабиёт

1. Пелих А.С, М.М. Баранникова Экономика машиностроения/ Серия «Высшее образование». -Ростов н/Д: «Феникс»,2004. - 416с.
2. Сергеев И.В. Экономика предприятия: Учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 304 с.
3. Тиллоева, П. Р. К вопросу оценки факторов, влияющих на экономическую безопасность Таджикистана / П. Р. Тиллоева, З. С. Раджабова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 2(46). – С. 64-67. – EDN QCILSN.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

М. Идизода, Б.С. Саидзода

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Данная статья посвящена обзору основных проблем экономического и управленческого характера на машиностроительных предприятиях. В статье указывается роль отрасли машиностроения в экономике страны и развитии других смежных отраслей. Среди основных актуальных проблем выделяются снижение спроса на отечественную машиностроительную продукцию, устаревание основных фондов, а следовательно снижение производительности, ремонтпригодность техники. Также среди экономических проблем – большая величина кредиторской задолженности, низкая инвестиционная и инновационная активность, недостаток финансирования. Решением выше указанных проблем может послужить привлечение дополнительных инвестиций и увеличение финансирования отрасли машиностроения.

Ключевые слова: машиностроение, машиностроительные, предприятия, управление, экономика

ACTUAL PROBLEMS OF ECONOMY AND MANAGEMENT IN MECHANICAL ENGINEERING

M. Idizoda B.S. Saidzoda

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article is devoted to the review of the main problems of economic and administrative character at machine-building enterprises. In article the role of branch of mechanical engineering is specified in national economy and development of other allied industries. Decrease in demand for domestic machine-building production, obsolescence of fixed assets is distinguished from the main actual problems, and consequently decline in production, maintainability of equipment. Also, among economic problems – the big size of accounts payable, low investment and innovative activity, a lack of financing. As the decision above the specified problems attraction of additional investments and increase in financing of branch of mechanical engineering can serve.

Keywords: mechanical engineering, machine-building, enterprises, management, economy.

Маълумот дар бораи муаллифон

Идизода Маҳмадризонов - н.и.т., дотсенти кафедраи ТМД ва АМ-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Саидзода Баҳриддин Саид - н.и.т., и.в. дотсенти кафедраи ТМД ва АМ-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

УДК 631.331

РАЗРАБОТКА КОМПОНОВКИ ПОСЕВНОГО КОМПЛЕКСА С ЛАПОВЫМИ СОШНИКАМИ

¹М.А.Терёхин, ²Ю.В. Полывяный, ²А.В. Яшин

(¹«Радиозавод», г. Пенза, Россия, ² Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, Россия)

Аннотация. В статье представлены результаты анализа компоновочных схем современных посевных комплексов, оснащенных лаповыми сошниками, а именно рассмотрены конструктивные особенности пяти моделей отечественного производства. На основании проведенного анализа предложена компоновка посевного комплекса, в которой лаповые сошники расположены в три ряда с увеличенным расстоянием между рядами, трехрядная пружинная борона установлена с переменными углами атаки, а планчатый каток выполнен с наклонными планками и оснащен механизмом догрузки для работы в пассивном уплотняющем режиме. Разработанная схема позволяет упростить конструкцию, снизить металлоемкость и повысить качество посева.

Ключевые слова: культиватор комбинированный, комплекс посевной, сошник лаповый, компоновка, борона пружинная, каток планчатый, качество посева.

Введение.

Высевающие агрегаты современных посевных комплексов с лаповыми сошниками по своей компоновочной схеме унаследовали конструктивные решения от предпосевных и стерневых комбинированных культиваторов [1]. Это обусловлено общей технологической задачей – создание оптимального семенного ложа с одновременным рыхлением, выравниванием и последующим обратным уплотнением почвы. Анализ модельного ряда таких машин, таких как Feat Agro Л [2], Salford 580 [3], SC «Клевер» [4], «Кузбасс» [5] и Agrator [6], позволяет выделить две основные компоновочные схемы.

Первая схема, реализованная в посевных комплексах Feat Agro Л (рис. 1, а), Salford 580 (рис. 1, б) и SC «Клевер» (рис. 1, в), характеризуется расположением лаповых сошников 3 в пять и более рядов на раме 1. Рама 1 в свою очередь располагается на опорных колесах 2, установленных в два ряда. За сошниками 3 последовательно установлена трехрядная пружинная борона 4 и трубчатый или планчатый каток 5, иногда применяемый в tandemном исполнении для повышения интенсивности воздействия на почву.

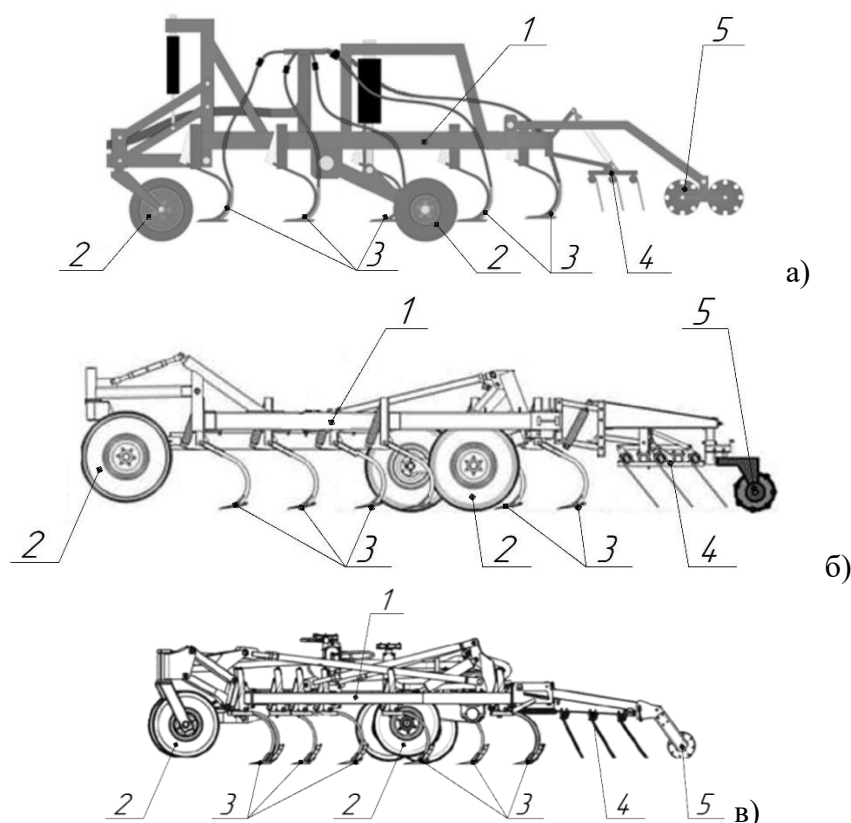


Рисунок 1. Схемы компоновок посевных комплексов Feat Agro Л (а), Salford 580 (б) и «Клевер» SC (в): 1 – рама; 2 – колесо опорное; 3 – сошник лаповый; 4 – борона пружинная; 5 – каток

Лаповые сошники осуществляют подпочвенно-разбросной или ленточный посев, одновременно выполняя предпосевное рыхление почвы на заданную глубину. Большое количество рядов сошников обусловлено стремлением обеспечить равномерное распределение почвенных фракций после их прохода и минимизировать гребнистость, неизбежно возникающую при работе каждого впередиидущего сошника. Кроме этого, такое расположение лаповых сошников снижает вероятность их забивания пожнивными остатками. Пружинная борона, расположенная следом за сошниками, выполняет функцию выравнивающего рабочего органа, т.к. она эффективно разрушает почвенные гребни, дополнительно измельчает комья и вычесывает растительные остатки, подготавливая однородную поверхность для последующего прикатывания. Каток завершает рабочий процесс высеваящего агрегата, осуществляя прикатку посевов за счет уплотнения верхнего слоя почвы, создавая при этом капиллярную связь с влагой нижележащих почвенных горизонтов, а также обеспечивает выравнивание микрорельефа поверхности поля.

Вторая схема, применяемая в посевных комплексах «Кузбасс» (рис. 2, а) и Agrator (рис. 2, б), отличается расположением лаповых сошников 3 в три ряда на раме 1, наличием только передних опорных колес 2, а роль задних опорных колес при этом выполняет батарея прикатывающих колес 5. Аналогично первой схеме, за сошниками 3 установлена трехрядная пружинная борона 4, однако вместо катка в задней части агрегата смонтирована батарея прикатывающих пневматических колес 5, которая, в отличие от цельнометаллического катка, обеспечивает более гибкое и щадящее уплотнение почвы по ширине захвата агрегата, эффективно копируя поперечный рельеф поля. Это способствует формированию оптимальной по степени уплотнения структуры почвы и улучшению контакта семян с влагой. Расположение сошников 3 в три ряда в данной компоновке обеспечивает исключение забивания пожнивными остатками за счет значительно большего расстояния как между рядами сошников, так и между сошниками в ряду за счет применения более широких стрелчатых лап.

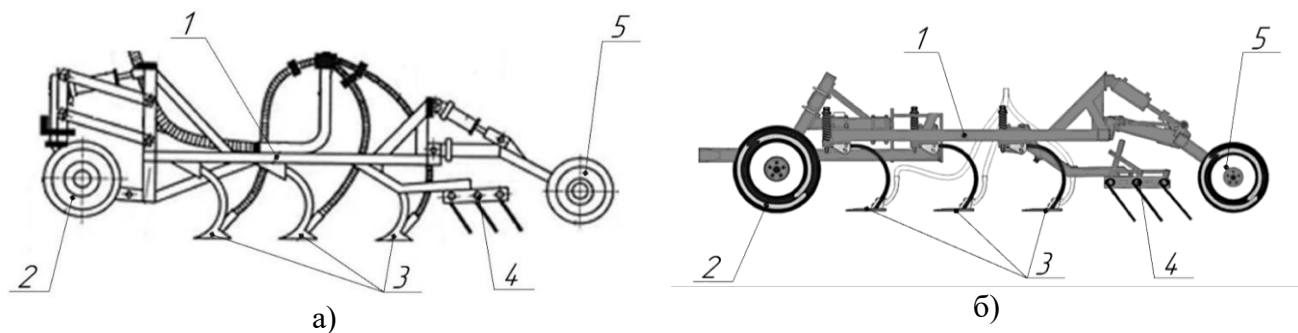


Рисунок 2. Схемы компоновок посевных комплексов Кузбасс (а) и Agrator (б): 1 – рама; 2 – колесо опорное; 3 – сошник лаповый; 4 – борона пружинная; 5 – батарея прикатывающих колес

С целью повышения интенсивности обработки почвы в конструкции культиваторов серии К производства «Ростсельмаш» применяется шлейф, также состоящий из трехрядной пружинной бороны и планчатого катка. Конструктивной особенностью данного культиватора является установка рядов борон под разными углами атаки: первый ряд – под углом 20° , второй – 25° , третий – 30° . Такое решение позволяет исключить необходимость индивидуальной регулировки положения пружинных борон и обеспечивает прогрессивное, более интенсивное рыхление и перемешивание почвы по ходу движения агрегата.

Планчатый каток культиватора серии К также обладает конструктивной особенностью, повышающей его универсальность и эффективность. Наклонное расположение планок позволяет использовать его в двух режимах – активном (рыхлящем, рис. 3, а) и пассивном (уплотняющем, рис. 3, б). Путем перестановки катка на 180° относительно направления движения, в зависимости от ориентации наклона планок, изменяется его воздействие на почву. В активном режиме планки входят в почву под острым углом, каток при этом производит дополнительное рыхление, что оптимально, например, для предпосевной обработки под пропашные культуры. В пассивном режиме каток работает тыльной стороной планок, обеспечивая качественное уплотнение и выравнивание, приближаясь по эффективности к тандемному катку или батарее прикатывающих колес, что важно при подготовке почвы под посев зерновых.

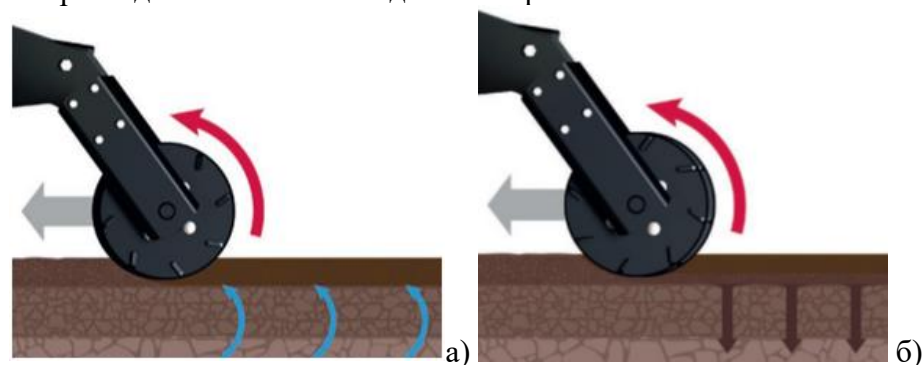


Рисунок 3. Схема работы планчатого катка с наклонными планками культиваторов серии К производства Ростсельмаш в активном (а) и пассивном (б) режимах

На основании проведенного анализа нами предложена компоновка посевного комплекса с лаповыми сошниками. Она состоит из рамы 1 (рис. 4), на которой установлены лаповые сошники 2 и кронштейн 4, на котором в свою очередь размещаются трехрядная пружинная борона 5, рычаг 6 с механизмом догрузки 7 и планчатый каток 8. На наш взгляд с целью упрощения конструкции рамы 1 агрегата, снижения металлоемкости и уменьшения количества точек крепления сошников целесообразнее располагать лаповые сошники 2 в три ряда, но с увеличенным расстоянием между рядами. Это позволит сохранить равномерность обработки по ширине захвата, минимизируя при этом взаимное влияние соседних сошников и снижая общее тяговое сопротивление. В качестве заделывающих органов целесообразно применять трехрядную пружинную борону 5 как у большинства аналогичных машин, а в качестве

прикатывающих рабочих органов – планчатый каток 8. Для интенсификации обработки почвы после прохода лаповых сошников 2 предлагается трехрядная пружинная борона 5, ряды которой установлены под разными углами атаки. Это обеспечивает высокоэффективное выравнивание гребнистости, оставленной сошниками, дополнительное рыхление поверхностного слоя и измельчение почвенных комков. Планчатый каток 8 в предлагаемой компоновке выполняется с наклонными планками и устанавливается в пассивный режим, ориентированный на уплотнение почвы. Для компенсации потенциально недостаточного давления собственной массы катка 8 и для обеспечения стабильного уплотнения почвы по всей ширине захвата, в конструкцию вводится пружинный механизм 7 догрузки катка. Данный механизм обеспечивает перенос части массы рамы 1 посевного агрегата на каток 8, что позволяет регулировать удельное давление на почву в широких пределах и адаптировать агрегат к различным почвенным условиям [7].

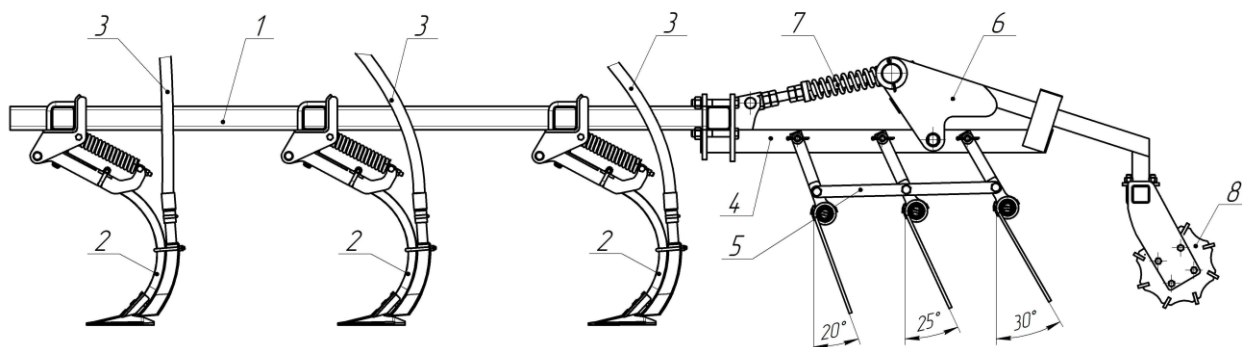


Рисунок 4. Предлагаемая компоновка посевного комплекса с лаповыми сошниками:

1 – рама; 2 – сошник лаповый; 3 – семяпровод; 4 – кронштейн; 5 – борона пружинная трехрядная; 6 – рычаг планчатого катка; 7 – механизм догрузки планчатого катка; 8 – каток планчатый с наклонными планками

Технологический процесс работы предлагаемого посевного агрегата осуществляется следующим образом. При движении лаповые сошники 2, заглубляясь в почву, производят ее рыхление и формируют посевные борозды, в которые через семяпроводы 3 укладываются семена. Далее трехрядная пружинная борона 5 выравнивает почвенные гребни, образованные сошниками, равномерно укрывая семена почвой, интенсивно измельчает комья и вычесывает сорняки, создавая однородный и выровненный микрорельеф. Завершающую операцию выполняет планчатый каток 8 с наклонными планками, который, работая в пассивном режиме, уплотняет верхний слой почвы, обеспечивает надежный контакт семян с влагой.

Заключение

Предлагаемая компоновка посевного комплекса с лаповыми сошниками, на наш взгляд, является технически обоснованной и эффективной, так как включает в себя технические решения ведущих производителей посевной и почвообрабатывающей техники. Трехрядная установка сошников с увеличенным шагом, применение трехрядной пружинной бороны с разными углами атаки боронок в рядах и использование догружаемого планчатого катка с наклонными планками в пассивном режиме позволяют достичь высоких агротехнических показателей при одновременном упрощении конструкции и снижении ее металлоемкости. Предложенная компоновка может быть рекомендована для реализации в новых моделях отечественных посевных комплексов.

Литература

1. Обзор современных комбинированных культиваторов / Ю.В. Полывяный, М.А. Терехин, П.Н. Хорев, А.В. Яшин // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: Сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 30–31 мая 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 192-198. – EDN CQJGRR.

2. Посевные комплексы Feat Agro. Руководство по эксплуатации ПК Feat Agro РЭ. ООО «Агроцентр», г. Барнаул. – 211 с.
3. Посевная техника Salford. Проспект фирмы / Salford - Omsk, Russia; Iowa, USA; Ontario, Canada, 2014. - 28 с. [электронный ресурс]. Режим доступа:
4. Посевной комплекс SC-10200. Руководство по эксплуатации СК-102.00.000 РЭ. АО «Клевер», г. Ростов-на-Дону. – 64 с.
5. Посевной комплекс «Кузбасс» ПК-6,1; ПК-8,5; ПК-9,7; ПК-12,2. Руководство по эксплуатации. ООО «Агро», г. Кемерово, 2024. – 202 с.
6. Нуруллин, Э. Г. Энергосберегающие посевные комплексы «Агромастер» / Э. Г. Нуруллин, И. З. Исламов, И. М. Салахов // Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. – 2010. – Т. 2. – С. 151-156. – EDN PAAVQH.
7. Терехин, М. А. Анализ конструкций катков почвообрабатывающих машин / М. А. Терехин, А. В. Яшин, П. Н. Хорев // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: Сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 30–31 мая 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 263-267. – EDN RCUTJP.

ТАРАҚЌИӢТИ СИСТЕМАИ КИШТКАШОН БО МАШИНАҲОИ ҲАМВОР

¹М.А Терехин, ²Ю.В. Поливяни, ²А.В. Яшин

(¹ Радиозавод, Пенза, Русия, ²Донишгоҳи давлатии аграрии Пенза, Пенза, Россия)

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола натиҷаҳои таҳлили тарҳҳои системаҳои муосири тухмипарварӣ, ки бо найчаҳо мучаҳҳаз шудаанд, ба таври мушаххас хусусиятҳои конструктории панҷ модели истеҳсоли ватаниро баррасӣ мекунам. Дар асоси ин таҳлил схемаи системаи тухмипошак пешниҳод карда мешавад, ки дар он чоркунакҳо дар се қатор бо фосилаи байни қаторҳо зиёд ҷойгир карда шудаанд, як тири пружинаи секатор бо кунҷҳои ҳучуми тағйирёбанда ва галтаки сутундор бо тахтачаҳои моил ва механизми боркуни барои амалиёти пасивии фишурдашуда гузошта шудааст. Лоихаи тартибдодашуда имкон медиҳад, ки сохт-мон содда карда, сарфи металл кам ва сифати тухмӣ беҳтар карда шавад.

Калидвожаҳо: культиватори омехта, системаи тухмипошак, ҷўяккушо, конфигурация, хирмани пружинӣ, ғилдираки раҳдор, сифати тухмӣ.

DEVELOPMENT OF THE LAYOUT FOR A SEEDING COMPLEX WITH TINE OPENERS

¹M.A. Terekhin, ²Y.V. Polyvyany, ²A.V. Yashin

(¹ «Radiozavod», Penza, Russia, ² Penza State Agrarian University, Penza, Russia)

Annotation: The article presents the results of an analysis of the layout schemes of modern seeding complexes equipped with tine openers, specifically considering the design features of five domestic models. Based on the conducted analysis, a layout for a seeding complex is proposed, wherein the tine openers are arranged in three rows with increased spacing between the rows, the three-row spring tine harrow is set at varying attack angles, and the slatted roller is designed with inclined slats and equipped with a weight-transfer mechanism for operation in a passive compaction mode. The developed scheme allows for simplifying the design, reducing metal consumption, and improving seeding quality.

Keywords: combined cultivator, seeding complex, tine opener, layout, spring tine harrow, slatted roller, seeding quality.

Сведения об авторах

М.А. Терехин - к.т.н., ведущий инженер АО «Радиозавод», г. Пенза, Россия.

Ю.В. Поливяный - к.т.н., доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, Россия.

А.В. Яшин - к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Механизация технологических процессов в АПК», Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, Россия.

УДК.621.01

ТАҲЛИЛИ ДИНАМИКӢ ВА МУОДИЛАҲОИ ЛАГРАНЖ БАРОИ МЕХАНИЗМИ САӢӢРАВӢ-ШАТУНӢ БО МОМЕНТИ ИНЕРСИЯИ ТАӢӢИРӢБАНДА

¹У.П. Исоев, ²Ф.Б. Шарипов, ²М.Х. Саидов

(¹Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шоҳтемур, ²Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад М.С. Осимӣ)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола муодилаҳои ҳаракати механизми планетарӣ-шатунӣ барои даврзанонидани дастгоҳи тозакунии комбайни ғалладаравӣ баррасӣ гардидаанд. Конструксияи механизм аз кривошип, кулиса, ползун, механизми сайёравӣ, шатун ва фишанги дупахлӯ иборат буда, бо истифода аз водилаи телескопии таркибӣ кори худро амалӣ менамояд.

Дар асоси муодилаи дуҷуми Лагранж системаи муодилаҳои дифференсиалии ғайрихаттӣ бо коэффитсиентҳои тағйирёбанда ҳосил карда шудааст. Моменти инерсияи овардашуда ва энергияи кинетикии механизм муайян гардида, таҳлили динамикии он гузаронида шудааст. Барои ҳалли адабии муодилаҳо усули Рунге–Кутта истифода бурда шудааст.

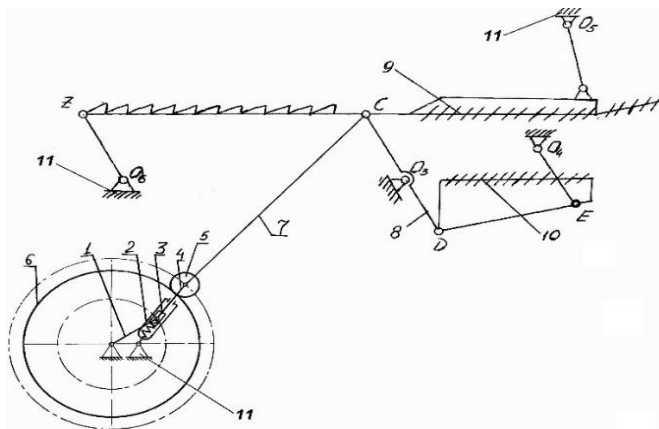
Калидвожаҳо: Кривошип, ползун, шатун, механизм, сайёравӣ, фишанг.

Муқаддима

Механизми планетарӣ-шатунӣ ба соҳаи мошинсозӣ тааллуқ дошта, метавонад дар мошинҳои кишоварзӣ (аз ҷумла дар комбайнҳои ғалладаравии ҳамаи навъҳо) истифода шавад. Механизми пешниҳодшудаи сайёравӣ гардонандаи дастгоҳи тозакунии аз унсурҳои зерин иборат аст: кривошип, ползун (лағжанда), кулиса, роҳнамо, сателлит, чархи офтобӣ (механизми планетарӣ), шатун, фишанги дупахлӯ (рычаги дуплеца), ғалбери калон, қисми поёнӣ ва сутун (поя) [1–2].

Дастгоҳ (расми 1) аз қисмҳои зерин иборат аст:

1 - кривошип; 2 - кулиса; 3 - ползун; 4 - роҳнамо; 5 - сателлит; 6 - чархи офтобӣ; 7 - шатун; 8 - фишанги дупахлӯ; 9 - грохот; 10 - ғалбери поёнӣ; 11 - сутун.



Расми 1. Механизм дорои водилаи таркибӣ.

Афзалият: Ҳаракатдиҳандаи механизми сайёравӣ тозакунии имкон медиҳад, ки суръатҳои тағйирёбанда, тезонидани суратҳои гуногун таносуби интиқол ва қувваҳои инерсионӣ мутобиқи талаботи раванди технологӣ ба даст оварда шаванд. Дарозии қисмати корӣ нисбат ба ҳаракати ғайрикорӣ ҳангоми тозакунии массаи ғалладона бештар мебошад. Дар механизми пешниҳодшуда суръатҳои тағйирёбанда тавассути водилаи таркибии телескопӣ ба таври худкор (даврий) танзим карда мешаванд [3–4].

Нишонагузорӣ: дарозии роҳнамои кулиса - l ; ρ - радиуси водила ($O_2BO = \rho$); кунчи гардиши водила - ψ ; кунчи гардиши звенаи пешбаранда - φ_1 ; радиуси звенаи пешбаранда $OA=R$, радиуси ғилдирак $PB = r$, дарозии звеноҳо $BC=l_1$, $CD=l_2$, $CG=l_3$, $DE=l_4$, ва $O_4E=l_5$ (расми 1).

Моменти инерсияи овардашуда бо ифодаҳои зерин муайян карда мешавад:

$$\begin{aligned}
 I_{\text{пр}} = & I_1 + m_2 \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_A^2 + \dot{y}_A^2}}{\omega_1} \right)^2 + I_2 \left(\frac{\omega_H}{\omega_1} \right)^2 + m_3 \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_{A_2}^2 + \dot{y}_{A_2}^2}}{\omega_1} \right)^2 + I_3 \left(\frac{\omega_H}{\omega_1} \right)^2 + m_4 \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_{A_1}^2 + \dot{y}_{A_1}^2}}{\omega_1} \right)^2 + \\
 & + I_4 \left(\frac{\omega_4}{\omega_1} \right)^2 + m_5 \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_B^2 + \dot{y}_B^2}}{\omega_1} \right)^2 + I_5 \left(\frac{\omega_C}{\omega_1} \right)^2 + m_7 \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_{B_1}^2 + \dot{y}_{B_1}^2}}{\omega_1} \right)^2 + I_7 \left(\frac{\omega_7}{\omega_1} \right)^2 + m_8 \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_{C_1}^2 + \dot{y}_{C_1}^2}}{\omega_1} \right)^2 + \\
 & + I_9 \left(\frac{\omega_9}{\omega_1} \right)^2 + m_9 \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_{E_1}^2 + \dot{y}_{E_1}^2}}{\omega_1} \right)^2 + I_{10} \left(\frac{\omega_{10}}{\omega_1} \right)^2 + m_{10} \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_{D_1}^2 + \dot{y}_{D_1}^2}}{\omega_1} \right)^2 + I_{11} \left(\frac{\omega_{11}}{\omega_1} \right)^2 + \\
 & + m_{11} \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_{G_1}^2 + \dot{y}_{G_1}^2}}{\omega_1} \right)^2 + I_{12} \left(\frac{\omega_{12}}{\omega_1} \right)^2 + m_{12} \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_Z^2 + \dot{y}_Z^2}}{\omega_1} \right)^2 + I_{13} \left(\frac{\omega_{13}}{\omega_1} \right)^2 + m_{12} \left(\frac{\sqrt{\dot{x}_{C_{13}}^2 + \dot{y}_{C_{13}}^2}}{\omega_1} \right)^2 \quad (1)
 \end{aligned}$$

Қиматҳои ҳосилаҳои ёфташударо иваз намуда, ҳосил мекунем [5–6].

$$\begin{aligned}
 J_{\text{пр}} = & J_1 + (m_2[(\omega_H(\rho-l))^2 + \dot{\rho}^2] + J_2\omega_H^2 + J_3\omega_H^2 l^2 + m_4(\omega_H^2(\rho - \frac{l}{2})^2 + \dot{\rho}^2)^2 + J_4\omega_H^2 + \\
 & + m_5((\omega_H\rho)^2 + \dot{\rho}^2) + m_7(\dot{X}_B^2 + \dot{Y}_B^2) + J_5((\omega_H\rho)^2 + \dot{\rho}^2)r^{-2} + J_7\omega_7 + m_8(\dot{X}_C^2 + \dot{Y}_C^2) + \\
 & + m_9(\dot{X}_E^2 + \dot{Y}_E^2) + J_9\omega_9^2 + m_{10}(\dot{X}_D^2 + \dot{Y}_D^2) + J_{10}\omega_{10}^2 + m_{11}(\dot{X}_G^2 + \dot{Y}_G^2) + J_{11}\omega_{11}^2 + m_{12}(\dot{X}_G^2 + \dot{Y}_G^2) + \\
 & + J_{12}\omega_{12}^2 + m_{13}(\dot{X}_C^2 + \dot{Y}_C^2) + J_{13}\omega_{13}^2)\omega_1^{-2}, \quad (2)
 \end{aligned}$$

Энергияи кинетикии ҳаракатоварандаи механизми тозақунӣ бо водилаи кулисадор баробар аст;

$$\begin{aligned}
 T = & 0,5(J_1\omega_1^2 + (m_2[(\omega_H(\rho-l))^2 + \dot{\rho}^2] + J_2\omega_H^2 + J_3\omega_H^2 l^2 + m_4(\omega_H^2(\rho - \frac{l}{2})^2 + \dot{\rho}^2)^2 + \\
 & + J_4\omega_H^2 + m_5((\omega_H\rho)^2 + \dot{\rho}^2) + m_7(\dot{X}_B^2 + \dot{Y}_B^2) + J_5((\omega_H\rho)^2 + \dot{\rho}^2)r^{-2} + J_7\omega_7 + m_8(\dot{X}_C^2 + \dot{Y}_C^2) + \\
 & + m_9(\dot{X}_E^2 + \dot{Y}_E^2) + J_9\omega_9^2 + m_{10}(\dot{X}_D^2 + \dot{Y}_D^2) + J_{10}\omega_{10}^2 + m_{11}(\dot{X}_G^2 + \dot{Y}_G^2) + J_{11}\omega_{11}^2 + m_{12}(\dot{X}_G^2 + \dot{Y}_G^2) + \\
 & + J_{12}\omega_{12}^2 + m_{13}(\dot{X}_C^2 + \dot{Y}_C^2) + J_{13}\omega_{13}^2), \quad (3)
 \end{aligned}$$

Муоина ва таҳлил намудани механизми пешниҳодшудаи ҳаракатоварандаи динамикии тозақунии комбайн, бо моменти инерсияи тағйирёбандаи водилаи кулиса дида мебароем.

Механизми ҳаракатоварандаи сайёраи тозақуниро метавон ҳамчун механизме баррасӣ кард, ки моменти инерсияи тағйирёбанда $J = J(\varphi)$, яъне φ - кунчи гардиши звенои баранда (навард) мебошад.

Муодилаҳои ҳаракати ҷунин ҳаракатоваранда бо координатаи умумӣ φ ва ρ дар асоси муодилаи Лагранж навъи дуюм ҷунин шакл доранд: [7-9]

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = Q_{\varphi_1}, \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\rho}} - \frac{\partial T}{\partial \rho} = Q_{\rho}, \quad (5)$$

дар ин чо: T - энергияи кинетикӣ; $\dot{\varphi}_1$ - басомади гардиши наварди пешбаранда; $\dot{\rho}$ - суръати нисбӣ; Q_φ , Q_ρ - қувваи умумӣ.

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = J\dot{\varphi}_1, \quad \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = \frac{\partial J(\varphi_1)}{\partial \varphi_1} \frac{\dot{\varphi}_1^2}{2}$$

$$\frac{\partial T}{\partial \rho} = \left(m_2(\rho - l) + m_4(\rho - e/2) + m_5\rho + \frac{J_5}{r^2}\rho \right)$$

акнун

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} = J(\varphi_1)\ddot{\varphi}_1 + \frac{\partial J(\varphi_1)}{\partial \varphi_1} \dot{\varphi}_1^2$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\rho}} = (m_2 + m_4 + m_5 + J_5 r^{-2})\ddot{\rho} + (m_2(\rho - l) + m_4(\rho - e/2) + m_5\rho + J_5 r^{-2}\rho), \quad (6)$$

Қувваи умумӣ

$$Q_\varphi = Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4, \quad (7)$$

$$Q_\rho = Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4, \quad (8)$$

дар инчо: Q_1 – қувваи звенои баранда; Q_2 – қувваи муқовимати муфид;

Q_3 – қувваи муқовимати зарарнок; Q_4 – қувваи инерсия ва вазнинӣ.

$$Q_\varphi = M_1 - A\dot{\varphi}_1^2 M_{\text{тр}} - B\dot{\varphi}_1^2 + \kappa M_g, \quad (9)$$

барои

$$Q_\rho = F_1 - A\ddot{\rho} - F_{\text{тр}} - B\kappa\dot{\varphi}_1^2 + \kappa_2 M_g, \quad (10)$$

дар инчо: F_1 – қувваи интиқоли тасмавӣ;

$A\ddot{\rho}$ – қувваи инерсия; $F_{\text{тр}}$ – қувваи соиш;

$B\kappa\dot{\varphi}_1^2$ – қувваи инерсия; $\kappa_2 M_d$ – қувваи вазнинӣ;

Муодилаҳои ҳаракати механизми пешниҳодшуда бо қулисаи даврзананда чунон навишта мешаванд:

$$J_{\text{пр}(\varphi_1)}\ddot{\varphi}_1 + \frac{\partial T_{\text{пр}(\varphi_1)}}{\partial \varphi_1} \dot{\varphi}_1^2 = M_{nc} - M_{BP,C}, \quad (11)$$

ё, ки

$$\ddot{\varphi}_1^2 + a\dot{\varphi}_1^2 = bM_{nc} - cM_{BP,C}, \quad (12)$$

дар инчо коэффитсиентҳои тағйирёбанда ба ифодаҳои зерин баробар мешаванд:

$$a = \frac{\frac{\partial J_{\text{пр}(\varphi_1)}}{\partial \varphi_1}}{J_{\text{пр}(\varphi_1)}}, \quad b = \frac{1}{J_{\text{пр}(\varphi_1)}}, \quad c = \frac{1}{J_{\text{пр}(\varphi_1)}}$$

Барои муодилаи дуҷуми (12)

$$(m_2 + m_4 + m_5 + J_5 r^{-2})\ddot{\rho} - \left[(m(\rho - l) + m(\rho - l/2) + m_5\rho + \frac{J_5}{r^2}\rho)\ddot{\psi} \right] = -F_{\text{пр}} - F_{BP,C}, \quad (13)$$

Дар интиҳо:

$$\rho - \frac{(m_2 + m_4 + m_5 + J_5 r^{-2})\rho\dot{\psi}_n^2}{m_2 + m_4 + m_5 + J_5 r^{-2}} + \frac{(m_2 + 0,5m_2)\dot{\psi}_n^2 l}{m + m + m + J_1} = \frac{F_{nc}}{m_2 + m_4 + m_5 + J_5 r^{-2}} - \frac{F_{BP,C}}{m_2 + m_4 + m_5 + J_5 r^{-2}} \quad (14)$$

$$\ddot{\rho} - \dot{\psi}_n^2 \rho + a_1 \dot{\psi}_n^2 l = b_1 (F_{nc} - F_{BP,C}), \quad (15)$$

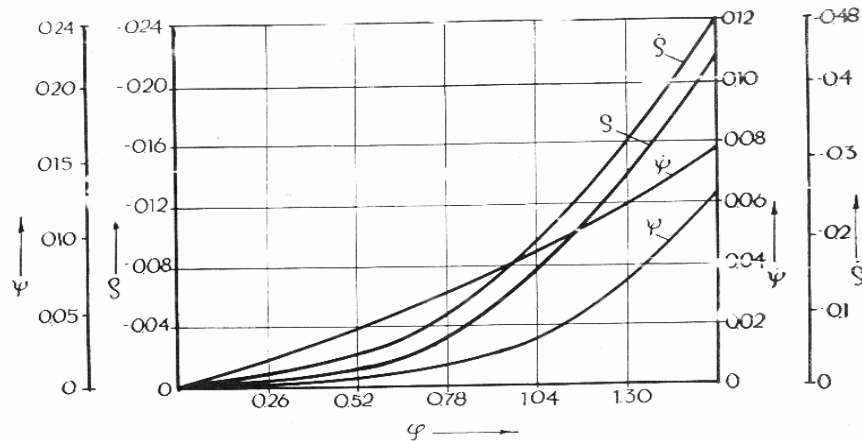
дар ин чо

$$a_1 = \frac{m_2 + 0,5m_4}{m_2 + m_4 + m_5 + J_5 r^{-2}}; \quad b_1 = \frac{1}{m_2 + m_4 + m_5 + J_5 r^{-2}}$$

Дар натиҷа, системаи муодилаҳои дифференсиалии ғайрихаттӣ бо коэффитсиентҳои умумӣ ба намуди зерин навишта мешавад.

$$\begin{aligned}\ddot{\varphi}_1 + a\dot{\varphi}_1^2 &= bM_{\text{пс}} - cM_{\text{вр.с}} \\ \ddot{\rho} + \dot{\psi}_n^2 + a_1\dot{\psi}_n^2 l &= b_1(F_{\text{пс}} - F_{\text{вр.с}}),\end{aligned}\quad (16)$$

Барои ҳалли системаи муодилаҳои дифференсиалӣ усули Рунге–Кутта истифода шуд (бо зербарномаи стандартӣ). Ҳалли ададии муодилаҳо бо истифода аз компютер ба даст оварда шуд. Дар асоси натиҷаҳои ҳисобҳо графикҳои вобастагии қиматҳои координатаҳои умумӣ аз кунҷи гардиши звенои пешбаранда - ψ_1 , кунҷи гардиши водилаи кулисадор - ψ , суръати кунҷии он - $\dot{\psi}_n$, радиуси водилаи кулисадор - ρ ва суръати ҳаттии ползун.



Расми 2. Графикҳои вобастагии қиматҳои ададии координатаҳои умумӣ ρ аз ψ кунҷи гардиши звенои пешбаранда.

Хулоса

Дар асоси муодилаҳои Лагранжи навъи дуюм муодилаҳои ҳаракат ҳосил гардида, системаи муодилаҳои дифференсиалии ғайрихаттӣ бо коэффисиентҳои тағйирёбанда ба даст оварда шуданд. Ҳамин тавр, истифодаи механизми сайёравӣ бо моменти инерсияи тағйирёбанда самаранокии кори дастгоҳи тозакунии комбайнро баланд бардошта, сифати тозакунии ғалладонаро беҳтар менамояд ва барои татбиқ дар мошинҳои кишоварзӣ тавсия дода мешавад.

Адабиёт

1. Н. И. Кленин, И.Ф. Попов, В. А. Сакун «сельскохозяйственные машины» М 1970 стр. 321-325
2. Усманходжаев Х.Х., Каримов К.А. и Тилоев С «эпициклический механизм» А.С.СССР 1033797 Б.И.29 стр. 49 8.08.1983
3. Исоев У. П. Хусусиятҳои ҳисоб ва ҳаракатоварии ҷиҳози буррандаи сегментно ангуштақдор тавассути механизмҳои сайёравии синусӣ /У. П. Исоев, С. З. Валиев, Ф. Б. Шарипов //Кишоварз. – 2024. – Vol. 103, No. 2. – Р. 161-164. – EDN AFMGPX.
4. Шарипов Ф. Б. Динамикаи механизми офтобӣ бо ҳаракатоварии таркибӣ барои ба ҳаракат овардани дастгоҳҳои бурранда /Ф. Б. Шарипов//Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. – 2025. – No. 2-1(132). – Р. 50-54. – EDN UTVICD.
5. Исоев У. П. Механизми сайёравии сезинагии синусӣ /У. П. Исоев, С.З. Валиев, Ф. Б. Шарипов //Кишоварз. – 2024. – Vol. 104, No. 3. – Р. 69-71. – EDN JJNWPR.
6. С.Тилоев и др. Планетарный механизм привода режущего аппарата мини - косилки. Малый патент РТ Тj – 226 Бюл.54, Душанбе, 22.05.09 г.
7. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике (под ред. проф. Яблонского С.А.) М.1985г.
8. С.Тилоев и др. Малые патенты РТ. планетарный механизм привода очистки комбайна ск-5 с составным (положительное решение) № 2438 27.10.09 Душанбе. 2009 г.
9. Султонов, Х. Н. повышение эффективности работы гусеничного движителя строительных машин /Х. Н. Султонов, Д. А. Шарифов, К. Д. Мухиддинзода // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2024. – № 2(6). – С. 4-8. – EDN CLQSAE.

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И УРАВНЕНИЯ ЛАГРАНЖА ДЛЯ ПЛАНЕТАРНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА С ПЕРЕМЕННЫМ МОМЕНТОМ ИНЕРЦИИ

¹У.П. Исоев, ²Ф.Б. Шарипов, ²М.Х. Саидов

(¹Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемура, ²ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье рассмотрены уравнения движения планетарно-шатунного механизма, предназначенного для привода очистительного устройства зерноуборочного комбайна. Конструкция механизма включает кривошип, кулису, ползун, планетарный механизм, шатун и двухплечий рычаг и функционирует с использованием составного телескопического водила. На основе уравнения Лагранжа второго рода получена система нелинейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами. Определены приведённый момент инерции и кинетическая энергия механизма, выполнен его динамический анализ. Для численного решения уравнений применён метод Рунге–Кутты.

Ключевые слова: кривошип, ползун, шатун, механизм, планетарный, рычаг.

DYNAMIC ANALYSIS AND LAGRANGE EQUATIONS FOR A PLANETARY-CONNECTING ROD MECHANISM WITH VARIABLE MOMENT OF INERTIA

¹U.P. Isoev, ²F.B. Sharipov, ²M. Kh. Saidov

(¹Tajik Agrarian University named after Sh. Shotemur, ²TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The article considers the equations of motion of a planetary-connecting rod mechanism designed to drive the cleaning unit of a grain harvester combine. The mechanism consists of a crank, slotted link, slider, planetary gear mechanism, connecting rod, and a double-arm lever, operating by means of a composite telescopic carrier. Based on Lagrange's equations of the second kind, a system of nonlinear differential equations with variable coefficients was derived. The reduced moment of inertia and the kinetic energy of the mechanism were determined, and its dynamic analysis was performed. The Runge–Kutta method was applied for the numerical solution of the equations.

Keywords: crank, slider, connecting rod, mechanism, planetary, lever.

Маълумот дар бораи муаллифон

Исоев Умар Пирназарович — н.и.т., дотсенти кафедраи «Механикаи назариявӣ ва графикаи муҳандисӣ»-и Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур, E-mail: isoev-1965@mail.ru

Шарипов Фарход Баротович — н.и.т., иҷрокунандаи вазифаи дотсенти кафедраи «Механикаи назариявӣ ва муқовимати мавод»-и ДТТ ба номи академик М. С. Осимӣ. E-mail: abdullo.1982@mail.ru

Саидов Мансур Ҳамроқулович - Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Душанбе, н.и.т., дотсенти кафедраи «Механикаи назариявӣ ва муқовимати мавод». Тел: (+992) 919032629.

УДК.621.01

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ: РУЧНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CAD/CAM-СИСТЕМ

М.А. Умаров, А.Р. Исмонов, Н.Ф. Ризозода

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье рассматриваются два основных метода подготовки управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ): ручное программирование на языке G-кодов и автоматизированное программирование с применением CAD/CAM-систем.

Проанализированы особенности, преимущества и недостатки каждого подхода, приведены примеры использования в различных типах производства. Представлено сравнительное описание методов и рекомендации по их применению в зависимости от сложности изготавливаемых деталей и масштаба производства

Ключевые слова: ЧПУ, G-код, M-код, CAD, CAM, управляющая программа, траектория инструмента, автоматизированное проектирование, постпроцессор, металлообработка.

Введение

В условиях стремительного развития промышленного производства и цифровых технологий особое значение приобретает совершенствование процессов механической обработки деталей [1]. Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) являются ключевым элементом современной металлообработки, обеспечивая высокую точность, производительность и повторяемость операций [2]. Эффективность их работы во многом определяется применяемыми методами программирования. На сегодняшний день используются как традиционное ручное программирование, требующее глубоких знаний технологических процессов и языков управления [3-4], так и современные CAD/CAM-системы, позволяющие автоматизировать создание управляющих программ на основе цифровых моделей изделий [4]. Сравнение данных подходов позволяет определить их преимущества, ограничения и области рационального применения в условиях современного производства.

Ручное программирование станков с ЧПУ

Ручное программирование представляет собой процесс составления управляющей программы непосредственно оператором или технологом в виде последовательности команд G- и M-кодов [5]. Программа вводится в систему управления станка (например, системы управления производства Fanuc, Siemens AG или Haas Automation) [6-7]. Данный метод требует глубокого понимания кинематики станка, режимов резания и принципов обработки материалов [8].

Структура управляющей программы

Типовая программа включает:

- Подготовительные функции (G-коды)
- Вспомогательные функции (M-коды)
- Координаты перемещения инструмента
- Подачу и частоту вращения шпинделя

Пример фрагмента программы:

G21 (Метрическая система)

G90 (Абсолютное программирование)

G00 X0 Y0

G01 X50 Y0 F200

G01 X50 Y50

G01 X0 Y50

G01 X0 Y0

M30

Преимущества ручного программирования

- Полный контроль над процессом обработки
- Возможность оперативной корректировки программы
- Независимость от дополнительного программного обеспечения
- Эффективность при обработке простых деталей

Недостатки

- Высокая трудоёмкость
- Повышенная вероятность ошибок
- Сложность расчёта траекторий для 3D-поверхностей
- Значительные временные затраты

Область применения

- Единичное производство
- Простые токарные и фрезерные операции
- Обучение операторов ЧПУ

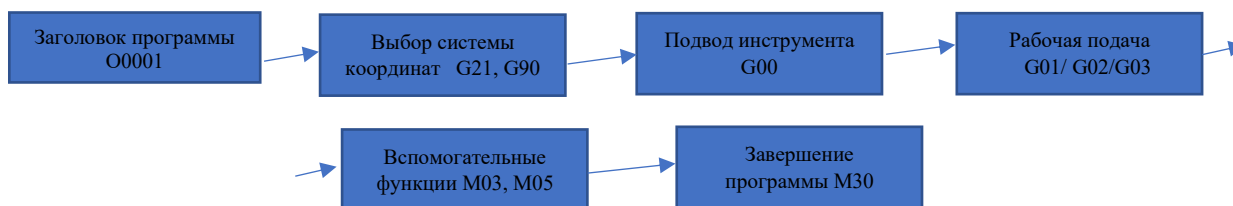


Рисунок 1. Пример структуры управляющей программы

Программирование станков с ЧПУ с использованием CAD/CAM-систем [9].

CAD/CAM-программирование основано на создании трёхмерной модели детали и автоматической генерации траектории инструмента [3-4].

Наиболее распространённые программные продукты [10-13]:

- SolidWorks
- Autodesk Fusion
- Mastercam
- PowerMill

Этапы подготовки программы

1. Создание 3D-модели детали
2. Выбор типа станка
3. Назначение инструмента
4. Настройка режимов обработки
5. Моделирование (симуляция)
6. Генерация управляющей программы через постпроцессор

Преимущества CAD/CAM

- Автоматическое построение сложных траекторий
- Возможность обработки 3D-поверхностей
- Визуальный контроль обработки
- Снижение количества производственных ошибок
- Высокая эффективность в серийном производстве

Недостатки

- Высокая стоимость лицензий
- Необходимость обучения персонала
- Требование к вычислительным ресурсам

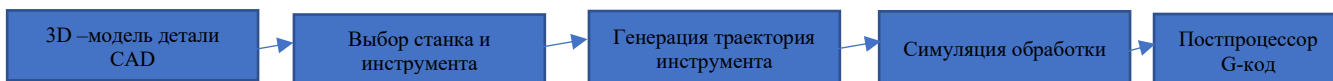


Рисунок 2. Процесс подготовки управляющей программы в CAD/CAM

Сравнительный анализ методов программирования

Таблица 1 - Сравнение методов программирования

Критерий	Ручное программирование	CAD/CAM
Сложность деталей	Простые	Сложные 3D
Скорость подготовки	Низкая	Высокая
Вероятность ошибок	Выше	Ниже
Стоимость	Минимальная	Высокая
Требования к квалификации	Очень высокие	Высокие

Заклучение

Ручное программирование остаётся фундаментальным навыком специалиста по ЧПУ, позволяющим глубоко понимать структуру управляющих программ и принципы обработки. Однако в условиях современного машиностроения приоритет всё чаще отдаётся CAD/CAM-системам, обеспечивающим высокую точность, сокращение времени подготовки производства и возможность обработки деталей сложной геометрии.

Наиболее рациональным является комбинированный подход, при котором специалист владеет навыками ручного программирования и эффективно использует современные CAD/CAM-инструменты.

Литература

1. Грошев А.С., Григорьев С.Н. Технология обработки на станках с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 2018. – 384 с.
2. Groover M.P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems. - Hoboken: John Wiley & Sons, 2020. – 816 p.
3. Умаров М.А., Мирзоалиев А.И. CAD, CAM, CAE и ее возможности // Материалы международной научно-практической конференции на тему “Современные проблемы машиностроительной отрасли”. -Душанбе, 2024.-С 28-34.
4. Официальная документация системы управления Fanuc Corporation: Fanuc CNC Programming Manual. 2023. – 512 p.
5. Smid P. CNC Programming Handbook. - New York: Industrial Press, 2016. CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing - New York: McGraw-Hill, 2016. – 832 p.
6. Официальная документация Siemens AG: Sinumerik CNC Programming Guide. 2023. – 640 p.
7. Гафуров, М. Ӳ. Бадалсозии объекти матнӢ бо истифодаи символӢи забон / М. Ӳ. Гафуров // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – No. 4(52). – P. 31-35. – EDN SMXVKZ.
8. Григорьев С.Н., Козочкин М.П. Металлорежущие станки. - М.: Машиностроение, 2016.
9. Умаров М.А. Программирование станков с числовым программным управлением с использованием Solidworks и Mastercam // Материалы II -ой международной научно-практической конференции “Актуальные вопросы металлургии в условиях ускоренной индустриализации страны”. -Душанбе, 2025.-С 314-319
10. Руководство пользователя. – Tolland, CT, USA: CNC Software, Inc., 2023. – 756 p.
11. Скворцов В.Ф. Программирование станков с числовым программным управлением: учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2019. – 320 с.
12. Каюмов, М. М. О цифровом портрете текстовой информации, основанном на частотности знаков пунктуации / М. М. Каюмов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 1(45). – С. 20-23. – EDN KZFCVH.
13. Каюмов, М. М. О распознавании автора текста на основе частотности $\alpha\beta$ - кодов словоформ / М. М. Каюмов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2(50). – С. 29-36. – EDN VEVGLV.

УСУЛӢОИ МУОСИРИ БАРНОМАСОЗИИ ДАСТГОӲӲОИ ИРӢ: БАРНОМАСОЗИИ ДАСТӢ ВА ИСТИФОДАИ СИСТЕМАӲОИ CAD/CAM

М.А. Умаров., А.Р. Исмонов., Н.Ф. Ризозода
(ДДТТ ба номи акад. М.С. ОсимӢ, ш. Душанбе, Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола ду усули асосии оморасозии барномаҳои идоракунанда барои дастгоҳҳои дорой идоракунии рақамии барномавӣ (ИРӢ) баррасӣ мешаванд: барномасозии дастӣ бо истифода аз забони G-код ва барномасозии автоматиконидашуда бо татбиқи системаҳои CAD/CAM. Хусусиятҳо, бартариҳо ва камбудҳои ҳар як равиш таҳлил гардида, намунаҳои истифодаи онҳо дар намудҳои гуногуни истеҳсолот оварда шудаанд. Тавсифи муқоисавии усулҳо

пешниҳод шуда, тавсияҳо оид ба интиҳоби онҳо вобаста ба дараҷаи мураккабии ҷузьҳои истеҳсолшаванда ва миқёси истеҳсолот пешниҳод мегарданд.

Калидвожаҳо: ЧПУ, G-код, M-код, CAD, CAM, барномаи идоракунаанда, траекторияи асбоб, лоиҳакашии автоматиконидашуда, постпроцессор, коркарди металл.

MODERN METHODS OF CNC MACHINE PROGRAMMING: MANUAL PROGRAMMING AND CAD/CAM SYSTEMS

M.A. Umarov., A.R. Ismonov., N.F. Rizozoda

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article examines two main methods of preparing control programs for numerically controlled (CNC) machines: manual programming using G-code and automated programming using CAD/CAM systems. The features, advantages, and disadvantages of each approach are analyzed, and examples of their use in various types of production are provided. A comparative description of the methods and recommendations for their application depending on the complexity of the manufactured parts and the scale of production are presented.

Keywords: CNC, G-code, M-code, CAD, CAM, control program, toolpath, computer-aided design, postprocessor, metalworking.

Сведения об авторах

Умаров Мирали Ашуралиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», ТТУ им. акад. М.С. Осими, E-mail: miraliumarov@gmail.com.

Исмонов Абдукахор Рустамович – студент 3-го курса гр. 980101-0105 - безопасность автоматизированных систем обработки информации и управления, кафедры информационные технологии и защита информации, факультет цифровых технологий, систем и защита информации ТТУ имени ак. М.С. Осими E-mail: ird-78@mail.ru

Ризозода Нурмахмади Фатхудин – студент 3-го курса кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», ТТУ им. акад. М.С. Осими, E-mail: rizoenvurmahmad177@gmail.com.

УДК.669.539.261

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НОЖЕВОЙ ГАРНИТУРЫ РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИН МЕТОДОМ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ

¹А.А. Саодатов, ²Х.А. Бабаханова, ³Д.Ч. Равшанзода (Д.Ч. Равшанов)

¹Наманганский инженерно-технологический институт, Наманган, Республика Узбекистан,

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Республика

Узбекистан, ³ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье рассмотрено повышение качества поверхностного слоя ножевой гарнитуры размазывающих машин методом дробеструйной обработки микрошариками. Получено аналитическое решение для определения глубины наклёпа. Экспериментально подтверждено повышение поверхностной твёрдости и износостойкости ножевой гарнитуры.

Ключевые слова: ножевая гарнитура, размазывающая машина, дробеструйная обработка, глубина наклёпа, твёрдость, износостойкость.

Введение

В инновационном производстве бумаги и картона одной из ключевых стадий технологического процесса является размол волокнистой массы, определяющий свойства готовой продукции [1-3].

Этот процесс осуществляется на механическом воздействии, включающем сдавливание, смещение и дробление волокон, что выполняется рабочими элементами ножевой размалывающей машины. В таких установках волокнистая суспензия обрабатывается между неподвижной поверхностью статора и вращающейся поверхностью с ножами на диске или роторе.

Оптимизация качества размола достигается за счёт регулирования технологических параметров. Среди них особое значение имеют продолжительностью измельчения, типом сырья, плотностью суспензии и зазором между ножами.

Величина зазора между ножами дисковой мельницы критична для желаемого результата обработки волокон: малый зазор обеспечивает их укорачивание, тогда как широкий — расщеплению и фибриллированию. Оптимальный размол достигается при зазоре в несколько десятых миллиметра, который варьируется в зависимости от концентрации суспензии, скорости ротора и деформации компонентов. Для низкоконтрированной массы (5–6%) рабочие зазоры составляют 0–0,5 мм [4 – 6, 9].

Дисковые мельницы оснащаются рабочими элементами (гарнитурами) в виде сегментов (рис. 1, а), крепленных на роторе и статоре, или цельных колец (рис. 1, б) при консольном креплении диска. Производительность оборудования зависит от параметров ножей (толщина, интервал, угол наклона) и наличия внутренних перегородок.

Дисковые ножи изготавливаются из прочной нержавеющей стали или хромированного чугуна, рассчитанный на работу в агрессивной волокнистой суспензии.

Твердость рабочих поверхностей стальной гарнитуры варьируется от HRC 45 до 52, в то время как для отбеленного чугуна она составляет от HB 380 до 420. Ротор должен обладать твердостью, превышающей твердость статора на 5–10 единиц HRC. В зависимости от типа и прочности волокнистого материала используются ножи, изготовленные из различных инструментальных сталей: для прочной сульфатной целлюлозы применяется хромоникелевая сталь с твердостью HB 350–370, для менее прочных материалов – сталь с твердостью HB 225–275, а для фибриллирования – марганцовистая сталь или фосфористая бронза (HB 180–220) [7–9].

К дисковым ножам предъявляются определенные требования, касающиеся их твёрдости, прочности, износостойкости и устойчивости к ударам. Износ ножей приводит к утрате остроты кромок, снижению глубины канавок и изменению геометрии гарнитуры, что, в свою очередь, негативно сказывается на эффективности размола и динамическом воздействии на волокна. Для увеличения срока службы ножей применяется реверсивное вращение дисков, а также замена или проточка сегментов [9].

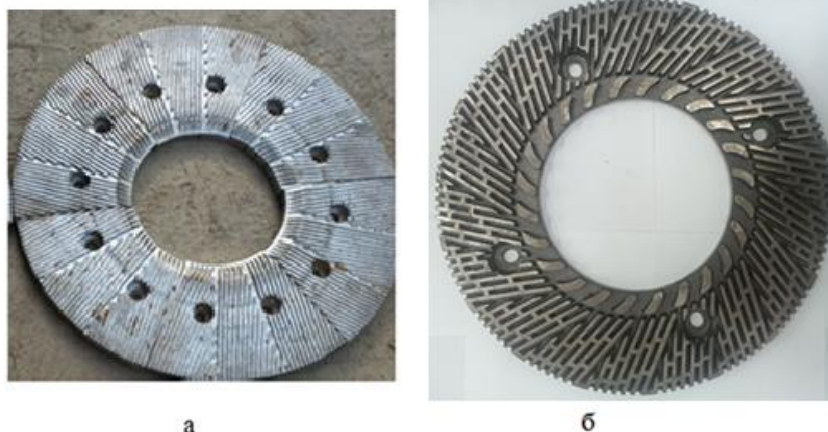


Рисунок 1. Размольные диски: а – из шести штук сегментов, б – цельные

Наиболее результативным способом ударного поверхностно-пластического упрочнения остается дробеударная обработка, которая значительно улучшает эксплуатационные характеристики деталей с острыми кромками и сложным профилем, где другие методы поверхностной упрочняющей обработки оказываются малоэффективными. Этот процесс

выполняется на дробеструйных или дробеметных машинах, где кинетическая энергия передается дробу с использованием либо сжатого воздуха, либо центробежного колеса.

Исследуемая ножевая гарнитура включала диски из никель-алюминиевого сплава (QB/T1629-92) диаметром 450 мм, оснащенные ножами шириной около 5 мм и пазами, увеличивающими время контакта волокнистой массы с рабочей поверхностью. В качестве дробы использовались микрошарики диаметром 0,3–0,4 мм. Обработка осуществлялась на пескоструйном аппарате при давлении воздуха 0,2–0,4 МПа, угле атаки 90° и расстоянии 15–20 см [9].

Основной характеристикой, связанной с износостойкостью, выступает твердость поверхности. Проведенные измерения с использованием мобильного твердомера продемонстрировали значения в диапазоне HRC 33,5–46, что свидетельствует о процессе закалки и неоднородности структуры сплава (см. рис. 2).

Экспериментально установлено, что твердость диска, изготовленного из никель-алюминиевого сплава, составляет HRC 40,8. Этот показатель отвечает стандартам для сталей и сопоставим с мартенситной нержавеющей сталью ($HRC \geq 35$) и нержавеющей сталью с легирующими добавками ($HRC \geq 32$). В отличие от этого, требования к твердости для чугуна, например серого с шаровидным графитом, выше — $HRC \geq 46$, что обусловлено меньшей прочностью чугуна по сравнению с легированными сталями [9].



Рисунок 2. Измерение твердости поверхности ножевой гарнитуры с помощью мобильного твердомера

Выводы. Применение ударного поверхностно-пластического деформирования с использованием микрошариков привело к значительному упрочнению поверхности ножей. Это упрочнение поверхности, в свою очередь, обеспечило увеличение их износостойкости в среднем в 1,5–1,7 раза по сравнению с необработанными образцами.

Литература

1. Гончаров В.Н. Исследование силового воздействия ножевой гарнитуры дисковой и конической мельниц на волокна в процессе размола: Дисс. канд. техн. наук. Ярославль, 1972. 172 с.
2. Вихарев С.Н. Повышение эффективности ножевых размалывающих машин в целлюлозно-бумажной промышленности: Автореф. докт. техн. наук. Екатеринбург, 2021. 40 с.
3. Жирнов Д.Н. Оптимизация процессов подготовки бумажной массы с использованием ключевых показателей эффективности: Автореф. канд. техн. наук. Архангельск, 2019. 20с.
4. Ушаков А.В., Алашкевич Ю.Д., Кожухов В.А., Марченко Р.А. Размол волокнистых материалов высокой концентрации в дисковой мельнице // Хвойные бореальной зоны, 2019, Т. XXXVII, №6, С. 471–474.
5. Гончаров В.Н. Силовые факторы в процессе размола в дисковой мельнице // Бумажная промышленность, 1971, №5, С. 12–14.
6. Вихарев С.Н. Разработка методов и средств виброзащиты дисковых мельниц: Дисс. канд. техн. наук. Екатеринбург, 1993. 235 с.
7. Пашинский В.Ф. Машины для размола волокнистой массы. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 160с.

8. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1986. 544 с.

9. А.А. Саодатов, Х.А. Бабаханова, Д.Ч. Равшанзода (Д.Ч. Равшанов). Анализ глубины наклепа при дробеструйной обработке волокнистых материалов. Известия высших учебных заведений проблема полиграфии и издательского дела. ISSN 2072-6775/ № 2-3. 2025. С.12-18

ТАҲЛИЛИ ЧУҚУРИИ САХТИИ МАЧМУАИ КОРД ТАҲТИ ТАЪСИР БА САТҲ

¹А.А. Саодатов, ²Х.А. Бобохонова, ³Д.Ч. Равшанзода (Д.Ч. Равшанов)

(¹Институту муҳандисӣ-технологии Наманган, Намангони Ҷумҳурии Ўзбекистон,

²Институту нассочӣ ва саноати сабуки Тошканд, Тошканд, Ҷумҳурии Ўзбекистон, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола беҳтар кардани сифати сатҳи кордҳо дар мошинҳои суфтакунӣ бо истифода аз сӯзонидани зарбаи миктуб баррасӣ мешавад. Ҳалли таҳлилии барои муайян кардани чуқурии сахтшавии корд ба даст оварда шудааст. Афзоиши сахтии сатҳ ва муқовимати фарсудашавии маҷмуи корд ба таври таҷрибавӣ тасдиқ шудааст.

Калидвожаҳо: маҷмуи корд, мошини суфтакунӣ, сӯзонидани зарба, чуқурии сахтшавии кор, сахтӣ, муқовимати фарсудашавӣ.

ANALYSIS OF THE WORK HARDENING DEPTH OF KNIFE SET UNDER IMPACT-SURFACE LOADING

¹A.A. Saodatov, ²Kh.A. Babakhanova, ³D.Ch. Ravshanzoda (D.Ch. Ravshanov)

(¹Namangan Engineering and Technological Institute, Namangan, Republic of Uzbekistan, ²Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Republic of Uzbekistan, ³TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

The article considers improving the surface layer quality of grinding machine knife sets by shot blasting with microballs. An analytical solution for determining the work hardening depth is obtained. Experimental results confirmed an increase in surface hardness and wear resistance of the knife set.

Keywords: knife set, grinding machine, shot blasting, work hardening depth, hardness, wear resistance.

Сведения об авторах

Садриддинов Азизбек – докторант кафедры «Химической и полиграфической инженерии», Ташкентского института текстильной и легкой промышленности E-mail: azizbek8890@mail.ru

Бабаханова Халима Абишевна – д.т.н., профессор кафедры «Химической и полиграфической инженерии», Ташкентского института текстильной и легкой промышленности E-mail: halima300@inbox.ru

Равшанзода Дилшод Чоршанби – к.т.н., доцент кафедры ТМиОПП, ТТУ имени акад. М.С. Осими E-mail: 234-56-57@mail.ru

УДК 669.76+542.943

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИНКОВОГО СПЛАВА ZnAl1Ni0.5 СО СКАНДИЕМ, В СРЕДЕ 0,03 - НОГО РАСТВОРА NaCl

¹И.Н. Ганиев, ²К.Б. Гаффоров, ¹А.В. Амонова

(¹ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан ²Технологический университет Таджикистана)

Аннотация. В работе представлены результаты потенциостатического исследования анодного поведения цинкового сплава ZnAl1Ni0.5 со скандием, в среде раствора 0,03-ного NaCl.

Показано, что скорость коррозии сплава $ZnAl1Ni0.5$ уменьшается в 13 %, при добавке в него 1,0 мас.% скандия. При этом на все электрохимические потенциалы смещаются в положительную область значений.

Ключевые слова: сплав $ZnAl1Ni0.5$, скандий, потенциостатический метод, раствор NaCl, потенциал коррозии, скорость коррозии.

Введение

Цинковые сплавы широко используются в различных областях техники, особенно в автомобилестроении, электротехнике, приборостроении и строительстве благодаря высокой коррозионной стойкости, отличным литейным свойствам и прочности. В последнее время данные сплавы стали применять в качестве защитных покрытий стальных конструкций, изделий и сооружений. Они идеально подходят для литья под давлением мелких, сложных деталей, обеспечивая точность размеров, защиту от влаги и коррозии во влажных средах. Высокая коррозионная стойкость позволяет использовать цинк для элементов наружной отделки, кровельных покрытий, дверных ручек и фурнитуры. Благодаря хорошей проводимости и коррозионной стойкости применяются для клемм, соединителей и корпусов электроприборов. Сплавы устойчивы к воздействию влаги и агрессивных сред [1 – 3].

В литературе встречаются различные модификации цинковых сплавов, легированных четвёртым компонентом. Тем не менее, традиционные методы модификации и легирования не обеспечивают возможности одновременно сохранить удовлетворительную прочность и пластичность сплавов цинка.

Цель работы заключается в потенциостатических исследованиях анодного поведения цинкового сплава $ZnAl1Ni0.5$ со скандием, предназначенного для нанесения защитного покрытия на стальные изделия горячим методом.

В качестве исходных материалов использовали цинк марки ХЧ (99,9 мас.% Zn, ГОСТ 3640-94), никель марки Н1 (ГОСТ 849-2018), алюминий марки А7 (ГОСТ 11069-2001) и скандий высокой чистоты 99,9 % (ТУ 48-4-377-87, ГОСТ 23950-79). Сплавы синтезировались в шахтной печи электрического сопротивления типа СШОЛ в интервале температур 550...600°C. Химический состав сплавов оценивали методом микрорентгеноспектрального анализа на приборе SEM (Южная Корея). Из каждой плавки отливали в графитовую изложницу стержни диаметром 8 мм и длиной 140 мм. Электродом сравнения служил хлоридсеребряный, вспомогательным – платиновый.

Потенциостатическое исследование анодного поведения цинкового сплава $ZnAl1Ni0.5$ со скандием проводилось в среде 0,03% -ного раствора NaCl со скоростью развертки потенциала $2 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}$ на потенциостате ПИ - 50.1.1 по методике, описанной в работах [4 - 7].

Исследование изменения потенциала свободной коррозии (- $E_{\text{св.корр.}}$, В) сплава $ZnAl1Ni0.5$ с скандием, во времени, в растворе NaCl проводили в течение 1 ч. Для всех исследованных групп сплавов отмечено незначительное смещение потенциала в положительную область, что объясняет динамику формирования защитной оксидной плёнки, которая завершается к 45-50 мин от начала процесса. По мере увеличения концентрации легирующего элемента величина $E_{\text{св.корр.}}$ смещается в положительную область значений, что косвенно свидетельствует о увеличении коррозионной стойкости сплавов в среде NaCl (табл. 1).

Добавка скандия в диапазоне изученной концентрации сдвигает электрохимические потенциалы сплава $ZnAl1Ni0.5$ в положительную сторону, при этом наиболее заметен рост потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации в положительном направлении. Данный эффект связан с формированием на поверхности электрода устойчивой оксидной плёнки раствора 0,03-ного NaCl (табл.2). Скорость коррозии исходного при добавке скандия 1 мас. % снижается на 13%.

Таблица 1 - Временная зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{\text{св. кор.}}$, В) цинкового сплава ZnAl1Ni0.5 от содержания скандия, в растворе 0,03%- ного NaCl

Время выдержки, минут	Содержания скандия в сплаве, мас. %				
	0.0	0.05	0.1	0.5	1.0
0	0,907	0,872	0,863	0,851	0,839
0,15	0,893	0,861	0,849	0,831	0,818
0,2	0,881	0,847	0,834	0,818	0,804
0,3	0,870	0,836	0,824	0,807	0,795
0,4	0,858	0,825	0,812	0,794	0,781
0,5	0,847	0,814	0,801	0,783	0,769
0,6	0,836	0,805	0,793	0,775	0,757
2	0,826	0,796	0,784	0,766	0,748
3	0,815	0,788	0,775	0,757	0,739
4	0,807	0,781	0,767	0,749	0,731
5	0,799	0,773	0,761	0,743	0,726
10	0,792	0,766	0,753	0,735	0,715
20	0,785	0,759	0,747	0,729	0,709
30	0,780	0,754	0,741	0,724	0,705
40	0,777	0,751	0,738	0,721	0,702
50	0,775	0,748	0,735	0,718	0,699
60	0,773	0,746	0,733	0,715	0,697

Таблица 2 - Коррозионно-электрохимические характеристики цинкового сплава ZnAl1Ni0.5 со скандием, в растворе среде 0,03%- ного NaCl

Содержание скандия в сплаве, мас. %	Электрохимические потенциалы, (х.с.э.)				Скорость коррозии	
	$-E_{\text{св.кор.}}$	$-E_{\text{корр.}}$	$-E_{\text{п.о.}}$	$-E_{\text{рп.}}$	$i_{\text{кор}} \cdot 10^2, \text{ А/м}^2$	$K \cdot 10^3, \text{ г/м}^2 \cdot \text{час}$
-	0.773	0.980	0.710	0.746	7.9	96.38
0.05	0.746	0.950	0.661	0.717	7.5	91.50
0.1	0.733	0.935	0.649	0.706	7.3	89.06
0.5	0.715	0.923	0.638	0.698	7.1	86.62
1.0	0.697	0.910	0.625	0.688	6.9	84.18

Закключение

1. Установлено, что скорость коррозии легированного скандием, цинкового сплава ZnAl1Ni0.5 оказывает положительное влияние на его анодные характеристики и снижает скорость коррозии в среде NaCl (табл. 2).

2. Разработанные сплавы рекомендуются в качестве анодного покрытия для защиты от коррозии стальных конструкций, изделий и сооружений.

Литература

1. Кечин, В.А. Цинковые сплавы / В.А. Кечин, Е.Я. Люблинский. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
2. Lin K.L., Yang C.F., Lee J.T. Correlation of microstructure with corrosion and electrochemical behaviours of the bach-type hot-dip Al-Zn coatings: Part 1. Zn and 5% Al-Zn coatings // Corrosion. – 1991. Vol. 47. – №4. – P. 9-13.
3. Обидов З.Р. Физикохимия цинк-алюминиевых сплавов с редкоземельными металлами / Обидов З.Р., Ганиев И.Н. – Душанбе: ООО «Андалеб Р», 2015. – 334 с.
4. Amini R.N., Irani M., Ganiev I., Obidov Z.R. Galfan I and Galfan II Doped with Calcium, Corrosion Resistant Alloys // Oriental Journal of Chemistry. – 2014. V. 30. – №3. – P. 969-973.

5. Потенциостатическое исследование алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с кальцием в среде водного раствора NaCl / И. Н. Ганиев, К. Х. Ашуров, Ш. Ш. Окилов, Х. М. Ходжаназаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 4(68). – С. 99-105. – EDN VHQWSE.

6. Анодное поведение сплава AB1, легированного галлием, в среде электролита 0,3%-ного NaCl / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров, К. А. Самиев // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2017. – № 2(29). – С. 7-10. – EDN ZISY TZ.

7. Влияние титана, ванадия и неодима на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава AMg2 / Ф. С. Давлатзода, И. Н. Ганиев, Н. Ф. Иброхимов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 2(46). – С. 67-71. – EDN JOBDTH.

ОМУЗИШИ ПОТЕНТИОДИНАМИКИИ ХҶЛАИ РҶҲ $ZnAl1Ni0.5$ БО СКАНДИЙ, ДАР МУҲИТИ МАҲЛУЛИ 0,03-И NaCl

¹И.Н. Ганиев, ²К.Б. Гаффоров, ¹А.В. Амонова

(¹ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ²Донишгоҳи технологии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола натиҷаҳои омӯзиши потенциостатикӣ рафтори анодии ҳулаи $ZnAl1Ni0.5$ дорои скандий, дар муҳити маҳлули 0,03-и NaCl пешниҳод карда шудааст, ки суръати коррозияи ҳулаи $ZnAl1Ni0.5$ 13% кам мешавад, ҳангоми илова кардани ба он 1,0% вазн. скандий. Дар ин ҳолат, ҳамаи потенциалҳои электрохимиявӣ ба минтақаи мусбати арзишҳо мегузаранд.

Калидвожаҳо: ҳулаи $ZnAl1Ni0.5$, скандий, усули потенциостатикӣ, маҳлули NaCl, потенциали коррозия, суръати коррозия.

POTENTIODYNAMIC STUDY OF ZINC ALLOY $ZnAl1Ni0.5$ WITH SCANDIUM IN A 0.03% NaCl SOLUTION

¹I.N. Ganiev, ²K.B. Ghafforov, A.V. Amonova

(¹TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan, ²Technological University of Tajikistan)

Annotation: The paper presents the results of a potentiostatic study of the anodic behavior of a zinc alloy $ZnAl1Ni0.5$ with scandium in a solution of 0.03 NaCl. It is shown that the corrosion rate of the $ZnAl1Ni0.5$ alloy decreases by 13% is reduced when 1.0% of the mass of scandium is added to it. At the same time, all electrochemical potentials are shifted to a positive range of values.

Keywords: $ZnAl1Ni0.5$ alloy, scandium, potentiostatic method, NaCl solution, corrosion potential, corrosion rate.

Сведения об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович – академик, доктор химических наук, профессор кафедры технология химических производств. ТТУ имени М.С. Осими, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com;

Гаффоров Камол Бердикулович – старший преподаватель кафедры технических дисциплин, мехатроники и робототехники. Технологический университет Таджикистана; E-mail: gkb_2013@mail.ru;

Амонова Азиза Валиевна – кандидат химических наук, доцент кафедры технология химических производств. ТТУ имени М.С. Осими, E-mail: aziza_amonova@inbox.ru.

УДК 628.147.22

ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА СВОБОДНОЙ КОРРОЗИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА AlMn0.8Mg1Si1 , В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

И.Н. Ганиев¹, Н.С. Хакимзода², М. Махмудзода¹, Дж.Х. Джайлоев¹

(¹ГНУ Институт химии имени В.И. Никитина, НАН Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ² КГУ имени Абуабдуллохи Рудаки, г. Куляб, Республика Таджикистан)

Аннотация. Проведены исследования электрохимического поведения алюминиевого сплава AlMn0.8Mg1Si1 . В том числе, выявлены изменения потенциала свободной коррозии в электролитической среде NaCl . Проведены сравнение полученных значений образцов из сплава AlMn0.8Mg1Si1 с различным содержанием легирующей добавки натрия.

Ключевые слова: алюминиевый сплав AlMn0.8Mg1Si1 , коррозия, электрохимия, легирование, среда NaCl , потенциал свободной коррозии.

Введение

В современной промышленности алюминий является одним из главных материалов из которого изготавливаются корпуса, детали и изделия. Использование алюминия в качестве исходного материала имеет несколько существенных преимуществ. Изготовленные из алюминиевых сплавов детали легче, чем детали, изготовленные из стали и сплавов на основе железа. Также преимущества алюминиевых сплавов в том, что они коррозионностойкие и являются хорошими проводниками электричества [1].

Республика Таджикистан является производителем технического алюминия. В последние два года основной производитель алюминия TALCO, произвёл алюминий около 80 000 - 100 000 т. при проектной мощности 517 000 т. Это является причиной активной разработки новых способов обработки и получения новых составов сплавов, конкурирующих на мировом рынке металлов.

Для проведения исследований нами были залиты образцы в графитовые формы. Составы полученных образцов контролировались как качественными методами анализа, так и количественными. При наличии несоответствий или отклонений по составу, образец отбраковывался.

Для определения изменений потенциалов коррозии полученных сплавов использовали потенциостат ПИ-50.1.1 с трёхэлектродной ячейкой, внутри которого находился жидкий раствор 3,0% NaCl . Подробнее про особенности данного метода можно ознакомиться в работах [2-7].

Перед началом электрохимических исследований были проведены подготовительные работы для придания образцу нужного состояния. Прежде всего, рабочая поверхность образца (нижний торец) должна быть ровной, без сколов и трещин. Поэтому проводили обработку образца наждачной бумагой и полирующей поверхностью. Далее обезжирили и травили в растворе NaOH (10%). После этого, на поверхность образца была нанесена смола, состоящая из парафина и канифоли с соотношением 50:50%.

Запись величин потенциала свободной коррозии, проводили в течении одного часа (табл. 1). Анализ результатов показывает, что значения потенциала свободной коррозии сплавов смещается в сторону увеличения значений. Это показывает, что с началом процесса начинается образование оксидной защитной плёнки, которая полностью формируется к 30-40 минутам. Данный процесс прослеживается для всех образцов с содержанием натрия, изученных в данной работе.

После часа выдержки в среде раствора NaCl потенциал свободной коррозии легированных сплавов составляет: 1.002 В для образца из исходного сплава AlMn0.8Mg1Si1 ; 0,958 В для образца, легированного 0,1 мас.% Na и 0,934 В для образца, легированного 1,0 мас.% Na .

Таблица 1 - Изменения потенциала свободной коррозии ($-E_{\text{св.кор.}}$, В) сплава AlMn0.8Mg1Si1 от содержания натрия в среде 3%-ного NaCl

Время выдержки, минут	Содержание натрия, мас. %				
	0.0	0.01	0.1	0.5	1.0
0	1,125	1,060	1,049	1,038	1,027
0,15	1,110	1,052	1,040	1,030	1,019
0,2	1,097	1,045	1,032	1,021	1,010
0,3	1,085	1,038	1,025	1,013	1,003
0,4	1,073	1,031	1,018	1,006	0,996
0,5	1,059	1,025	1,012	0,999	0,997
0,6	1,051	1,019	1,006	0,993	0,982
2	1,044	1,013	1,000	0,987	0,975
3	1,038	1,007	0,994	0,981	0,969
4	1,032	1,002	0,988	0,975	0,963
5	1,026	0,997	0,982	0,970	0,957
10	1,020	0,990	0,977	0,964	0,951
20	1,014	0,988	0,972	0,958	0,946
30	1,009	0,984	0,967	0,954	0,941
40	1,006	0,980	0,963	0,950	0,938
50	1,004	0,978	0,959	0,948	0,936
60	1,002	0,976	0,958	0,948	0,934

Заключение

В результате исследования было выявлено, что малые добавки натрия, повышают потенциал свободной коррозии исходного сплава AlMn0.8Mg1Si1. То есть устойчивость исходного сплава к коррозии в исследуемой среде повышается.

Литература

1. Постников Н.С. Коррозионностойкие алюминиевые сплавы. М.: Металлургия. 1976. 301с.
2. Строганов Г.Б., Ротенберг В.А., Гершман Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием. М.: Металлургия. 1977. 272с.
3. Фрейман Л.И., Макаров В.В., Брыксин И.Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. Л.: Химия, 1972. 258 с.
4. Махмудзода, М. Анодное поведение алюминиевого сплава АК7 и композиционного материала системы Al-Al₂O₃ в среде раствора электролита NaCl / М. Махмудзода, Б.Б. Эшов, Д.Х. Джайлоев // Металлург. – 2023. – № 10. – С. 39-42. – DOI 10.52351/00260827_2023_10_39. – EDN QOEQDZ.
5. Электрохимическое поведение сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом, в среде электролита 3% -ного NaCl / О. Ш. Давлатов, Х. О. Одиназода, И. Н. Ганиев, С. С. Раджабаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 3(47). – С. 63-66. – EDN EQNOEF.
6. Потенциостатическое исследование алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с кальцием в среде водного раствора NaCl / И. Н. Ганиев, К. Х. Ашуров, Ш. Ш. Окилов, Х. М. Ходжаназаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 4(68). – С. 99-105. – EDN VHQWSE.
7. Анодное поведение сплава АБ1, легированного галлием, в среде электролита 0,3%-ного NaCl / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров, К. А. Самиев // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2017. – № 2(29). – С. 7-10. – EDN ZISY TZ.

ОМУӢЗИШИ ПОТЕНСИАЛИ КОРРОЗИЯИ ОЗОДИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИИ

AlMn0.8Mg1Si1 ДАР МУӢИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИИ NaCl

И.Н. Ганиев¹, Н.С. Ӣакимзода², М. МаӢмудзода¹, Ӣ.Х. Ӣайлоев¹

(¹Институти кимиё ба номи В.И. Никитин, Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Душанбе,

²ДДК ба номи Абуабдуллоҳ Рӯдакӣ, Кӯлоб, Ӣумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Рафтори электрохимиявии хӯлаи алюминий AlMn0.8Mg1Si1 омӯхта шуд. Тағйирот дар потенциали зангзании озод дар муҳити электролитии NaCl низ муайян карда шуданд. Арзишҳои бадастовардашуда барои намунаҳои хӯлаи AlMn0.8Mg1Si1 бо миқдори гуногуни хӯлаи натрий муқоиса карда шуданд.

Калидвожаҳо: хӯлаи алюминий AlMn0.8Mg1Si1, коррозия, электрохимия, хӯлакунӣ, муҳити NaCl, потенциали коррозсионии озод.

STUDYING OF THE FREE CORROSION POTENTIAL OF ALUMINUM ALLOY

AlMn0.8Mg1Si1 IN A NaCl ELECTROLYTE ENVIRONMENT

I.N. Ganiev¹, N.S. Hakimzoda², M. Mahmudzoda¹, J.H. Jailoev¹.

(1. Institute of Chemistry V.I. Nikitin, National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan, (2. KSU named after Abuabdulloh Rudaki, Kulob, Republic of Tajikistan)

Abstract. The electrochemical behavior of the aluminum alloy AlMn0.8Mg1Si1 was studied. Changes in the free corrosion potential in a NaCl electrolytic environment were also identified. The obtained values were compared for AlMn0.8Mg1Si1 alloy samples with different sodium alloying contents.

Keywords: aluminum alloy AlMn0.8Mg1Si1, corrosion, electrochemistry, alloying, NaCl environment, free corrosion potential.

Маълумот дар бораи муаллифон

Ганиев Изатулло Наврӯзович – доктори илмҳои химия, профессор, мудири лабораторияи маводҳои ба зангзанӣ тобовар, Институти химияи ба номи В.И. Никитин, Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Ӣакимзода Нуралишох Саидмуродович – ассистенти кафедраи химия ва усулҳои таълими он, Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи Абуабдуллоҳ Рӯдакӣ.

МаӢмудзода Мӯъминҷон – номзади илмҳои техникаӣ, ходими калони илмӣ, Институти химия ба номи В.И. Никитин, Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: m.mahmudzoda@mail.ru

Ӣайлоев Ӣамшад Ӣусейнович – номзади илмҳои техникаӣ, ходими пешбари илмӣ, Институти химия ба номи В.И. Никитин, Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: husenzod85@mail.ru

УДК 620.193.428.

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА E-AlMgSi («алдрей»), ЛЕГИРОВАННОГО ТАЛЛИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 3,0%-НОГО NaCl

И.Н. Ганиев, Ф.А. Алиев, Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов), А.М.Сафаров

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Легирование исходного алюминиевого сплава AlMgSi («алдрей») таллием (от 0.05 до 1.0 мас.% Tl) в растворе NaCl электрохимические потенциалы исследуемых сплавов (потенциал коррозии, потенциал репассивации и потенциал питтингообразования) смещаются в область более положительных значений, при этом происходит увеличение стойкости исследуемых сплавов к питтинговой коррозии.

Ключевые слова: алюминиевый сплав E-AlMgSi («алдрей»), таллий потенциостатический метод, электролит NaCl, потенциалы коррозии и питтингообразования.

Введение

Проводниковые материалы в первую очередь характеризуются такими показателями, как удельное электросопротивление и его температурным коэффициентом. Электропроводность чистых металлов является периодической функцией атомного номера металла, хотя эта зависимость не имеет четко выраженного характера, как другие физико-химические свойства элементов периодической таблицы [1].

Недостатком алюминия как проводника является низкая механическая прочность. Поэтому часто вместо чистого алюминия используется его сплав E-AlMgSi («алдрей»), состава Al + 0,5 % (мас.) Mg + 0,5 % (мас.) Si. Соотношение магния и кремния в сплаве должно соответствовать образующейся в сплаве фазе Mg₂Si, которая является упрочнителем, сообщаящим сплаву высокие механические свойства [2].

Цель работы - исследование влияния добавки таллия на электрохимическую коррозию алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей»).

Методика исследования

Исследования коррозионно-электрохимических свойств сплавов проводили потенциостатическим методом с использованием потенциостата ПИ-50-1.1 и самописца ЛКД-4-002. Электродом сравнения служил хлоридсеребряный электрод, а вспомогательным - платиновый. Скорость развертки потенциала составляла 2 мВ/с. Методика снятия поляризационных кривых для сплавов приведена в работах [3-8].

На рис. 1 в качестве примера представлена полная поляризационная кривая сплава E-AlMgSi («алдрей») и показана последовательность снятия кривых. При электрохимических исследованиях образцы поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении в исследуемый раствор ($E_{св.кор.}$ – потенциал свободной коррозии или стационарный) до значения потенциала, при котором происходит резкое возрастание тока растворения (рис. 1, кривая I). Далее образцы поляризовали в обратном направлении (рис. 1, кривые II и III) до потенциала -1,25 В. В результате этого происходило подщелачивание приэлектродного слоя поверхности сплава и удаление оксидного слоя. Наконец, электрод повторно поляризовали в положительном направлении (рис. 1, кривая IV) и определяли потенциалы коррозии ($E_{кор.}$), питтингообразования ($E_{п.о.}$) и репассивации ($E_{р.п.}$).

Расчет тока коррозии проводили с учетом тафеловской наклонной $v_k = 0,12$. В по катодной кривой, так как процесс питтинговой коррозии алюминия и его сплавов в нейтральных средах зависит от катодной реакции ионизации кислорода. В свою очередь, скорость коррозии считается функцией тока коррозии и вычисляется по формуле

$$K = i_{кор.} k,$$

где $k = 0,335$ г/(А ч) для алюминия.

Результаты коррозионно-электрохимических исследований алюминиевого сплава E-AlMgSi («алдрей») с таллием в среде электролита NaCl представлены в таблице. Обобщенные результаты исследования коррозионно-электрохимических свойств сплавов, представленные в табл., свидетельствуют о том, что добавка таллия в пределах 0,05-1,0 % (мас.) к исходному сплаву AlMgSi («алдрей») в исследуемых средах сдвигают потенциалы коррозии, репассивации и питтингообразования в положительную область значений. Добавление таллия к сплаву E-AlMgSi («алдрей») уменьшает скорость его коррозии на 10-20 % во всех исследованных средах электролита NaCl.

Анодные ветви поляризационных кривых алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей») с таллием приведены на рис. 2. Как видно из хода кривых, с повышением содержания легирующего компонента - таллия наблюдается смещение в область положительных значений всех электрохимических потенциалов, в среде электролита NaCl, что свидетельствует о снижении скорости анодного растворения легированных сплавов.

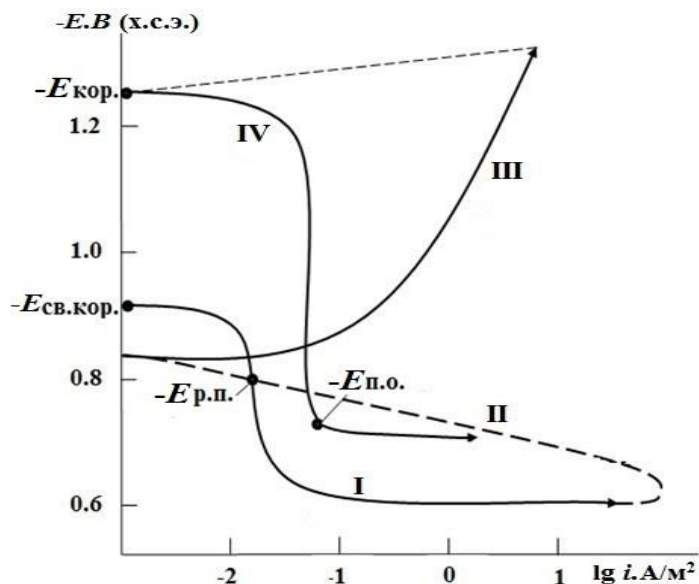


Рисунок 1. Анодная и катодная поляризационная (2мВ/с) кривые алюминиевого сплава E-AlMgSi (“алдрей”), в среде электролита 3% NaCl

Таблица - Коррозионно-электрохимические характеристики алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей») с таллием, в среде электролита NaCl

Среда NaCl	Содержание таллия в сплаве мас. %	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)				Скорость коррозии	
		$-E_{\text{св.кор.}}$	$-E_{\text{кор.}}$	$-E_{\text{п.о.}}$	$-E_{\text{рп.}}$	$i_{\text{кор.}} \cdot 10^2, \text{ A/м}^2$	$K \cdot 10^3, \text{ г/м}^2 \cdot \text{час}$
3,0	Al A6	0,701	1,132	0,623	0,671	6,0	20,10
	E-AlMgSi	0,919	1,240	0,735	0,800	8,2	27,47
	0,05	0,888	1,202	0,694	0,765	7,3	24,45
	0,1	0,879	1,192	0,680	0,754	7,1	23,78
	0,5	0,868	1,179	0,668	0,746	6,9	23,19
	1,0	0,860	1,167	0,656	0,740	6,6	22,11

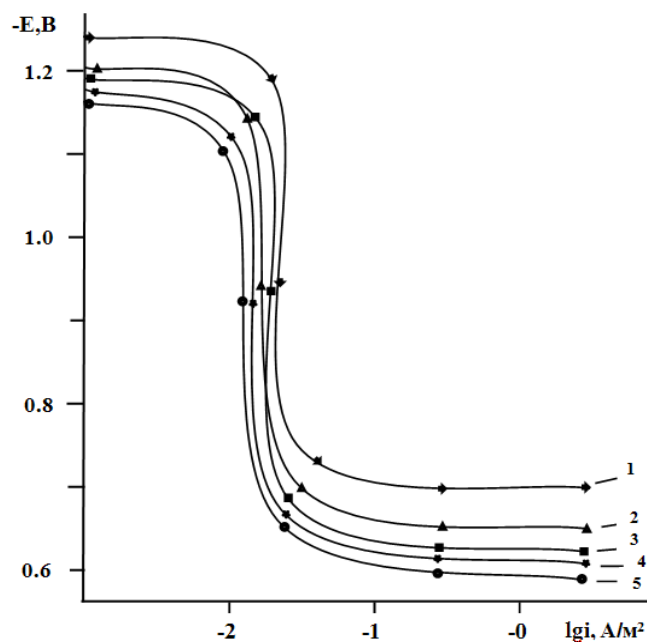


Рисунок 2. Анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей») (1), содержащего таллий мас. % в среде электролита 3,0 % ного NaCl - 0,05(2); - 0,1(3); - 0,5(4); - 1,0(5)

Заклучение

1. Потенциостатическим методом при скорости развертки потенциала 2 мВ/с исследовано анодное поведение алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей») в среде электролита NaCl. Установлено, что легирование исходного сплава таллием смещает в область положительных значений основные электрохимические потенциалы сплавов.

2. Показано, что добавка легирующего компонента таллия на 10-20% повышают коррозионную устойчивость сплава E-AlMgSi («алдрей») в среде электролита NaCl. Выявлено, что с ростом концентрации электролита NaCl (хлоридиона) значения электрохимических потенциалов сплавов уменьшаются, что сопровождается ростом скорости коррозии сплавов независимо от их состава.

Литература

1. Алиева С.Г., Альтман М.Б., Амбарцумян С.М. и др. Промышленные алюминиевые сплавы: Справочник / Отв. ред. Ф.И. Квасов, И.Н. Фридляндер. М.: Металлургия, 1984 - 528 с.
2. Беляев А.И., Бочвар О.С., Буйнов Н.Н. и др. Металловедение алюминия и его сплавов / Отв. ред. И.Н. Фридляндер. М.: Металлургия, 1983 - 280 с.
3. Повышение анодной устойчивости алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be) легированием индием / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода, А. М. Сафаров // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 8(139). – С. 123-130. – DOI 10.21285/1814-3520-2018-8-123-130. – EDN ZARFTV.
4. Влияние добавок Индия на коррозионную устойчивость, теплоемкость и изменения термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода [и др.] // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2022. – № 3(94). – С. 81-91. – EDN QJSGYR.
5. Влияние титана на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава аж 0.3Mg0.25 в среде электролита 3,0%- ного NaCl / И. Н. Ганиев, Н. Б. Саидов, С. С. Раджабалиев, Ф. С. Давлатзода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2022. – № 1(57). – С. 59-64. – EDN RZRJXZ.
6. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.
7. Электрохимическое поведение сплава АЖ1.4М5.3Mg1.1Ц4Kp3, легированного оловом, в среде электролита 3% -ного NaCl / О. Ш. Давлатов, Х. О. Одиназода, И. Н. Ганиев, С. С. Раджабалиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 3(47). – С. 63-66. – EDN EQNOEF.
8. Анодное поведение сплава Al+2,18%Fe, легированного кальцием, в среде электролита NaCl / Д. Х. Джайлоев, И. Н. Ганиев, И. Т. Амонов, Х. Х. Азимов // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2015. – Т. 58, № 12. – С. 38-42. – EDN SYGINW.

ТАҲҚИҚОТИ ПОТЕНСИОДИНАМИКИИ ХҶЛАИ E-AlMgSi («алдрей»), КИ ДАР МАҲЛУЛИ ЭЛЕКТРОЛИТИИ 3,0%-И NaCl БО ТАЛЛИЙ ЧАВҲАРОНИДАШУДА

И.Н. Ганиев, Ф.А. Алиев, Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов), А.М. Сафаров
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. чавҳаронидани хӯлаи ибтидоии алюминийи AlMgSi («алдрей») бо таллий (аз 0,05 то 1,0 вазн.% Tl) дар маҳлули NaCl потенциалҳои электрохимиявии хӯлаҳои омӯхташуда (потенсиали зангзанӣ, потенциали репассиватсия ва потенциали питингӣ) ба қиматҳои мусбӣ мегузарад, дар ҳоле ки муқовимати хӯлаҳои омӯхташуда ба зангзании питингӣ меафзояд.

Калидвожаҳо: хӯлаи алюминийи E-AlMgSi (алдрей), усули потенциостатикии таллий, электролити NaCl, потенциалҳои зангзанӣ ва шакли питингӣ.

POTENTIODYNAMIC STUDY OF THALLIUM-DOPED E-ALMgSi ALLOY («aldrey») IN 3,0% NaCl ELECTROLYTE ENVIRONMENT

I.N.Ganiev, F.A.Aliev, R.D. Ismonzoda (R.D. Ismonov), A.M.Safarov
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. when alloying the original aluminum alloy AlMgSi («aldrey») with various thallium contents (from 0.05 to 1.0 wt.% Tl) in NaCl electrolyte solutions of various concentrations, the electrochemical potentials of the alloys under study (corrosion potential, repassivation potential and pitting potential) shift to the region of more positive values, in this case, there is an increase in the resistance of the studied alloys to pitting corrosion.

Keywords: aluminum alloy E-AlMgSi («aldrey»), thallium, potentiostatic method, NaCl electrolyte, corrosion and pitting potentials.

Сведения об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович – академик НАНТ, д.х.н., профессор кафедры «Технология химического производства», ТТУ имени академика М.С. Осими, телефон: (+992) 93-572-88-99, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com;

Алиев Фирдавс Алиевич - к.т.н., заместитель директора по науке и образованию Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: firdavs.aliev.2016@mail.ru, телефон: (+992) 985885087;

Исмонзода Рустам Довуд – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими, телефон: (+992) 918786898, E-mail: ird-78@mail.ru;

Сафаров Ахрор Мирзоевич – д.х.н., профессор кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими

УДК 620.193.4.

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА Zn, ЛЕГИРОВАННОГО ТАЛЛИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 0,3%-НОГО NaCl

И.Н. Ганиев, Г.М. Атоев, Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов), А.М. Сафаров
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Приведены результаты исследования анодного поведения сплавов системы Zn-Tl в среде электролита NaCl. Показано, что добавка таллия (0.01-0.5 мас.%) улучшает коррозионную стойкость цинка на 20%. С ростом концентрации таллия в исходном сплаве потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации смещаются в положительную область значений.

Ключевые слова: цинк, таллий, анодное поведение, потенциостатический метод, среда электролита NaCl.

Введение

Цинк широко используется в цинковании различных изделий в качестве защиты от коррозионных воздействий, кроме чистого цинка, сплавы на его основе также хорошо защищают поверхности от коррозии. Цинкованию подвергаются различные изделия – это листовая сталь, проволока, детали автомашин, приборов, трубы и различные виды арматуры. Так, в строительстве, расход цинка составляет примерно 50% от всего получаемого металлического цинка и примерно 65% оцинкованной листовой стали. Также одним из основных потребителей цинка является автомобильная промышленность, в которой используются оцинкованные листы [1-3].

В промышленности практически не применяется нелегированный цинк, который по сравнению с легированным обладает более низкими механическими, технологическими и физическими свойствами. Поэтому для улучшения различных характеристик цинка принято

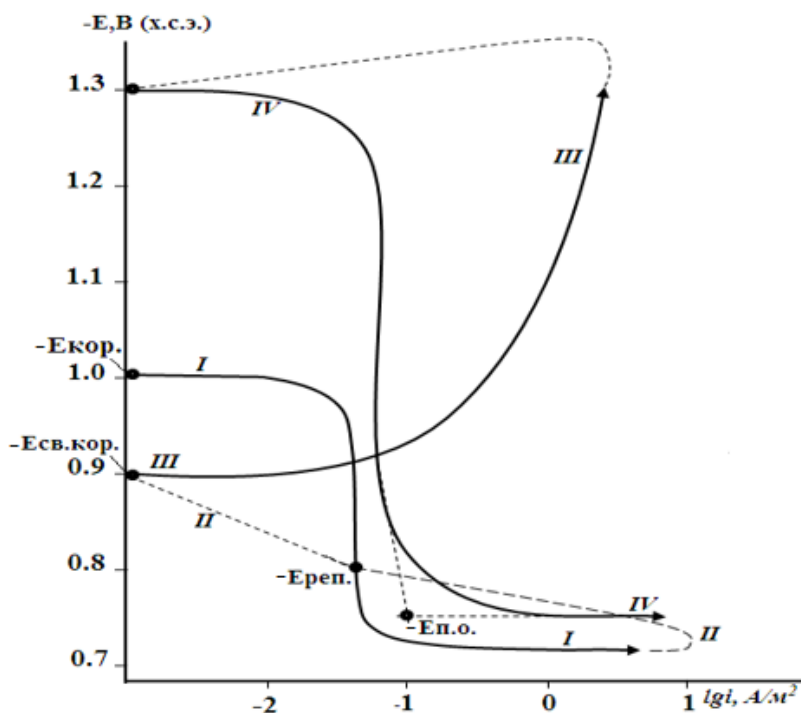
легировать его различными добавками с целью улучшения определённых заданных свойств [4, 5].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния добавки таллия на анодное поведение цинка, которые могут использоваться в качестве эффективных покрытий и протекторов для повышения коррозионной стойкости стальных конструкций, изделий и сооружений.

Для изучения электрохимических свойств сплавов системы Zn-Tl применяли потенциостатический метод исследования. Сплавы для коррозионно-электрохимических исследований получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ при температуре 450 – 500°C путём плавки цинка марки ЦВ00 (ГОСТ 3640-94) и металлический таллий марки Т11 (ГОСТ 18337-95). Сплавы цинка содержали 0,01-0,5 мас.% таллия.

При электрохимических испытаниях образцы поляризовали в положительном направлении от потенциала установившегося при погружении электрода в исследуемый раствор ($E_{\text{св.кор.}}$ – потенциал свободной коррозии или стационарный) при котором происходит резкое возрастание тока (рис. 1, кривая *I*). Затем образцы поляризовали в обратном направлении до потенциала -1.4 В, в результате чего происходила подщелачивание при электродном слое поверхности образца (рис. 1, кривые *II* и *III*). Наконец, образцы повторно поляризовали в положительном направлении (рис. 1, кривая *IV*), при этом при переходе от катодного к анодному ходу фиксируются потенциал питтингообразования. Потенциал репассивации ($E_{\text{реп.}}$) определяли по пересечению кривых *I* и *II*.

Скорость коррозии (K), как основной показатель коррозионной устойчивости рассчитывалась по формуле: $K = i_{\text{кор}} \cdot k$, где $k = 1,22$ г/А·час - электрохимический эквивалент цинка.



Полная поляризационная кривая (2мВ/с) металлического цинка, в среде электролита 3%-ного NaCl

Исследование коррозионно-электрохимического поведения сплавов проводилось, в среде электролита NaCl с концентрацией 0,03 и 3,0% при скорости развёртки потенциала 2мВ/с на потенциостате ПИ-50.1.1 по методикам, описанным в работах [6 – 9].

Графическое изображение методики снятия поляризационных кривых показано на рисунке на примере исходного цинка, в среде электролита 3%-ного NaCl.

Результаты коррозионно-электрохимических исследований сплавов, представленные в таблице свидетельствует о том, что добавки таллия в пределах 0.01 и 0.5 мас.% к исходному сплаву в средах электролита NaCl сдвигает потенциалы коррозии, репассивации и питтингообразования в положительную область значений и одновременно с этим повышает коррозионную стойкость

исходного сплава. Скорость коррозии имеет минимальное значение при легировании исходного цинка 0.01-0.5 мас.% таллием (на 20% меньше по сравнению с цинка), что является оптимальными в коррозионном отношении.

Учитывая питтинговый механизм коррозии цинка, особое внимание было уделено определению потенциала питтингообразования сплавов и влиянию концентрации легирующего элемента и электролита на данную характеристику сплавов. Возникновение питтинга связано с нарушением пассивного состояния на отдельных участках поверхности металлов и сплавов в результате воздействия анионов-активаторов. На этих участках происходит ускоренное разрушение оксидных плёнок, что вызывает местное активирование. Последнее может быть связано также с адсорбционным вытеснением кислорода анионами-активаторами на участках, на которых прочность связи кислорода с металлом меньше, чем с анионами.

Что касается цинка, легированного таллием, то результаты, приведённые в таблице, показывают, что с увеличением концентрации таллия до 0.5 мас.% питтингоустойчивость сплавов увеличивается, о чём свидетельствует смещение потенциала питтингообразования в более положительную область значений.

Таблица 1 - Коррозионно-электрохимические характеристики сплава Zn, легированного таллием, в среде электролита NaCl

Среда, NaCl мас.%	Содержание таллия в сплаве, мас.%	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В			Скорость коррозии	
		-Е _{кор.}	-Е _{по.}	-Е _{реп.}	i _{кор.} ·10 ⁻² , А/м ²	К·10 ⁻³ , г/м ² ·ч
0,3	-	1,240	0,735	0,790	8,5	103,7
	0.01	1,186	0,687	0,743	7,6	92,7
	0.05	1,177	0,678	0,733	7,4	90,2
	0.1	1,167	0,668	0,724	7,2	87,8
	0.5	1,158	0,659	0,714	7,0	85,4

Таким образом, легирование цинка таллием позволяет рекомендовать его в качестве коррозионностойкого сплава (скорость коррозии которой на 20% ниже, чем цинка) с оптимальным содержанием таллия 0.01÷0.5 мас.%.

Литература

1. Виткин А.И., Тейндл И.И. Металлические покрытия листовой и полосовой стали. М.: Металлургия. 1971. – 493 с.
2. Кечин В.А., Люблинский Е.Я. Цинковые сплавы. М.: Металлургия. 1986. – 247 с.
3. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. М.: Физматлит. 2002. – 336 с.
4. Одиназода Х.О., Ганиев И.Н. Сплавы алюминия с бериллием, цинком и редкоземельными металлами. Монография. Душанбе: «Промэкспо», 2021. – 248 с.
5. Рахимов Ф.А., Ганиев И.Н., Обидов З.Р. Коррозия цинкового сплава Zn0.5Al с галлием, индием и таллием. Душанбе: Дониш., 2022. – 116 с.
6. Повышение анодной устойчивости алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be) легированием индием / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода, А. М. Сафаров // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 8(139). – С. 123-130. – DOI 10.21285/1814-3520-2018-8-123-130. – EDN ZARFTV.
7. Ганиев И.Н., Атоев Г.М., Исмонов Р.Д., Абдухоликова П.Н., Сафаров А.М. Анодное поведение сплавов системы Zn-In // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 3 (169). С. 101-109.

8. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О. Сафаров А.М. Влияние таллия на анодное поведение сплава Al+1%Be // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования ТТУ №4 (40). Душанбе, 2017. - С. 67-74

9. Влияние титана, ванадия и необия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АМг2 / Ф. С. Давлатзода, И. Н. Ганиев, Н. Ф. Иброхимов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 2(46). – С. 67-71. – EDN JOBDTH.

ТАҲҚИҚОТИ ПОТЕНСИОДИНАМИКИИ ХҶЛАИ Zn, КИ ДАР МАҲЛУЛИ ЭЛЕКТРОЛИТИИ 3,0%-И NaCl БО ТАЛЛИЙ ҶАВҲАРОНИДАШУДА

И.Н. Ганиев, Г.М. Атоев, Р.Д. Исмозода (Р.Д. Исмонов), А.М. Сафаров
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Натиҷаҳои тадқиқоти рафтори анодии ҳулаҳои системаи Zn-Tl дар муҳити электролитии NaCl оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки илова намудани таллий (0,01-0,5 вазнӣ %) тобоварияти зангзании рухро 20% беҳтар мекунад. Бо зиёд намудани консентратсияи таллий дар ҳулаи аслии потенциали зангзанӣ, шакли питингӣ ва репассиватсия ба тарафи мусбат майл мекунад.

Калидвожаҳо: синк, таллий, рафтори анодӣ, усули потенциостатикӣ, электролити NaCl.

POTENTIODYNAMIC STUDY OF THALLIUM-DOPED Zn ALLOY IN 3,0% NaCl ELECTROLYTE ENVIRONMENT

I.N. Ganiev, G.M. Atoev, R.D. Ismonzoda (R.D. Ismonov), A.M. Safarov
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The results of a study of the anodic behavior of Zn-Tl alloys in a NaCl electrolyte are presented. It is shown that the addition of thallium (0.01-0.5 wt%) improves the corrosion resistance of zinc by 20%. As the thallium concentration in the original alloy increases, the corrosion, pitting, and repassivation potentials shift toward the positive range.

Keywords: zinc, thallium, anodic behavior, potentiostatic method, NaCl electrolyte environment.

Сведения об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович – академик НАНТ, д.х.н., профессор кафедры «Технология химического производства», ТТУ имени академика М.С. Осими, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com.

Атоев Гулмурод Мирзоевич – зам. декана факультета естественно-математических и современных технологии Дангаринский государственный Университет, E-mail: atozoda91@bk.ru

Исмозода Рустам Довуд – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими. E-mail: ird-78@mail.ru

Сафаров Ахрор Мирзоевич – д.х.н., профессор кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими

ТДУ. 620.193.428

РАФТОРИ АНОДИИ ХӢЛАИ АК12 БО СКАНДИЙ ЧАВӢАРОНИДАШУДА ДАР МУӢИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИИ NaCl

С.Т. Бадурдинов

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. дар ин кор, таъсири ионҳои хлорид ба рафтори анодии хӯлаи АК12- и бо скандий чавҳаронидашуда дар маҳлули NaCl бо консентратсияи 3,0, 0,3 ва 0,03% омӯхта шудааст. Кор бо истифода аз усули потенциодинамикӣ иҷро гардидааст. Ҳангоми иловаи электролит, консентратсияи ионҳои хлорид коҳиш меёбад ва потенциали зангзании озод ба минтақаи арзишҳои мусбат то консентратсияи 0,5%-и вазни металлҳои нодирзаминӣ мегузарад.

Калидвожаҳо: хӯлаи АК12, скандий, энергияи ғаёлсозӣ, усули потенциостатикӣ, потенциалҳои зангзании озод, питтинг, репассиватсия, суръати зангзанӣ.

Муқаддима

Хӯлаҳои дар асоси алюминий мавҷудбуда дар саноат ба таври васеъ истифода мешаванд ва танҳо пас аз пӯлод дар ҷои дуюм меистанд. Ин ба қонҳои сершумор дар саросари ҷаҳон вобаста аст ва ҳади алюминий ҳамчун як унсур кимиёвӣ дорои хосиятҳои гуногуни муфиди механикӣ, физикӣ ва химиявӣ мебошад. Алюминий ва хӯлаҳои он дар муҳитҳои гуногун муқовимати баланди зангзаниро нишон медиҳанд. Аммо, муқовимати зангзании хӯлаҳои алюминий, махсусан дар муҳитҳои агресивӣ, ба таври қофӣ омӯхта нашудааст. Аз ин рӯ, таҳқиқот дар бораи механизмҳои зангзании хӯлаи алюминий ва муайян кардани усулҳои муътадили муҳофизатии онҳо аз зангзанӣ айни замон мавриди таваҷҷӯҳи муосир қарор доранд [1-3].

Барои таҳқиқот, алюминийи тамғаи А0 ва силитсийи металлӣ интихоб карда шуда хӯлаҳо истеҳсол карда шуданд. Шароити истеҳсоли хӯла чунин буд: ҳарорати оташдони муқовимат дар фосилаҳои 750-850°C, тигелҳои корунди ва қабати флюс бо таркиби зерин (бо %): NaCl - 32,5, LiCl - 35, KCl - 32,5.

Дар қори [3] усули омӯзиши рафтори анодии алюминийи бо скандий чавҳаронидашуда (то 2%-и вазн) таҳия шудааст. Нишон дода шудааст, ки ҳангоми чавҳаронидани алюминий бо скандий, потенциали электрод ба самти арзишҳои мусбат майл мекунад.

Потенсиали электродии алюминий пас аз нигоҳ доштан то 60 дақиқа 1,04 В-ро ташкил дод, дар ҳоле ки барои алюминийи бо скандий чавҳаронидашуда (2,0% вазн) он 0,810 В ташкил дод. Қайд карда мешавад, ки ба потенциали электродии алюминий дар ҳолати саҳт иловаҳои скандий (аз 0,01 то 0,05%) ба таври назаррас таъсир мерасонанд. Барои хӯлаи алюминий бо скандий (0,5%), потенциали электрод 1,01–1,02 В баробар аст.

Қаҷхатаҳои потенциодинамикии хӯлаҳои алюминий-скандий як қуллаи нишон медиҳанд, ки шиддати он бо афзоиши миқдори скандий коҳиш меёбад. Ҳамин тариқ, дар ҳоле ки зичии ҷараёни пассиватсия ($i_{п.п.}$)-и алюминийи холис 0,9 мА/см² мебошад, барои хӯлаи алюминий, ки бо скандий чавҳаронида шудааст (0,5%), ин бузурги 0,4 мА/см² –ро ташкил медиҳад. Бар асоси гуфтаҳои боло, чавҳаронидани хӯлаи АК12 бо скандий бо миқдори 0,005-0,5% омӯхта шуд.

Натиҷаҳои омӯзиши хусусиятҳои зангзанӣ-электрохимиявии хӯлаи АК12 дар ҷадвал оварда шудаанд. Санҷишҳо бо хӯлае, ки аз алюминийи дуюмдараҷа, ки бо скандий чавҳаронида шудааст, дар муҳитҳои электролит бо консентратсияҳои 0,03, 0,3 ва 3,0% NaCl омӯхташуда, гузаронида шуданд [5].

Қайд карда мешавад, ки ғавран пас аз ғарқ кардани хӯла дар электролит, потенциали зангзанӣ ба самти арзишҳои мусбат якбора тағйир меёбад.

Потенсиали зангзании хӯлаи ибтидоӣ пас аз 40 дақиқа устувор мешавад, дар ҳоле ки барои хӯлаҳои чавҳаронидашуда он дар давоми 20-25 дақиқа ё ду баробар тезтар устувор мешавад. Ин нишон медиҳад, ки иловаҳои скандий пассиватсияро суръат мебахшанд.

Барои хӯлаи чавҳаронидашуда, ки дар давоми 60 дақиқа дар маҳлули электролити 3% NaCl нигоҳ дошта шуда буд потенциали зангзании озод –0,694 В ташкил дод, дар ҳоле ки барои

хӯлаи чавҳаронидашуда бо скандий (0.5%-и вазн) -0.682 В буд. Ин ҳолат дар ҳама муҳитҳои омӯхташуда мушоҳида карда шуд. Ҳангоми чавҳаронидани хӯлаи АК12 бо скандий дар се муҳитҳои омӯхташуда, потенциали зангзании озод тадриҷан ба самти арзишҳои мусбаттар ҳаракат кард (ҷадвали 1).

Қонуниятҳои чавҳаронидан дар потенциали зангзании озод дар маҳлули 3%-и NaCl ба хӯлаи ибтидоӣ монанд аст. Фарқият дар он аст, ки тағйироти боз ҳам бештар ба самти потенциалҳои мусбат мушоҳида мешавад ва тағйироти бузургтарин барои хӯлае, ки дорои 0,5% скандий мебошад, мушоҳида мешавад. Ин тамоюлро инчунин барои ин хӯлаҳо дар маҳлули 0,3% NaCl мушоҳида кардан мумкин аст [5-9].

Ҷадвали 1 - Таъсири скандий ба хусусиятҳои электрохимиявии хӯлаи АК12 дар муҳити маҳлули обии электролити NaCl [5]

Муҳит	Миқдори скандий дар хӯла, %-и вазн	Хосиятҳои электрохимиявӣ				Суръати зангзанӣ	
		-Е _{п.о.}	-Е _{реп.}	$i_{корр.}, 10^{-2}$	$K_{корр.}, 10^{-3}$	$i_{корр.}, 10^{-2}$	$K_{корр.}, 10^{-3}$
		В				А/м ²	г/м ² ·ч
0.03% NaCl	0.0	0.712	1.240	0.510	0.550	0.35	1.17
	0.005	0.648	1.388	0.500	0.600	0.30	1.01
	0.05	0.627	1.414	0.510	0.650	0.35	1.17
	0.1	0.626	1.432	0.515	0.680	0.31	1.03
	0.5	0.622	1.352	0.510	0.700	0.29	0.97
0.3% NaCl	0.0	0.565	1.220	0.400	0.600	0.62	2.07
	0.005	0.653	1.346	0.375	0.680	0.60	2.01
	0.05	0.545	1.210	0.370	0.711	0.57	1.90
	0.1	0.565	1.388	0.380	0.730	0.55	1.84
	0.5	0.528	1.360	0.365	0.744	0.52	1.74
3% NaCl	0.0	0.694	1.282	0.615	0.655	0.54	2.3
	0.005	0.822	1.422	0.650	0.630	0.58	2.1
	0.05	0.700	1.210	0.610	0.641	0.55	1.94
	0.1	0.684	1.333	0.630	0.633	0.56	1.87
	0.5	0.682	1.236	0.620	0.633	0.53	1.77

Хулоса

Таъсири ионҳои хлорид ба рафтори анодии хӯлаи АК12, ки бо скандий дар маҳлули NaCl бо консентратсияи 3.0, 0.3 ва 0.03% чавҳаронида шудааст, бо истифода аз усули потенциодинамикӣ омӯхта шуд. Ҳангоми илова кардани электролит консентратсияи ионҳои хлоридро коҳиш медиҳад ва потенциали зангзании озод ба самти арзишҳои мусбат барои хӯлаи маскур бо иловаи 0.5%-и металли нодирзаминӣ тағйир меёбад. Тағйири максималии потенциал дар панҷ дақиқаи аввал пас аз ғарқ намудан мушоҳида мешавад. Иловаҳои скандий то 0.5%-и вазн суръати зангзании хӯлаи ибтидоӣ АК12-ро дар маҳлули электролит, ки 0.03% NaCl дорад то 2.0-2.5 маротиба коҳиш медиҳад. Қайд карда мешавад, ки суръати зангзанӣ бо афзоиши консентратсияи NaCl меафзояд.

Адабиёт

1. Строганов, Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием / Г.Б. Строганов, В.А. Ротенберг, Г.Б. Гершман. -М.: Металлургия. 1997. – 272 с.
2. Тихонов, А.С. Элементы физико-химической теории деформируемости сплавов / А.С. Тихонов. -М.: Металлургия, 1972. -203 с.
3. Анселл, Г.С. –В кн.: Физическое металловедение. -Т.3 / Пер. с англ. Г.С. Анселл. -М.: Мир, 1969. -С.327-370.
4. Финкель, В.Ф. Физика разрушения / В.Ф. Финкель. -М.: Металлургия, 1970. -376 с
5. С.Т. Бадурдинов. Малый патент Республики Таджикистан № TJ 878, МПК C22C 21/00. Способ получения модифицированных силуминов с наименьшей окисляемостью / Заявитель и

патентообладатель: И.Н. Ганиев, А.Э. Бердиев, Х.О. Одиназода., Ф.Ш. Зокиров, и др. / №1601050; заявл.06.08.16; опубл. 23.02.18, Бюл.133, - 2017, - 2с.

6. Анодное поведение сплава Zn55Al, легированного никелем в среде электролита NaCl / И. Н. Ганиев, Д. Н. Алиев, З. Ф. Нарзуллоев, Ф. М. Аминов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 2(42). – С. 42-46. – EDN XZRGDJ.

7. Влияние добавок Индия на коррозионную устойчивость, теплоемкость и изменения термодинамических функций алюминиевого сплава AB1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода [и др.] // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2022. – № 3(94). – С. 81-91. – EDN QJSGYR.

8. Раджабалиев, С. С. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18%Fe / С. С. Раджабалиев, И. Н. Ганиев, И.Т. Амонов // Вопросы материаловедения. – 2016. – № 2(86). – С. 147-151. – EDN WDCAPR.

9. Влияние титана на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава аж 0.3Mg0.25 в среде электролита 3,0%- ного NaCl / И. Н. Ганиев, Н. Б. Саидов, С. С. Раджабалиев, Ф. С. Давлатзода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2022. – № 1(57). – С. 59-64. – EDN RZRJXZ.

АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА АК12, ЛЕГИРОВАННОГО СКАНДИЕМ, В ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ NaCl

С.Т. Бадурдинов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В данной работе изучено влияние хлорид-ионов на анодное поведение сплава АК12, легированного скандием, в растворе NaCl с концентрациями 3,0, 0,3 и 0,03%. Работа проводилась потенциодинамическим методом. При добавлении электролита концентрация хлорид-ионов уменьшается, а потенциал свободной коррозии смещается в область положительных значений до концентрации редкоземельных металлов 0,5% по весу.

Ключевые слова: сплав АК12, скандий, энергия активации, потенциостатический метод, потенциалы свободной коррозии, питтинг, репассивация, скорость коррозии.

ANODIC BEHAVIOR OF SCANDIUM-ALLOYED AK12 ALLOY IN A NaCl ELECTROLYTIC ENVIRONMENT

S.T. Badurdinov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This paper examines the effect of chloride ions on the anodic behavior of scandium-alloyed AK12 alloy in a NaCl solution with concentrations of 3.0, 0.3, and 0.03%. The study was conducted using the potentiodynamic method. With the addition of electrolyte, the chloride ion concentration decreases, and the free corrosion potential shifts toward positive values up to a rare earth metal concentration of 0.5% by weight.

Keywords: AK12 alloy, scandium, activation energy, potentiostatic method, free corrosion potentials, pitting, repassivation, corrosion rate.

Маълумот дар бораи муаллиф

Бадурдинов Саъдуло Тоҷидинович - муаллими калони кафедраи маводшиносӣ, мошинҳо ва таҷҳизоти металлургӣ, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, телефон: (992) 902-02-70-27, почтаи электронӣ: sbadurdinov@gmail.com

УДК 536.631

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ5К10 МОДИФИЦИРОВАННОГО С БАРИЕМ

И.Н. Ганиев¹, Ф. Холмуродов², А.Г. Сафаров²(¹Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана,
город Душанбе, Республика Таджикистан, ²Физико-технический институт им. С.У. Умарова
НАН Таджикистана)

Аннотация. Исследование коэффициента теплоотдачи осложняется скоростью протекающих тепловых процессов. Исходя из этого расчет значений коэффициента теплоотдачи представляется сложной задачей. Предложено расчетно-экспериментальное измерение, позволяющий рассчитывать коэффициента теплоотдачи путем измерения теплоёмкости методом охлаждения. В работе представлены результаты расчета коэффициента теплоотдачи алюминиевого сплава АЖ5К10, модифицированного барием по известной удельной теплоёмкости эталонного образца из меди с использованием скорости охлаждения образцов.

Показано, что с увеличением температуры величины коэффициента теплоотдачи алюминиевого сплава АЖ5К10 с барием увеличивается.

Ключевые слова: теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи, режим «охлаждения», сплав алюминия, барий.

Введение

Проведены экспериментальные расчеты коэффициента теплоотдачи алюминиевого сплава АЖ5К10, модифицированного барием.

Определение коэффициента теплоотдачи является важнейшей задачей современной теплофизики как в фундаментальном, так и в прикладном плане. На сегодняшний день измерение характеристик теплообмена с высокой точностью и достаточным пространственным разрешением остается сложной задачей. Многообразие особенностей и режимных параметров не предполагает универсальных методик для определения теплообмена. В данной работе предлагается методика экспериментального исследования теплообмена на алюминиевых сплавах.

В данной работе представлены результаты расчета коэффициента теплоотдачи алюминиевого сплава АЖ5К10, модифицированного барием по известной удельной теплоёмкости эталонного образца из меди с использованием скорости охлаждения образцов [1-8].

Используя вычисленные данные по теплоемкости сплава АЖ5К10, модифицированного барием и экспериментально полученные скорости охлаждения образцов (табл.), был рассчитан коэффициент теплоотдачи (a , Вт/м²·К) для сплава АЖ5К10 с барием и эталона (Cu марки М00) по следующей формуле:

$$a = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0) \cdot S} \quad (1)$$

где: C_p^0 -теплоёмкость исследуемого образца, $m=\rho V$ -масса исследуемого образца, T - температура образца, T_0 -температура окружающей среды, S -площадь поверхности,

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau} \quad \text{.- скорость охлаждения} \quad (2)$$

Для сплава АЖ5К10, модифицированного барием, температурная зависимость коэффициента теплоотдачи представлена на рис. 1.

Таблица 1 - Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнении (2) для сплава АЖ5К10 с барием

Содержание бария в сплаве, мас. %	a , К	$b \cdot 10^{-3}$, $^{\circ}\text{C}^{-1}$	p , К	$k \cdot 10^{-5}$, $^{\circ}\text{C}^{-1}$	ab , $\text{K} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$	$pk \cdot 10^{-2}$, $\text{K} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$
АЖ5К10	488,5697	6,64	309,4336	5,30	3,25	1,64
0,05%Ba	493,5779	6,98	316,3000	5,94	3,45	1,88
0,1%Ba	493,2063	6,79	326,5295	6,64	3,35	2,17
0,5%Ba	495,8501	6,74	326,0076	6,55	3,34	2,14
1,0%Ba	485,6564	7,10	315,2493	5,72	3,45	1,80

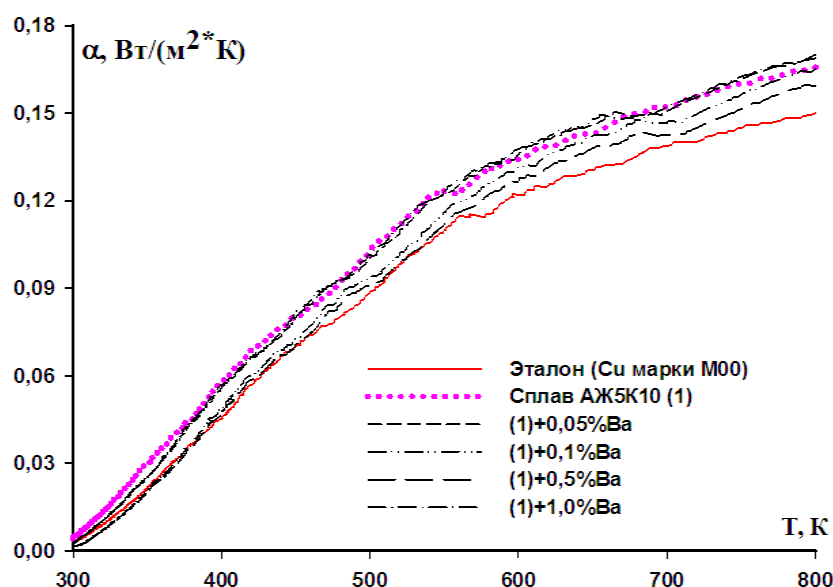


Рисунок 1. Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи алюминиевого сплава АЖ5К10 с барием и эталона (Cu марки М00).

В целом, выявлено, что с увеличением температуры величины коэффициента теплоотдачи алюминиевого сплава АЖ5К10 с барием увеличивается.

Литература

1. Ганиев, И.Н. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АЖ 4.5 с оловом / И.Н. Ганиев, А.Г. Сафаров, Ф.Р. Одинаев, У.Ш. Якубов, К. Кабутов // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия. -2019. -№ 1. -С. 50-58.
2. Ниёзов, О.Х. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций свинцового сплава ССуЗ с кальцием / О.Х. Ниёзов, И.Н. Ганиев, А.Г. Сафаров, Н.М. Муллоева, У.Ш. Якубов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Металлургия». - 2019. -Т. 19. -№ 3. -С. 33-43.
3. Температурная зависимость удельной теплоемкости сплава ак12, модифицированного иттрием / С. Т. Бадурдинов, И. Н. Ганиев, Р. Х. Саидов, Н. Ф. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 1(45). – С. 109-114. – EDN TMMIWX.
4. Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК1М2, легированного стронцием / И. Н. Ганиев, С. Э. Отаджонов, Н. Ф. Иброхимов, М. Махмудов // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 35-42. – DOI 10.17073/1609-3577-2018-1-35-42. – EDN KNSSRA.
5. Исмонов, Р. Д. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АБ1 (Al+1%Be), модифицированного галлием / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 31-34. – EDN АОIPPY.
6. Температурная зависимость удельной теплоемкости алюминового сплава АК12, модифицированного скандием / С. Т. Бадурдинов, И. Н. Ганиев, М. М. Махмадизода [и др.] //

Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 1(49). – С. 75-79. – EDN OSOPDN.

7. Влияние добавок индия на температурную зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АМг2 / Х. Х. Шарипова, И. Н. Ганиев, Н. И. Ганиева [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 2(46). – С. 71-78. – EDN GHPAGC.

8. Иброхимов, С. Ж. Влияния скандия и лантана на теплофизические свойства сплава "АМг4" / С. Ж. Иброхимов, Б. Б. Эшов, Н. Ф. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 2(38). – С. 33-37. – EDN YFPVOZ.

ТАҲҚИҚИ КОЭФФИЦИЕНТИ ГАРМИДИҲИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИИ АЖ5К10 БО БАРИЙ ЧАВҲАРОНИДАШУДА

И.Н. Ганиев, Ф. Холмуродов, А.Г. Сафаров

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Таҳқиқоти коэффисиенти гармидиҳӣ дар натиҷаи босуръати равандҳои гармӣ мушқилтар мешавад. Аз ин рӯ, ҳисоб кардани бузургҳои коэффисиенти гармидиҳӣ масъалаи мураккаб ба ҳисоб меравад. Бинобар ин таҳқиқи ҳисобкунӣ-таҷрибавӣ пешниҳод шудааст, ки имкон медиҳад коэффитсиенти гармидиҳиро тавассути чен кардани гармиғунҷоиш бо усули хунуккунӣ ҳисоб кунад. Дар мақола натиҷаҳои ҳисоб кардани коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи алюминии АЖ5К10, ки бо барий чавҳаронида шудааст, аз рӯйи гармиғунҷоиши маълуми намунаи мис, бо истифода аз суръати хунуккунии намунаҳо оварда шудааст.

Нишон дода шудааст, ки бо зиёд шудани ҳарорат коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи алюминии АЖ5К10 бо барий меафзояд.

Калидвожаҳо: гармиғунҷоиш, коэффитсиенти гармидиҳӣ, речаи «хунуккунӣ», хӯлаи алюминий, барий.

STUDY OF THE HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF ALUMINUM ALLOY AZH5K10 MODIFIED WITH BARIUM

I.N. Ghaniev, F. Kholmurodov, A.G. Safarov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. Investigating the heat transfer coefficient is complicated by the rate of thermal processes. Therefore, calculating heat transfer coefficient values is a complex task. A calculation and experimental measurement is proposed that allows calculating the heat transfer coefficient by measuring the heat capacity using the cooling method. The paper presents the results of calculating the heat transfer coefficient of aluminum alloy AZh5K10 modified with barium based on the known specific heat capacity of a copper reference sample using the cooling rate of the samples.

It has been shown that the heat transfer coefficient of the AZh5K10 aluminum alloy with barium increases with increasing temperature.

Keywords: heat capacity, heat transfer coefficient, "cooling" mode, aluminum alloy, barium.

Маълумот дар бораи муаллифон

Ганиев Изатулло Наврӯзович - Академики АМИТ, д.и.х., профессор, мудири лабораторияи «Маводҳои ба зангзанӣ тобовар»-и Институти химияи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com.

Холмуродов Фитрат - н.и.ф.м., дотсент, ходими пешбари илмии Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АМИТ. E-mail: fitratk@mail.ru.

Сафаров Амиршо Ғоибович – д.и.т., дотсент сарҳодими илмии Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АМИТ. E-mail: amirsho71@mail.ru.

УДК 669.017.11

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМ Al-Li

Н.И. Ганиева

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе приведена общая физико-механическая и химическая характеристика алюминия, легированного литием

Ключевые слова: окисление сплавов, алюминий-литий, гетерогенная пленка, оксидная пленка.

Введение

Алюминий-литиевые сплавы являются новым классом широко известных алюминиевых систем и характеризуются прекрасным сочетанием механических свойств: малой плотностью, повышенным модулем упругости и достаточно высокой прочностью. Это позволяет создавать аэрокосмическую технику с меньшей массой, что даёт возможность экономии горючего, увеличения грузоподъемности и улучшения других характеристик летательных аппаратов [1].

Алюминиевые сплавы, легированные литием, относятся к стареющим системам и отличаются сложностью фазовых и структурных превращений в процессе их термообработки. Эти изменения оказывают сильное влияние на характеристики трещиностойкости, вязкости разрушения, коррозионной стойкости и сопротивления циклическим нагрузкам. Поэтому их изучение представляет большое научное и практическое значение [1, 2].

Увеличение содержания лития уменьшает плотность алюминия. Добавки лития в пределах твердого раствора приводят к непрерывному увеличению удельного сопротивления. Модуль упругости алюминия возрастает с увеличением содержания лития. При максимальной растворимости лития в твердом растворе модуль упругости составляет 8000 кг/мм². Увеличение содержания лития приводит к повышению прочностных характеристик алюминия. При содержании лития до 2% прочность сплавов возрастает без снижения пластичности, при дальнейшем увеличении содержания лития пластичность резко снижается. Литий при концентрациях до 0,8% придаёт алюминиевым сплавам повышенную стойкость к коррозии, более высокую, чем у чистого алюминия [1 - 3].

Система Al-Li. Диаграмма состояния системы Al-Li многократно уточнялась, как экспериментально с использованием методов термического и рентгеновского анализов, измерений электросопротивления и микротвердости, так и с помощью теоретических расчетов [4-9].

Приведенная на рис. 1. диаграмма состояния системы алюминий-литий суммирует все работы по исследованию этой системы. В системе обнаружено существование интерметаллических соединений AlLi, Al₂Li₃, Al₄Li₉ и метастабильной фазы Al₃Li.

Самое богатое алюминием соединение Al₃Li (метастабильная фаза), образуется при старении сплавов путем упорядочения при температуре ниже 500⁰С. Это соединение имеет хорошее кристаллографическое соответствие с матрицей алюминиевого твердого раствора. Эквивалентное соединение AlLi плавится конгруэнтно при 700⁰С и при кристаллизации образует со своими компонентами фазу переменного состава (твердый раствор) в пределах от 44 до 56 (ат.) % Li. Соединения Al₂Li₃ и Al₄Li₉ образуются по перитектическим реакциям: Ж + AlLi ↔ Al₂Li₃, Ж + Al₂Li₃ ↔ Al₄Li₉ при 520 и 330⁰С, соответственно. По данным исследований [9,10] эвтектическое превращение Ж ↔ Al + AlLi протекает со стороны алюминия при температуре 597⁰С и содержит 26 (ат.) % Li. Эвтектика Ж ↔ Al₄Li₉ + Li богатая литием (98,8(ат.) % Li) плавится при 177⁰С. Растворимость лития в алюминии при эвтектической температуре составляет 16 (ат.) % и при 527⁰С достигает ~ 10 (ат.) %.

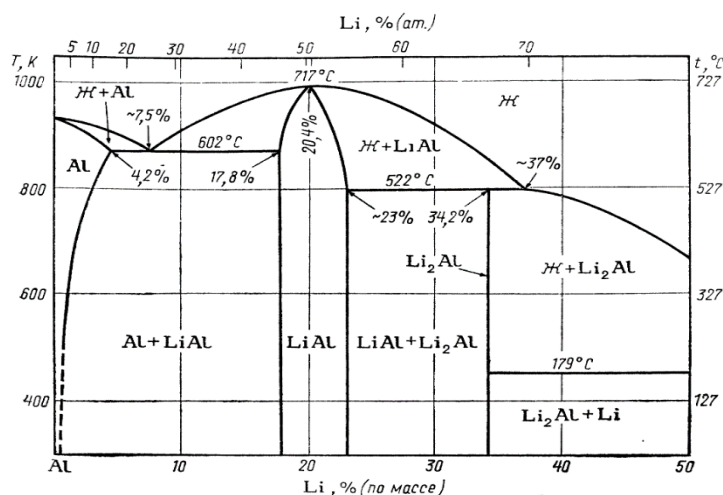


Рисунок 1. Диаграмма состояния системы алюминий – литий [10]

Характеристики соединений, образующихся в этой системе интерметаллидов приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Характеристика бинарных соединений, образующихся в системе Al-Li [11, 12]

Соединение	Структурный тип	Пространственная группа	Периоды решетки, нм		
			а	в	с
AlLi	NaT1	Fd ₃ m	0.6368	-	-
Al ₂ Li ₃	Bi ₂ Te ₃	R ₃ m	0.4508	-	1.4259
Al ₁₄ Li ₉	Al ₁₄ Li ₉	B ₂ /m	1.9155	0.5429	0.4499
Метастабильная фаза Al ₃ Li	AuCu ₃	Fm ₃ m	0.4010	-	-

По мере увеличения содержания лития параметр решетки алюминия уменьшается до $a = 0,4047$ нм при концентрации 4,2 (ат.) % Li. При растворении каждых 0,25(ат.) % Li электросопротивление повышается на $1 \cdot 10^{-9}$ Ом·м. Магнитная восприимчивость уменьшается: в сплаве с 0,25(ат.) %Li она составляет $8 \cdot 10^{-3}$ мм³/моль. Поверхностное натяжение также снижается. Теплопроводность резко понижается с увеличением содержания лития в твердом растворе: теплопроводность сплава с 1,5 (ат.) % Li в твердом растворе при 177⁰С в три раза меньше, чем теплопроводности чистого алюминия [10].

Повышение предел прочности в отожженных сплавах невелико, но закаленные при 527-597⁰С и состаренные при 152-202⁰С сплавы имеют HV до 1100 МН/м² (5-6 (ат.) % Li) и до 1300 МН/м² (12 (ат.) % Li). Предел прочности $\sigma_b \leq 240 \div 260$ МН/м², а $\sigma_{0,2} \leq 180 \div 200$ МН/м². В результате холодной деформации между закалкой и старением может быть достигнута более высокая прочность (≤ 350 МН/м²). Жаропрочность также повышается: при 227⁰С предел прочности сплава с 3 (ат.) % Li составляет $160 \div 180$ МН/м², тогда как чистый алюминий при этой температуре имеет $\sigma_b = 20$ МН/м². Сопротивление ползучести повышается значительно, энергия активации вторичной стадии ползучести в сплаве с 3,3 (ат.) % Li составляет 1,35 эв. [11].

Добавка 1 мас.% лития снижает плотность алюминия на 3%. Кроме того, возможность получения пересыщенных твердых растворов лития в алюминии позволяет значительно повысить их прочность в результате закалки (рис. 2.)

Исследования зависимости потенциала коррозии сплавов от времени показывает, что с

увеличением содержания лития в алюминии потенциал коррозии образцов смещается в отрицательную сторону. Наиболее значительное изменение потенциала коррозии наблюдается при содержании лития от 1 до 4 мас. % и составляет (- 0,480 В) [12-16].

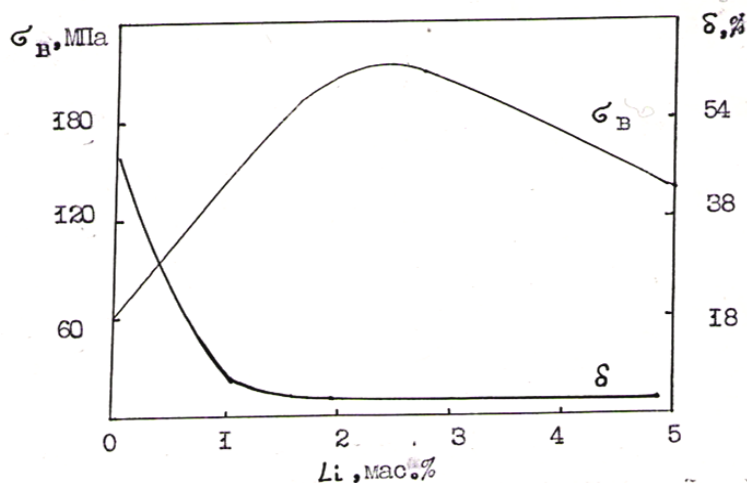


Рисунок 2. Механические свойства сплавов системы Al-Li, закаленных и состаренных при 185⁰С в течение 10 ч. [4 - 9]

В работе [13, 14] исследовано окисление сплавов системы алюминий-литий на воздухе в температурном интервале 500 – 1100⁰С и показано, что при добавках лития к алюминию в количестве 0,02 - 0,2 мас.% образуется гетерогенная пленка (Li₂O + α -Al₂O₃). С увеличением температуры и продолжительности окисления оксидная пленка обогащается литием, а его концентрация увеличивается к поверхности реагирования. Оксидная пленка на поверхности сплава сохраняет однородность и высокие защитные свойства.

Литература

1. Фридляндер, И.Н. / И.Н. Фридляндер, К.В. Чуистов, А.Л. Березина, Н.Н. Колобнев // Алюминий-литиевые сплавы. Структура и свойства. – Киев, «Наукова думка», 1992. – 672 с.
2. Фридляндер, И.Н. Металловедение алюминия и его сплавов. – М.: «Металлургия», 1971. – 384 с.
3. Фридляндер, И.Н. Конструкционные сплавы (серия: Алюминиевые сплавы). – М.: «Металлургия», 1968. – 241 с.
4. Costas LP. and Marshall R.P. The solubility of Lithium in Aluminium // Transactions of AIME. 1962. V.224.- P.970-974.
5. Levine E.D. and Ropperpart E.J. The Aluminium-Lithium phase diagram // US Atomic Energy Commission, Division of Technical Information. 1962. 6. Feb.
6. Podlucky R., Jansen J.F., Guo X.Q., Freeman A.J. First-principles electronic structure approach for phase diagrams of binary alloys // Phys. Rev. B: Condens Matter. 1988. 37. №10.
7. Liu D.R., Williams D.B. Determination of the δ' solvus line in Al-Li alloys by measurement of the δ' volume fraction // Scr. met. 1988. 22. №9.-P.1361-1365.
8. Gonis A., Sluiter M., Turchi P.E.A. Electronic structure alloy phase stability and phase diagrams // J. Less. Common. Metals. 1991. 168. №1.- P.127-144.
9. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюм-х сплавов. – М.: Металлургия. 1979.- 639с.
10. Фридляндер И.Н., Яценко К.П., Семенова З.Г. и др. Сплавы на алюминиево-бериллиевой основе // Металловед. и терм. обработка металлов. 1965. № 3.- С.2-5.
11. Норова М.Т., Ганиев И.Н., Назаров Х.М., Шамсиддинов А.Д. Коррозионно-электрохимические свойства сплавов системы алюминий-литий // Рукоп. депон. ТаджНПИЦентре. Вып.1. 1999. № 003 (1245) - Та99. -4 с.

12. Чистяков Ю.Д., Мальцев М.В. Электронографическое изучение процессов окисления алюминиевых сплавов // Кристаллография. 1957. Т.2. Вып.5. -С.628-633.
13. Назаров, Ш. А. Влияние неодима на анодное поведение сплава Al+6%Li, в нейтральной среде / Ш. А. Назаров, И. Н. Ганиев, Н. И. Ганиева // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 1(37). – С. 47-63. – EDN WWATQO.
14. Изучение диаграммы состояния трёхкомпонентной системы иттербий-алюминий-кальций / Т. Д. Джураев, Ф. К. Рахимов, Э. Р. Газизова, У. С. Джумаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2016. – № 3(35). – С. 27-33. – EDN YPSUIJ.

ТАШАКУЛЛИ СОХТ ВА ХОСИЯТҲОИ ХҶЛАҲОИ СИСТЕМАИ Al-Li

Н.И. Ганиева

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола хусусиятҳои умумии физикӣ, механикӣ ва химиявии алюминий бо литий омехташуда пешниҳод карда мешавад.

Калидвожаҳо: оксидшавии ҳӯла, алюминий-литий, пардаи гетерогенӣ, пардаи оксидӣ.

STRUCTURE FORMATION AND PROPERTIES OF ALLOYS OF THE Al-Li SYSTEM

N.I. Ganieva

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This paper presents the general physical, mechanical, and chemical characteristics of lithium-alloyed aluminum.

Keywords: alloy oxidation, aluminum-lithium, heterogeneous film, oxide film.

Сведение об авторе

Ганиева Наргис Изатуллоевна – к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование» ТТУ имени академика М.С. Осими

УДК 669.017.

ГАРМИҶУНҶОИШИ ХОСИ ХҶЛАИ САХТИ АЛЮМИНИЙИ АК12 БО ИТТЕРБИЙ, ВОБАСТА АЗ ҲАРОРАТ

С.Т. Бадурдинов

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин кор натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии гармиғунҷоиши хоси ҳӯлаи алюминийи АК12, ки бо иттербий чавҳаронида шудааст пешкаш гардидааст. Нишон дода шудааст, ки бо афзоиши ҳарорат гармиғунҷоиши ҳӯлаҳо зиёд шуда, ҳангоми иловаи иттербий бошад он каме коҳиш меёад, ки ин бо тағйирёбии сохтори ҳӯлаи АК12 дар натиҷаи чавҳаронидан алоқаманд аст.

Калидвожаҳо: ҳӯлаи алюминийи АК12 – иттербий – речаи хунуккунӣ – гармиғунҷоиши хос – вобастагии ҳарорат.

Муқаддима

Омӯзиши хосиятҳои физикӣ ва механикии ҳӯлаҳои алюминий айни замон аҳамияти калон дорад, зеро онҳо дар бахшҳои гуногуни саноатӣ васеъ истифода мешаванд. Аммо, маълумот дар бораи таъсири иттербий ба гармиғунҷоиши ҳӯлаи алюминийи АК12 дар интернет ё адабиёти дастраси умум қариб вучуд надорад. Ғайр аз ин, хосиятҳои термофизикии металлҳо ва ҳӯлаҳо дар ҳолати "хунуккунӣ" ба қадри кофӣ омӯхта нашудаанд. Баробарии тағйирёбии ҳарорати объект дар ҳолати "хунуккунӣ" аз як қатор омилҳои беруна, ба монанди шиддат дар шабакаи барқии оташдон, гузаронандагии гармии муҳити атроф ва ғайра таъсир мерасонад, ки ин маънои онро дорад, ки ҳангоми ташкили таҷриба бояд омилҳои сершумор ба назар гирифта шаванд [1,2].

Натиҷаҳои таҷрибавӣ ва муҳокима

Қонуни хунуккунии Нютон-Рихман барои чен кардани гармигунҷоиши хоси металлҳо истифода мешавад. Ҳар як ҷисм дар ҳарорати баландтар аз муҳити атроф хунук мешавад ва суръати хунукшавӣ аз коэффитсиенти интиқоли гармӣ ва бузургии гармигунҷоиши ҷисм вобаста аст [3, 4].

Ҳангоми муқоисаи қатъаҳои хунукшавии ду миллаҳои металлӣ шакли муайн (ҳарорат ҳамчун функсияи вақт), ки яке аз онҳо ҳамчун намунаи меъёрӣ хизмат мекунад (суръати хунуккунӣ ва гармигунҷоиши он маълум аст), гармигунҷоиши меҳвари дигарро бо ҳисоб кардани суръати хунуккунии он ҳисоб кардан мумкин аст [5-10].

Миқдори гармӣ δQ аз даст додани ҷисми қаблан гармшуда бо массаи m ҳангоми хунукшудан T бо истифода аз ифодаи зерин ҳисоб кардан мумкин аст:

$$\delta Q = C_p^0 m dT \quad (1)$$

дар инҷо C_p^0 - гармигунҷоиши хоси моддае, ки ҷисм аз он иборат аст.

Бо фарз кардани он, ки энергия тавассути сатҳи тана гум мешавад, чунин мешуморанд, ки миқдори гармӣ гумшуда дар тӯли муддати муайяни $d\tau$ ба фарқияти ҳарорати бадан δQ_s ва муҳити атроф T_0 , масоҳати сатҳ S ва вақти τ мутаносиб хоҳад буд.

$$\delta Q_s = -\alpha(T - T_0) \cdot S d\tau \quad (2)$$

Дар фарқияти ҳарорат 1К, коэффитсиенти интиқоли гармӣ α (Вт/м²·К) ҳамеша доимӣ нест ва аз фарқияти ҳарорат вобаста аст, ки ин қонунро тақрибӣ мекунад. Ҳангоми баррасии чараёни гармӣ ҳамчун вектор, бояд қайд кард, ки он ба самти амудӣ ба масоҳати сатҳ нигаронида шудааст, ки тавассути он бо фарқияти ҳарорат воҳидӣ, миқдори α -и гармӣ интиқолшуда дар як воҳиди вақт аз 1 м² сатҳ мегузарад. Як қатор омилҳо ба чараёни гармӣ таъсир мерасонанд: геометрияи ҷисм, ҳолати сатҳ ва самти чараён; речаи чараён ва намуди конвексия; ҳарорати танба; навъи гармигузаронанда ва ҳарорати он. Дар натиҷа, функсияи α -и раванди интиқоли гармӣ бузургии ҷадвалӣ набуда, балки бо роҳи таҷрибавӣ муайян карда мешавад, ки бузургии ҳисобшуда мебошад.

Вақте ки гармӣ аз ҷисм ба тавре хориҷ мешавад, ки ҳарорати ҳамаи нуқтаҳои он баробар тағйир ёбад бо муодилаи зерин татбиқ карда мешавад:

$$\delta Q = \delta Q_s \text{ и } C_p^0 m dT = -\alpha(T - T_0) \cdot S d\tau \quad (3)$$

Ифодаи (3)-ро метавон чунин ифода кард:

$$C_p^0 m \frac{dT}{d\tau} = -\alpha(T - T_0) S \quad (4)$$

Бо фарз кардани он, ки C_p^0 , ρ , α , T ва T_0 дар фосилаҳои хурди ҳарорат аз координатаҳои нуқтаҳои сатҳи намуна, ки то ҳамаи ҳарорати муҳит гарм карда мешаванд, вобаста нестанд, барои ду намуна муносибати (4) чунин хоҳад буд:

$$C_{p_1}^0 m_1 S_1 \alpha_1 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 S_2 \alpha_2 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2 \quad (5)$$

Татбиқи ин баробарӣ барои ду намуна, ки яке аз онҳо ибтидоӣ буда, шароит ва андозаҳои сатҳӣ ($S_1=S_2$)-и баробар дорад, имкон медиҳад, ки коэффитсиентҳои интиқоли гармӣ онҳо ба $\alpha_1=\alpha_2$ баробар бошанд ва сипас муодилаи (5) чунин навишта мешавад:

$$C_{p_1}^0 = C_{p_2}^0 \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2}{\left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1} = C_{p_2}^0 \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right)_2}{\left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right)_1} \quad (6)$$

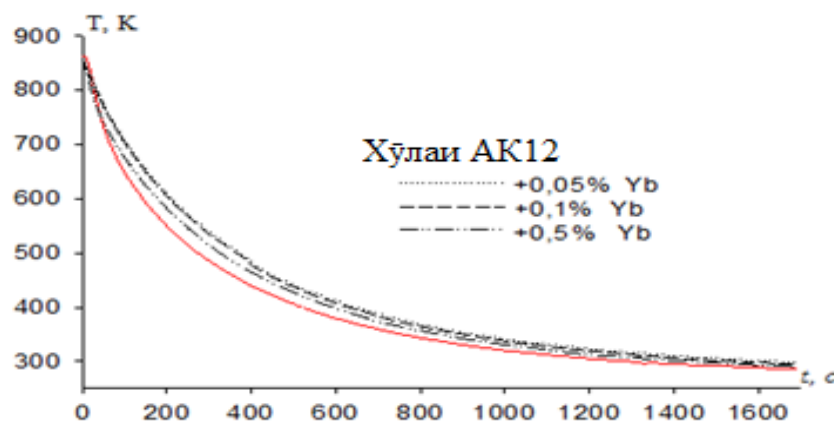
Аз ин муодила, бо донишони гармигунҷоиши хоси $C_{P_1}^0$ асли, суръати хунуккунии асли ва намунаҳо $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1$, $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2$ ва массаҳои онҳо m_1 ва m_2 , мо метавонем гармигунҷоиши намунаи номаълумро $C_{P_2}^0$ ҳисоб кунем:

$$C_{P_2}^0 = C_{P_1}^0 \frac{m_1}{m_2} \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}, \quad (7)$$

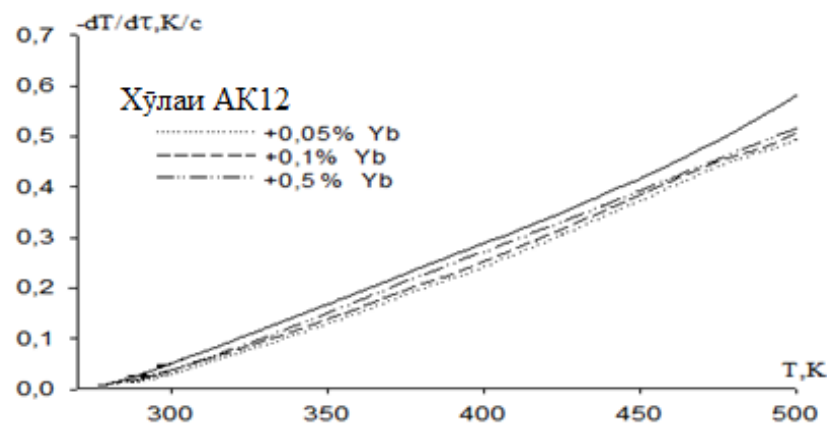
ки дар инҷо: m_1 ва m_2 мутаносибан массаҳои асли ва намунаи озмоишӣ мебошанд

Бо усули таҷрибавӣ қачхатаҳои хунуккунии намунаҳои хӯлаи АК12, ки бо иттербий нисбат ба вақт гирифта шуда, дар расми 1 нишон дода шудааст. Қачхатҳои $dT/d\tau$ - T барои хӯлаи АК12, ки бо иттербий ҷавҳаронида шудааст, дар расми 2 нишон дода шудааст.

$$T = T_0 + \frac{1}{2} \left[(T_1 - T_0) e^{-\tau/\tau_1} + (T_2 - T_0) e^{-\tau/\tau_2} \right] \quad (8)$$



Расми 1. Графики вобастагии ҳароратии намунаҳо аз вақти хунуккунии хӯлаи АК12, ки бо иттербий ҷавҳаронида шудааст.



Расми 2. Вобастагии ҳароратии намунаҳо аз суръати хунуккунии хӯлаи АК12, ки бо иттербий ҷавҳаронида шудааст.

Суръати хунуккунии намунаҳо бо истифода аз муодилаи (10) ҳисоб карда шуд. Қиматҳои коэффитсиентҳо дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.

Гармигунҷоиши хӯлаи АК12, ки бо иттербий ҷавҳаронида шудааст, бо истифода аз муодилаи (7) ҳисоб карда мешавад.

Бо истифода аз маълумоти адабиёти мавҷуда ва коркарди нишондодҳои гармигунҷоиши хӯлаи АК12 бо иттербий, ки ҳангоми таҷриба дар барномаи *Sigma Plot* ба даст оварда шудаанд, муодилаҳо барои вобастагии гармигунҷоиши хос аз ҳарорат ба даст оварда шуд (коэффитсиентҳои коррелятсияи мувофиқ дар қавсҳо нишон дода шудаанд):

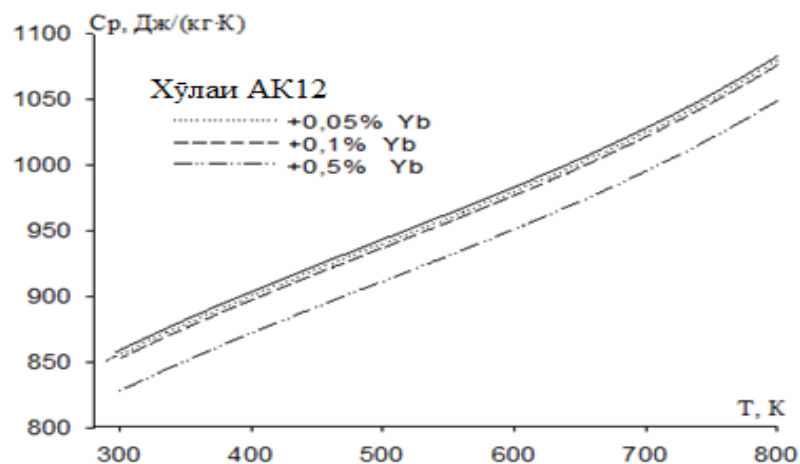
Ҷадвали 1. Бузургии коэффитсиентҳо аз муодилаи (10) барои ҳӯлаи АК12, бо иттербий чавҳаронидашуда

Миқдори иттербий дар ҳӯлаи АК12, % -и вазн	$\Delta T_1, K$	τ_1, C	$\Delta T_2, K$	τ_2, C	$\Delta T_1/\tau_1, K/c$	$\Delta T_2/\tau_2, K/c$	$\Delta T_0, K$
Ҳӯлаи АК12	209.89	161.68	338.62	503.78	1.30	0.67	297.41
+0.05 Yb	184.87	182.21	386.29	514.83	1.01	0.75	284.95
+0.1 Yb	184.87	182.21	386.29	514.83	1.01	0.75	280.95
+0.5 Yb	106.07	62.89	464.56	427.94	1.69	1.09	284.22

$$C_p^{0AK12} = 646.0491 + 1.0066 T - 1.2356 \cdot 10^{-3} T^2 - 8.2498 \cdot 10^{-7} T^3 \quad (R = 0.9997)$$

$$C_p^{0Yb} = 171.1765 - 0.143 T + 3.60 \cdot 10^{-4} T^2 - 2.13 \cdot 10^{-7} T^3 \quad (R = 0.9997) \quad (11)$$

Барои ҳӯлаи АК12 бо иловаҳои иттербий, вобастагии ҳарорат ва гармигунҷоиши хос дар расми 3 нишон дода шудааст.



Расми 3. Вобастагии ҳарорат аз гармигунҷоиши хос барои ҳӯлаи АК12, ки бо иттербий чавҳаронида шудааст.

Хулоса

Вобастагии гармигунҷоиши ҳӯлаи АК12, ки бо иттербий чавҳаронида шудааст, аз ҳарорат дар ҳолати "хунуккунӣ" ба таври таҷрибавӣ муайян карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки дар натиҷаи зиёд шудани ҳарорат гармигунҷоиши ҳӯлаҳо меафзояд, ҳангоми иловаи иттербий бошад паст мешавад, ки ин бо тағйирёбии сохтори ҳӯлаи АК12 дар натиҷаи чавҳаронидан алоқаманд аст.

Адабиёт

1. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение.) Справочник // Под общей редакцией И.Н. Фридляндера. Киев: Коминтех. 2005. 365с.
2. Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. М.: МИСиС. 2005. 376 с.
3. Низомов, З. Исследование температурной зависимости удельной теплоёмкости алюминия марок ОСЧ и А7 / З. Низомов, Б. Гулов, И.Н. Ганиев [и др.] // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2011. -Т.54. -№1. -С.53-59.
4. Иброхимов, Н.Ф. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З. Низомов, Н.И. Ганиева С.Ж. Ибрахимов // Физика металлов и металловедение. - 2016, т.117, №1, С.53–57.

5. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 384 с.
6. Температурная зависимость удельной теплоемкости сплава АК12, модифицированного иттрием / С. Т. Бадурдинов, И. Н. Ганиев, Р. Х. Саидов, Н. Ф. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 1(45). – С. 109-114. – EDN TMMIWX.
7. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Иброхимов С.Ж. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 // Физика металлов и металловедения. 2016. т.117. №1. С.53-57.
8. Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава АМг4 // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2014. т.16. №4. С.256-260.
9. Исмонов, Р. Д. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АБ1 (Al+1%Be), модифицированного галлием / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 31-34. – EDN AOIPRY.
10. Температурная зависимость удельной теплоемкости алюминиевого сплава АК12, модифицированного скандием / С. Т. Бадурдинов, И. Н. Ганиев, М. М. Махмадизода [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 1(49). – С. 75-79. – EDN OSOPDN.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК12 МОДИФИЦИРОВАННОГО ИТТЕРБИЕМ

С.Т. Бадурдинов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментального исследования удельная теплоемкость алюминиевого сплава АК12, модифицированного иттербием. Показано, что с ростом температуры теплоемкость сплавов увеличивается, а от количества иттербия незначительно уменьшается, что связано с изменением структуры сплава АК12 в результате модифицирования.

Ключевые слова: алюминиевый сплав АК12 – иттербий - режим «охлаждения» - удельная теплоемкость – температурная зависимость.

TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE HEAT CAPACITY OF YTTERBIUM-MODIFIED AK12 ALUMINUM ALLOY

S.T. Badurdinov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This paper presents the results of an experimental study of the specific heat capacity of ytterbium-modified AK12 aluminum alloy. It is shown that the alloy's heat capacity increases with increasing temperature and decreases slightly with the amount of ytterbium, which is associated with changes in the AK12 alloy's structure as a result of modification.

Keywords: AK12 aluminum alloy – ytterbium – cooling mode – specific heat – temperature dependence.

Маълумот дар бораи муаллиф

Бадурдинов Саъдуло Тоҷидинович - муаллими калони кафедраи маводшиносӣ, мошинҳо ва таҷҳизоти металлургӣ, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, телефон: (992) 902-02-70-27, почтаи электронӣ: sbadurdinov@gmail.com
УДК 669.017.

ТАЪСИРИ ВИСМУТ БА РАФТОРИ АНОДИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИЙИ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ДАР МУҲИТИ 0,3%-И NaCl

О.Ш. Шерализода, И.Н. Ганиев, С.С. Раҷабалиев

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Бо истифода аз усули потенциостатикӣ дар реҷаи потенциодинамикӣ бо суръати кушоишӣ потенциалии 2 мВ/с, рафтори анодии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, ки бо висмут чавҳаронида шудааст, омӯхта шуд. Натиҷаҳо нишон доданд, ки илова намудани миқдори висмут аз 0.01 до 0.5 % - вазн, муқовимати ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3-ро ба зангзанӣ дар муҳити электролитии NaCl зиёд менамояд.

Калидвожаҳо: алюминий, висмут, ҳӯла, ба зангзани устуворӣ, потенциали озоди зангзанӣ, қачхаттаҳои анодӣ.

Муқаддима

Дар солҳои охир таваҷҷуҳ ба таҳия ва татбиқи маводди нави конструксионии дорои хосиятҳои беҳтари механикӣ ва муқовимати баланд ба коррозия нисбат ба маводди анъанавӣ афзуда истодааст. Бо дарназардошти ин, тадқиқ ва коркарди ҳӯлаҳои нави алюминий бо иловаи элементҳои гуногуни чавҳаркунанда, ки ба муҳитҳои ғайбӣ устувор буда, қобилияти баландтари пароканда кардани энергия доранд, аҳамияти махсус касб мекунад [1].

Алюминий ва ҳӯлаҳои он аз рӯи ҳаҷми истифода пас аз пулод дар ҷойи дуюм қарор доранд. Гуногунчиҳата будани истифодаи онҳо бо маҷмуи хосиятҳои арзишмандии химиявӣ, физикӣ ва механикӣ, инчунин бо мавҷудияти захираҳои зиёди табиӣ алюминий дар қабати замин вобаста аст. Бо вучуди ин, дар шароити рушди синтези ҳӯлаҳои нав ва татбиқи онҳо дар техника ва технология, инчунин васеъ гардидани соҳаҳои истифода, бахусус дар муҳитҳои ғайбӣ, масъалаи тадқиқи муқовимати зангзании алюминий ва ҳӯлаҳои он аҳамияти бештар пайдо мекунад ва омӯзиши амиқро талаб менамояд [2 – 7].

Таъсири висмут ва иони Cl ба рафтори зангзанию электрохимиявии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 дар муҳити электролитии NaCl бо консентратсияи 0,3 %-и масса омӯхта шуданд.

Натиҷаҳои, ки ҳангоми омӯзиши рафтори анодии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо миқдори гуногуни висмут чавҳаронида шудаанд ва ба даст омадаанд, дар расмҳои 1, 2 ва дар ҷадвалиҳои 1, 2 дарҷ гардиданд.

Ҳангоми омӯзиши рафтори зангзанӣ-электрохимии ҳӯлаҳои мазкур вобастагии потенциали озоди зангзанӣ дар мудатӣ 60 дақиқаи нигоҳдорӣ дар электролит тадқиқ карда шуд ва аз натиҷаҳои он маълум гардид, ки ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо висмут чавҳаронидашуда потенциали электродро ба самти мусбат мукӯҷонад (ҷадвали 1 ва расми 1).

Ҳангоми ғарқ кардани намунаҳо ба муҳити электролитии 0,3%-и NaCl потенциали озоди зангзанӣ зиёд мешавад. Нигоҳдории минбаъдаи намуна дар муддати як соат дар муҳити электролитӣ потенциали статсионарро ба вучуд меорад, ки бо ҳосилкунии плёнкаҳои муҳофизатӣ дар рӯи намунаҳо алоқаманд аст.

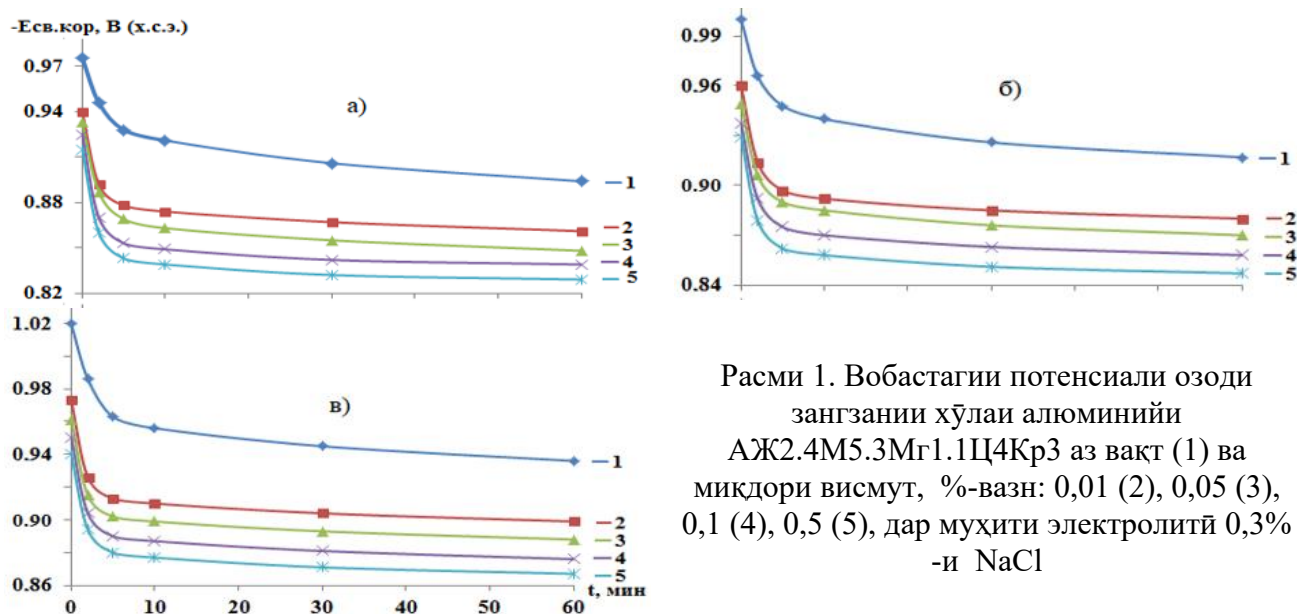
Хусусиятҳои электрохимиявии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, бо висмут чавҳаронидашуда, ки бо суръати тобишӣ потенциалӣ 2 мВ/с ба қайд гирифта шуда, дар ҷадвали 2 нишон дода шудааст. Муқаррар карда шуд, ки бо зиёдшавии миқдори висмут потенциали зангзанӣ, пitting-ҳосилкунӣ ва репассиватсияи ҳӯлаи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 зиёд мешаванд. Зиёдшавии миқдори висмут, боиси кам шудани зичии ҷараён ва суръати зангзании ҳӯлаи ибтидоӣ мегардад.

Аз шохаҳои катодии қачхаттаҳои потенциодинамикии суръати зангзании ҳисобкардашуда, дида мешавад, ки иловаҳои висмут, суръати зангзании ҳӯлаи ибтидоии алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3-ро аз 30 то 60 фоиз кам мекунад.

Ҷадвали 1 - Вобастагии потенциали озоди зангзании (- E_{св. кор.}, В) аз вақт барои ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 аз миқдори висмут дар таркиби ҳӯла, дар муҳити электролити NaCl

Муҳит NaCl, %-и вазн	Вақти нигоҳдорӣ, дақиқа	Миқдори висмут дар таркиби ҳӯла, %-и вазн				
		0.0	0.01	0.05	0.1	0.5
0,3	0	1,000	0,960	0,949	0,937	0,929
	0,2	0,990	0,946	0,936	0,922	0,914

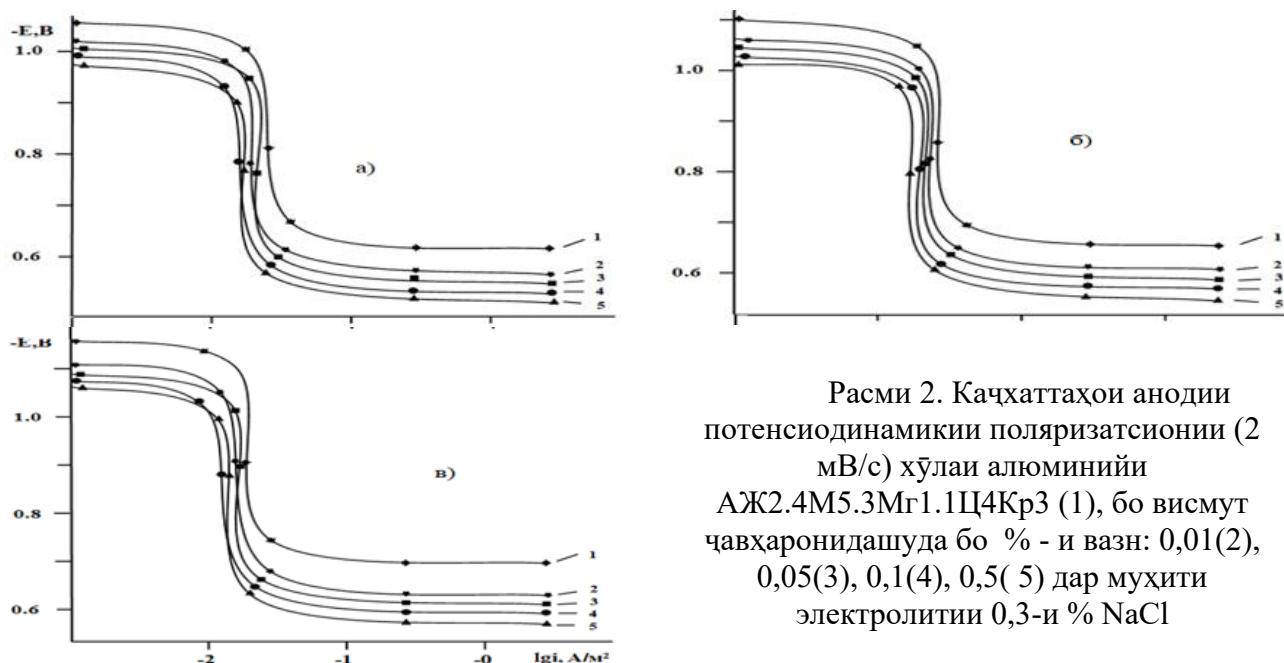
	0,4	0,983	0,933	0,924	0,908	0,900
	0,6	0,974	0,920	0,912	0,898	0,886
	2	0,966	0,914	0,906	0,892	0,879
	4	0,954	0,902	0,995	0,880	0,867
	5	0,948	0,897	0,890	0,875	0,862
	10	0,940	0,892	0,885	0,870	0,858
	20	0,932	0,888	0,880	0,866	0,854
	30	0,926	0,885	0,876	0,863	0,851
	40	0,923	0,882	0,873	0,860	0,849
	50	0,919	0,880	0,871	0,859	0,847
	60	0,917	0,880	0,870	0,858	0,847



Ҷадвали 2 - Хусусиятҳои зангзанӣ-электрохимиявӣ хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, ки бо висмут ҷавҳаронидашуда, дар муҳити электролитии NaCl

Муҳити NaCl, % - и вазн	Миқдори висмут дар таркиби хӯла, % -и вазн	Потенциалҳои электрохимиявӣ, В (х.с.э.)				Суръати зангзанӣ	
		-Е _{св.кор}	-Е _{кор}	-Е _{п.о}	-Е _{рп}	i _{кор.} , А/м²	K·10³, г/м²·ч
0,3	0.00	0,917	1,100	0,694	0,838	0,39	13,65
	0.01	0,880	1,064	0,652	0,812	0,32	10,72
	0.05	0,870	1,049	0,637	0,800	0,29	9,71
	0.1	0,858	1,028	0,619	0,800	0,25	8,37
	0.5	0,847	1,014	0,603	0,792	0,23	7,70

Дар расми 2 қачхаттаҳои потенциодинамикӣ нишон дода шудаанд, ки рафтори анодии хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3-и бо висмут ҷавҳаронидашударо тавсиф мекунад. Дар хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда, дар муқоиса бо хӯлаи аслии АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, дар қачхаттаҳои потенциодинамикӣ, минтақаи ҳолати фаъол ва ғайрифавол ба самти потенциали мусбат майл менамояд ва бо зиёд шудани консентратсияи элементҳои ҷавҳарӣ коҳишёбии қараёни зангзанӣ ба мушоҳида мерасад. Ин дар навбати худ, бо ҷойивазкунии потенциали пинингҳосилкунӣ ба самти мусбат майл мекунад.



Расми 2. Качхаттаҳои анодии
потенсиодинамикии поляризатсионии (2
мВ/с) ҳулаи алюминийи
АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 (1), бо висмут
ҷавхаронидашуда бо % - и вазн: 0,01(2),
0,05(3), 0,1(4), 0,5(5) дар мухити
электролитии 0,3-и % NaCl

Адабиёт

1. Мондольфо, Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. –М.: Metallurgia, 1979. – 640с.
2. Раджабалиев, С.С. Физико-химические свойства сплава АЖ2,18 легированного оловом, свинцом и висмутом: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.16.09/ Раджабалиев Сафомудин Сайдалиевич. – Душанбе, 2018. – 146с.
3. Белов Н.А., Кольцов А.В. Фазовая диаграмма системы $Al - Cu - Fe - Mg - Si$ в области $Al - Cu$ сплавов // Изв. вузов. Цветная металлургия, 2002. – №2. – С. 37-48.
4. Назаров, Ш. А. Влияние неодима на анодное поведение сплава $Al+6\%Li$, в нейтральной среде / Ш. А. Назаров, И. Н. Ганиев, Н. И. Ганиева // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 1(37). – С. 47-63. – EDN WWATQO.
5. Раджабалиев, С. С. Влияние свинца на анодное поведение сплава $Al + 2,18\%Fe$ / С. С. Раджабалиев, И. Н. Ганиев, И.Т. Амонов // Вопросы материаловедения. – 2016. – № 2(86). – С. 147-151. – EDN WDCAPR.
6. Потенциостатическое исследование алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом / О. Ш. Давлатов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода, С. С. Раджабалиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 1(53). – С. 33-37. – EDN MMFSDA.
7. Электрохимическое поведение сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом, в среде электролита 3% -ного NaCl / О. Ш. Давлатов, Х. О. Одиназода, И. Н. Ганиев, С. С. Раджабалиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 3(47). – С. 63-66. – EDN EQNOEF.
8. Анодное поведение сплава АБ1, легированного галлием, в среде электролита 0,3%-ного NaCl / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров, К. А. Самиев // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2017. – № 2(29). – С. 7-10. – EDN ZISY TZ.

ВЛИЯНИЕ ВИСМУТА НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 В СРЕДЕ 0,3%-ГО NaCl

О.Ш. Шерализода, И.Н. Ганиев, С.С. Раджабалиев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. С использованием потенциостатического метода в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с было изучено анодное поведение алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного висмутом. Результаты показали, что добавление висмута в количестве от 0,01 до 0,5 мас.% повышает коррозионную стойкость алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 в электролитической среде NaCl.

Ключевые слова: алюминий, висмут, сплав, коррозионная стойкость, свободный коррозионный потенциал, анодные кривые.

EFFECT OF BISMUTH ON THE ANODIC BEHAVIOR OF ALUMINIUM ALLOY АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 IN A 0.3% NaCl MEDIUM

O.Sh. Sheralizoda, I.N. Ganiev, S.S. Rajabaliyev
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. Using the potentiostatic method in the potentiodynamic mode with a potential scan rate of 2 mV/s, the anodic behavior of the aluminium alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 alloyed with bismuth was studied. The results showed that the addition of bismuth in the amount of 0.01 to 0.5 wt.% increases the corrosion resistance of the aluminium alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 in a NaCl electrolytic environment.

Keywords: aluminium, bismuth, alloy, corrosion resistance, free corrosion potential, anodic curves.

Маълумот оиди муалифон

Шерализода Ориф Давлат - муаллими калони кафедраи механикаи назариявӣ ва муқовимати маводи ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, E-mail: davlatov_orif@mail.ru тел. (+992) 985-09-14-64

Ганиев Изатулло Наврузович - академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, д.и.к., профессор, E-mail: ganiev48@mail.ru тел. (+992) 93-488-48-79

Рачабалиев Сафомудин Сайдалиевич - н.и.т., дотсенти кафедраи масолеҳшиносии мошинҳо ва таҷҳизоти металлургии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, E-mail: safomudinradzabaliyev@gmail.com тел. (+992) 933310934

УДК 669.017.

ОКИСЛЕНИЕ КИСЛОРОДОМ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ЦИНКОВО-АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Zn55Al, МИКРОЛЕГИРОВАННОГО ЦИРКОНИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

Дж.Н. Алиев
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе исследовано кинетика высокотемпературного окисления твердых металлических образцов на основе цинково-алюминиевых сплавов, микролегированных цирконием в газовой среде при различных температурах. Анализ кинетики окисления микролегированного цирконием сплава Zn55Al в газовой среде показал интенсивное повышение скорости окисления во времени в начальных стадиях. Образующиеся оксидные плёнки Al_2O_3 и ZrO имеют пониженные защитные свойства в начальных стадиях, и по мере нарастания толщины оксидной плёнки процесс окисления протекает до полного окисления образцов.

Ключевые слова: цинково-алюминиевый сплав Zn55Al, цирконий, истинная скорость окисления, кажущаяся энергия активации.

Введение

Газовая коррозия является наиболее часто встречающимся видом химической коррозии и обычно протекает при высоких температурах в газах и парах агрессивных веществ, когда

исключена возможность их конденсации на поверхности металла, поэтому ее называют высокотемпературной коррозией. Это коррозия железа, чугуна и сталей в атмосфере, коррозия под действием продуктов сгорания топлива, коррозия в атмосфере хлора и хлороводорода. Высокотемпературная коррозия чаще всего происходит в атмосфере кислородосодержащих газов. На поверхности изделий из металлов и сплавов появляется оксидный слой, который может тормозить процесс окисления. Защитное действие пленки тем выше, чем лучше ее сплошность и ниже диффузионная способность. Сплошность пленки, образующейся на поверхности металла, можно оценить по отношению объема образовавшегося оксида или другого какого-либо соединения к объему израсходованного на образование этого оксида металла (фактор Пиллинга – Бэдвордса) [1].

Защита от коррозии – это комплекс мероприятий, направленных на предотвращение и замедление коррозионных процессов, сохранение и поддержание работоспособности узлов и агрегатов машин, оборудования и сооружений в требуемый период их эксплуатации. Способы защиты от коррозии выбирают на стадии конструирования и осуществляют в процессе изготовления и эксплуатации. Выбор материалов должен обеспечивать его коррозионную устойчивость, рациональные формы допускать быструю очистку от грязи, машина не должна иметь мест скопления влаги [2].

Понимание поведения металла при окислении требует знания кинетики и скоростей реакции, их зависимости от температуры и давления кислорода, а также состава и структуры продуктов реакции [3].

Цель данной работы заключается в исследовании кинетики высокотемпературного окисления твердого цинково-алюминиевого сплава Zn55Al, микролегированного цирконием различной концентрации в газовой среде при различных температурах.

Цинково-алюминиевые сплавы различного состава в основном применяются в качестве защитного покрытия металлических изделий. Расширение областей их применения требует систематических исследований физико-химических и коррозионных свойств сплавов с участием элементов второй группы Периодической таблицы. Однако в литературе отсутствуют сведения о влиянии циркония на коррозионную стойкость сплава Zn55Al (Гальфан II) как в обычных условиях, так и при высоких температурах. В связи с этим нами были проведены исследования высокотемпературного окисления сплава Zn55Al, микролегированного цирконием, кислородом газовой фазы [4].

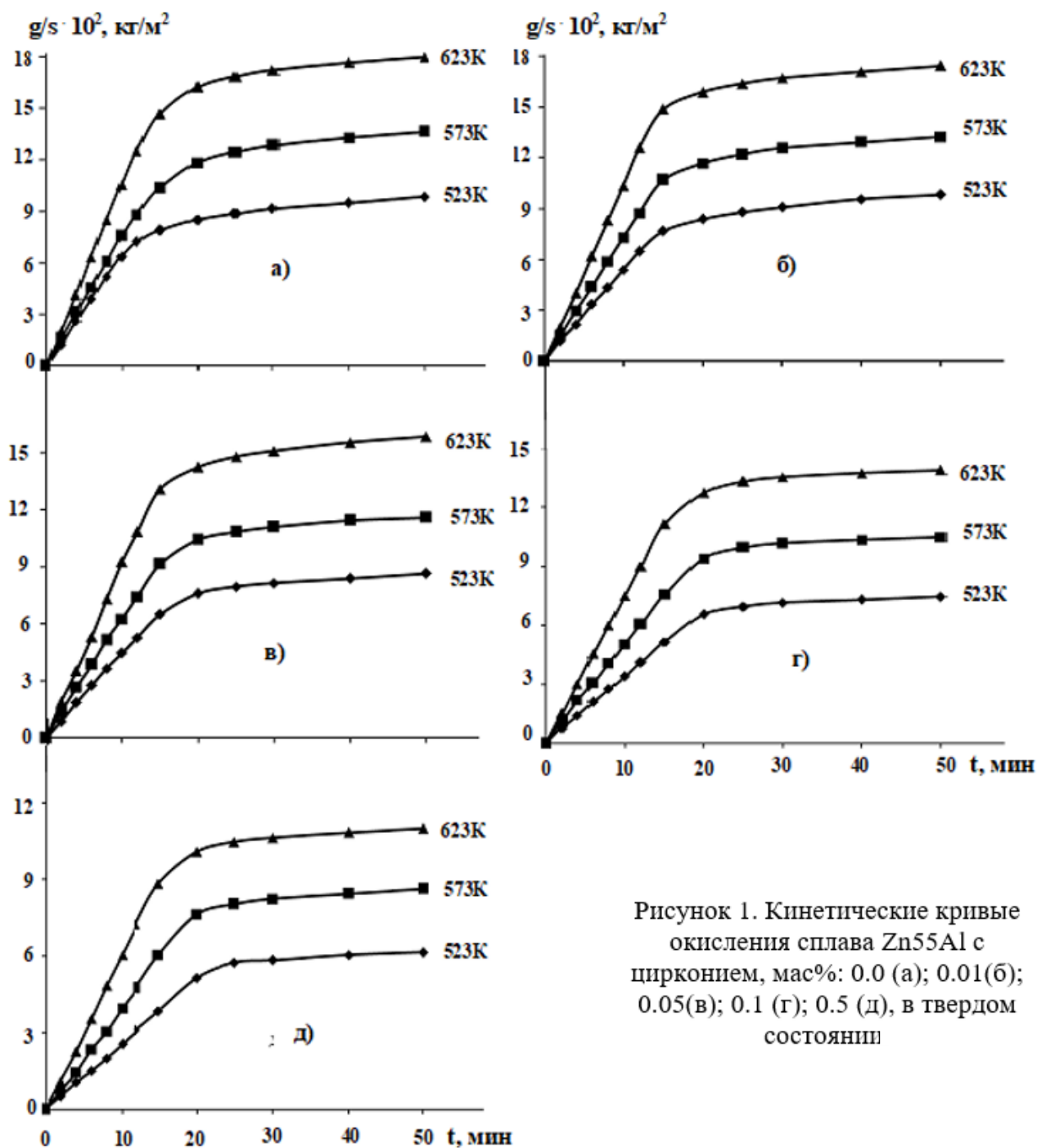
В качестве исходного материала использовали цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и легатуру алюминия с цирконием (2% Zr). Из указанных металлов были получены сплавы в корундовых тиглях, в печи электрического сопротивления, в интервале температур 700–850°C. Взвешивание шихты производили на аналитических весах АРВ-200 с точностью $0.1 \cdot 10^{-4}$ кг. Шихтовка сплавов проводилась с учётом угара металлов. После выдержки до нескольких минут при нужной температуре, расплав тщательно перемешивали и отливали образцы. Перед исследованием образцы сплава очищали от образующегося оксида.

Исследование влияния температуры и химического состава на кинетику окисления цинково-алюминиевого сплава Zn55Al, микролегированного цирконием, в твёрдом состоянии, проводили методом термогравиметрии с непрерывным взвешиванием образцов на воздухе по методике, описанной в работах [5 – 8].

Результаты исследования влияния добавок циркония на кинетику окисления цинково-алюминиевого сплава Zn55Al, содержащего 0.01; 0.05; 0.1; 0.5 мас.% циркония при температурах 523K, 573K и 623K приведены в таблицах 1 и 2 и на рис. 1.

Для исследования влияния циркония на кинетику окисления сплава Zn55Al была синтезирована серия сплавов с содержанием циркония от 0.01 до 0.5% (по массе).

Методом термогравиметрии изучали кинетику окисления цинково-алюминиевого сплава Zn55Al с цирконием в твёрдом состоянии.



В таблице 1 приведены кинетические и энергетические параметры процесса окисления цинково-алюминиевого сплава Zn55Al с цирконием в твёрдом состоянии. Данные параметры указывают на то, что добавки циркония к исходному цинково-алюминиевому сплаву Zn55Al увеличивают кажущуюся энергию активации окисления сплавов.

Установлено, что при одинаковых температурах у цинково-алюминиевого сплава Zn55Al с добавкой 0.01, 0.05, 0.1 и 0.5 мас.% циркония истинная скорость окисления немного ниже, чем у исходного цинково-алюминиевого сплава Zn55Al. Очевидно, что на начальной стадии процесса образовавшаяся оксидная пленка не обладает достаточными защитными свойствами. Об этом свидетельствует увеличение скорости окисления сплавов в зависимости от температуры.

Истинная скорость окисления, рассчитанная по касательным, определенным от начала до кривых окисления, и определенная согласно выражению, $K = g/s \cdot \Delta t$, для сплава Zn55Al, легированного 0.5% циркония, соответствует от $1.17 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ до $3.00 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, соответственно при температурах 523, 573 и 623K. Для данного сплава кажущаяся энергия

активации окисления, которая вычисляется по тангенсу наклона прямой зависимости $\lg K - 1/T$, равна 208.26 кДж/моль (табл. 1).

Таблица 1 - Кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплава Zn55Al, микролегированного цирконием, в твёрдом состоянии

Содержание циркония в сплаве Zn55Al, мас%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $K \cdot 10^{-4}$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Кажущаяся энергия активации окисления, кДж/моль
0,0	523K	2,13	154,51
	573K	2,81	
	623K	3,73	
0,01	523K	1,84	160,06
	573K	2,56	
	623K	3,51	
0,05	523K	1,62	171,07
	573K	2,34	
	623K	3,37	
0,1	523K	1,40	190,64
	573K	2,03	
	623K	3,20	
0,5	523K	1,17	208,26
	573K	1,90	
	623K	3,00	

С повышением значения температуры наблюдалось повышение скорости окисления образцов, которое демонстрировано на рис. 1. Далее процесс окисления изучаемых сплавов с цирконием протекал по разным механизмам. Например, сплавы с 0.01, 0.05, 0.1 и 0.5 мас.% циркония с повышением температуры ведут с явных тенденций к росту скорости окисления.

Из рис. 1 (б) видно, что в течении 15-20 минут кинетические кривые окисления цинково-алюминиевого сплава Zn55Al с 0.01 мас.% цирконием характеризуются значительными скоростями окисления.

Значения истинной скорости окисления цинково-алюминиевого сплава Zn55Al, содержащего 0.01 мас.% циркония изменяются от $1,84 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ до $3,51 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ при температурах 523K, 573K и 623K с энергией активации 160,06 кДж/моль (табл. 1).

В таблице 2 представлены квадратичные кинетические окисления и их алгоритмы для сплава Zn55Al с цирконием (0.01...0.5 мас.%) в координатах $(g/s)^2 - t$.

В основном выражении, описывающем зависимость $y = k \cdot x^n$ (y -привес сплавов, x -продолжительность окисления), значения n варьируют от 2 до 5, что указывает на гиперболический механизм процесса окисления сплавов, имеющих коэффициент корреляции $R=0.997-0.999$.

Изохронные окисления сплавов, с цирконием представлены на рис. 2, а. Видно, что с увлечением концентрации циркония скорость окисления уменьшается, как при 10 минутной выдержке сплавов в окислительной атмосфере (кривая 1), так и при 20-минутной выдержке (кривая 2). Эта закономерность более четко выражается при 623K, о чем также свидетельствует увеличение кажущейся энергии активации с ростом концентрации циркония в сплаве Zn55Al.

Таблица 2 - Результаты обработки кривых окисления сплава Zn55Al, микролегированного цирконием, в твёрдом состоянии

Содержание циркония в сплаве, мас. %	Температура окисления, К	Полиномы кривых окисления сплавов	Коэффициент Регрессии R, %
0,0	523K	$y = -0,6 \cdot 10^{-6} x^5 - 0,5 \cdot 10^6 x^4 - 0,002 x^3 + 0,010 x^2 + 0,660 x$	0,997
	573K	$y = -0,7 \cdot 10^{-9} x^5 - 0,5 \cdot 10^8 x^4 - 0,003 x^3 + 0,029 x^2 + 0,688 x$	0,999
	623K	$y = -0,6 \cdot 10^{-4} x^5 - 0,008 x^3 + 0,095 x^2 + 0,756 x$	0,999
0,01	523K	$y = -0,6 \cdot 10^{-1} x^5 - 0,5 \cdot 10^6 x^4 - 0,002 x^3 + 0,026 x^2 + 0,477 x$	0,997
	573K	$y = -0,6 \cdot 10^{-1} x^5 - 0,5 \cdot 10^9 x^4 - 0,003 x^3 + 0,044 x^2 + 0,593 x$	0,999
	623K	$y = -0,6 \cdot 10^{-5} x^5 - 0,006 x^3 + 0,073 x^2 + 0,8 x$	0,999
0,05	523K	$y = -0,6 \cdot 10 x^5 - 0,5 \cdot 10^4 x^4 - 0,001 x^3 + 0,022 x^2 + 0,374 x$	0,999
	573K	$y = -0,6 \cdot 10^2 x^5 - 0,5 \cdot 10^6 x^4 - 0,002 x^3 + 0,030 x^2 + 0,546 x$	0,999
	623K	$y = -0,6 \cdot 10^{-3} x^5 - 0,005 x^3 + 0,061 x^2 + 0,706 x$	0,999
0,1	523K	$y = -0,6 \cdot 10^4 x^5 + 0,003 x^3 - 0,024 x^2 + 0,411 x$	0,999
	573K	$y = -0,6 \cdot 10^5 x^5 + 0,003 x^3 - 0,031 x^2 + 0,597 x$	0,999
	623K	$y = -0,6 \cdot 10^2 x^5 - 0,5 \cdot 10^4 x^4 - 0,001 x^3 + 0,021 x^2 + 0,664 x$	0,998
0,5	523K	$y = -0,6 \cdot 10^3 x^5 + 0,003 x^3 - 0,024 x^2 + 0,315 x$	0,999
	573K	$y = -0,6 \cdot 10^3 x^5 + 0,002 x^3 - 0,006 x^2 + 0,368 x$	0,999
	623K	$y = -0,7 \cdot 10^{-2} x^5 - 0,5 \cdot 10^6 x^4 - 0,003 x^3 + 0,043 x^2 + 0,433 x$	0,999

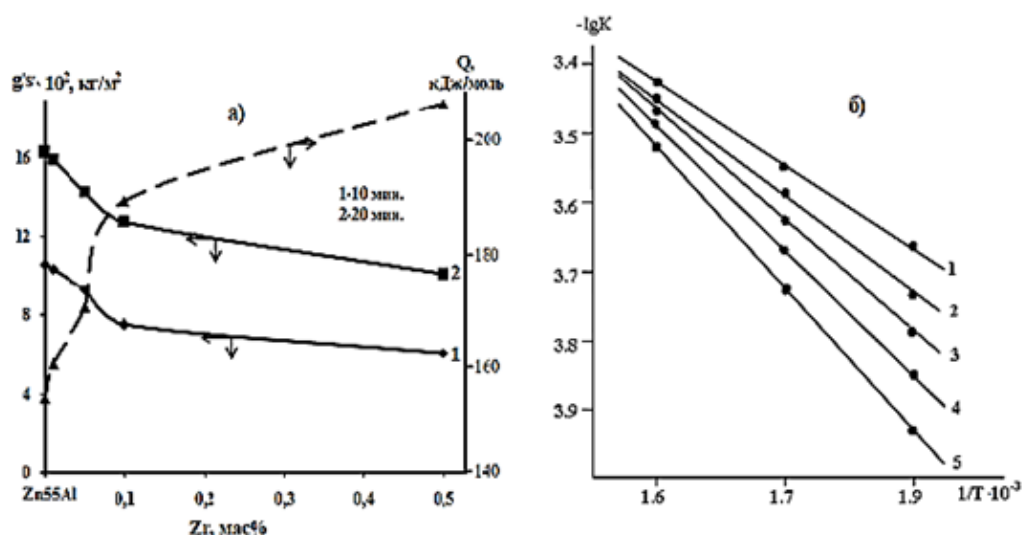


Рисунок 2. Изохронны окисления цинково-алюминиевого сплава Zn55Al с цирконием при температуре 623K (а) и зависимость $-\lg K$ от $1/T$ (б) для сплава Zn55Al (1), микролегированного цирконием: 0.01(2); 0.05(3); 0.1(4); 0.5(5)

На основе проведенных исследований кинетики окисления сплава Zn55Al с цирконием в твёрдом состоянии установлены кинетические параметры процесса окисления сплавов при температурах 523K, 573K и 623K. Во всех случаях окисление сплавов протекает по гиперболическому закону. Выявлено, что скорость окисления уменьшается, соответственно, с ростом содержания циркония в сплаве Zn55Al. Уменьшение скорости окисления сопровождается соответствующим увеличением величины кажущейся энергии активации от 154.51 до 208.26 кДж/моль.

Литература

1. Алиев Дж.Н., Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Цинково-алюминиевые защитные покрытия нового поколения. Физико-химические свойства цинк - алюминиевых сплавов с щелочноземельными металлами. Германия: Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. –130 с.

2. Кечин В.А., Люблинский Е.Я. Цинковые сплавы. –М.: Металлургия, 1986. –32 с.
3. Лепинских Б.М., Киташев А.А., Белоусов А.А. Окисление жидких металлов и сплавов. М.: Наука, 1979, –116 с.
4. Пулотов П.Р., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Норова М.Т. Окисление промышленного сплава АМгЗ с добавками редкоземельных металлов. Известия АН Республики Таджикистан. Отд. Физ.-мат., хим., геол. и тех. наук. 2017. №4 (169). –С. 85-90.
5. Сироджидинов Э.Н., Обидов З.Р., Ганиев И.Н., Одинаева Н.Б. Окисление сплава Zn55Al, легированного галлием, кислородом воздуха. Вестник современных исследований. 2018. - №11-5 (26). - С. 459-465.
6. Алиев Дж.Н., Ганиева Н.И., Ганиев И.Н. Окисление сплава Zn55Al, легированного барием, кислородом газовой фазы. Доклады АН РТ, том. 56. -Душанбе: Дониш, 2013, №12. –С. 986-990.
7. Кинетика окисления алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be) с таллием в твердом состоянии / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 3(51). – С. 47-53. – EDN DDFMXN.
8. Влияние добавок титана на потенциал коррозии сплава Zn5Al в среде электролита NaCl / Д. Н. Алиев, И. Н. Ганиев, Ф. М. Аминов, З. Ф. Нарзуллоев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2016. – № 1(33). – С. 24-28. – EDN YPTJPH.

ОКСИДШАВИИ ХӢЛАИ РУӢӢ-АЛЮМИНИИ Zn55Al БО СИРКОНИЙ МИКРОЧАВӢАРОНИДАШУДА ДАР ФАЗАИ ГАЗИИ ОКСИГЕНӢ, ДАР ӢОЛАТИ САӢӢӢ

Ӣ.Н. Алиев

(ДТТ ба номи акад. М.С. ОсимӢ, ш. Душанбе, ӢумӢурии ТоӢикистон)

ШарӢи мухтасар. Дар ин кор кинетикаи оксидшавии баландӢарорати намунаӢои металлии саӢт дар асоси хӢлаӢои руӢӢ-алюминӢ, ки бо сирконий микрочавӢарӢ шудаанд дар муӢити газӢ дар ӢароратӢои гуногун омӢӢта шудаанд, тадқиқ гардидааст. ТаӢлили кинетикаи оксидшавии хӢлаи Zn55Al, ки бо сирконий микрочавӢарӢ шудааст дар муӢити газӢ афзоиши шадиди суръати оксидшавиро дар гузашти вақт дар марӢилаӢои аввал нишон дод. ПардаӢои оксидии Ӣосилшудаи Al₂O₃ ва ZrO дар марӢилаӢои ибтидоӢ ӢосиятӢои муӢофизатии паст доранд, ва дар баробари афзудани ғафсии пардаи оксидӢ раванди оксидшавӢ то пурра оксидшавии намунаӢо идома меёбад.

КалидвожаӢо: хӢлаи руӢӢ-алюминийи Zn55Al, сирконий, суръати воқеии оксидшавӢ, энергияи эӢтимолии фаъолгардӢ.

OXIDATION BY OXYGEN OF THE GAS PHASE OF ZINC-ALUMINUM ALLOY Zn55Al MICROLLOYED WITH ZIRCONIUM IN THE SOLID STATE

J.N. Aliev

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The work investigated the kinetics of high-temperature oxidation of solid metal samples based on zinc-aluminum alloys microalloyed with zirconium in a gaseous environment at different temperatures. An analysis of the oxidation kinetics of the Zn55Al alloy microalloyed with zirconium in a gas environment showed an intense increase in the oxidation rate over time in the initial stages. The resulting oxide films of Al₂O₃ and ZrO have reduced protective properties in the initial stages, and as the thickness of the oxide film increases, the oxidation process proceeds until the samples are completely oxidized.

Keywords: zinc-aluminum alloy Zn55Al, zirconium, true oxidation rate, apparent activation energy.

Маълумот дар бораи муаллиф

Алиев Чамшед Насридинович – н.и.т., дотсенти кафедраи нақшакашии муҳандисӣ ва компютери ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. E-mail: jamshed-7206@mail.ru

УДК 669.017:620.197

ВЛИЯНИЕ ТИТАНА НА ПОТЕНЦИАЛ КОРРОЗИИ СПЛАВА $\text{Al}+6\%\text{Li}$ В СРЕДЕ ВОДНОГО РАСТВОРА 3,0%-НОГО NaCl

²М.А. Абдулхакова, ¹А.М. Сафаров, ¹Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов)

¹(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан),

²Технологический университет Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала $2\text{мВ}\cdot\text{С}^{-1}$ исследовано коррозионно-электрохимическое поведение сплава AlLi , легированного титаном в среде электролита NaCl . Показано, что добавки титана уменьшают скорость коррозии сплава AlLi почти в 1,5-2 раза в среде электролита NaCl . При этом потенциалы пассивации и репассивации смещаются в положительную область, а потенциал коррозии уменьшается. С ростом концентрации хлорид-ионов в электролите скорость коррозии сплавов растёт, а электрохимические потенциалы сдвигаются в область отрицательных значений.

Ключевые слова: сплав Al-Li , титан, потенциостатический метод, водный раствор NaCl , потенциал коррозии, потенциал пассивации, скорость коррозии.

Введение

Алюминий, прежде всего, является «летающим» металлом. Его большая антикоррозионная стойкость является следствием появления на поверхности металла тончайшей и очень плотной оксидной пленки, которая взаимодействует с окружающей атмосферой и защищает металл от дальнейшего окисления. Однако различные примеси, например, железо, кремний, обычно присутствующих в чистом алюминии, не только препятствуют образованию оксидной пленки на алюминии, но и выпадают в виде интерметаллических соединений и в результате электрохимического воздействия на кристаллическую решетку оказывают сильное влияние на коррозионную стойкость сплава [1-3].

Целью настоящей работы является исследование анодного поведения алюминиево-литиевых, легированного титаном, в среде водного раствора 3,0 %-ного NaCl .

Материалы и методика эксперимента

Для приготовления сплавов использовали алюминий марки А995 (ГОСТ 55375-2012), лития-ЛЭ1 (ГОСТ 8774-75) и титана-Ті (ГОСТ 19807- 91). Содержание Ті в сплавах составляло, мас. %: 0,05; 0,1; 0,5; 1,0. Сплавы были синтезированы в корундовых тиглях в печи сопротивления, нагретой до $750-850^\circ\text{C}$, с алюминиево-титановой лигатурой и слоем флюса $\text{NaCl}-32,5$ и $\text{KCl}-32,5$. Для исследования микроструктуры и коррозионно-электрохимических свойств из расплавленного материала отливали цилиндрические образцы диаметром 8-10 мм и длиной 60-100 мм. Сплавы с литием готовили с помощью вакуумной термостойкой печи типа СНВЭ 1.3.1/16 в атмосфере гелия при давлении 0,5 МПа. Коррозионно-электрохимические исследования проводили потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме на потенциостате ПИ-50-1.1 с программатором ПР-8 в среде электролита NaCl со скоростью развертки потенциала $2\text{мВ}\cdot\text{С}^{-1}$ по методикам, описанным в работах [4-10]. В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный, а вспомогательным-платиновый. Все значения потенциалов приведены относительно этого электрода.

Сравнивая потенциал свободной коррозии алюминиево-литиевого сплава с добавками титана, в среде водного раствора 3,0%-ного NaCl можно отметить, что его значение для исходного сплава $\text{Al}+6\%\text{Li}$ составляет: -1.020В , а у сплавов с добавками 1,0 мас. % титан оно равняется: -0.960В , соответственно.

Анодные ветви поляризационных кривых сплава Al+6%Li, в среде водного раствора 3,0% - ного NaCl приведены на рис. 1. Ход кривых показывает, что с увеличением концентрации второго компонента (титан) происходит их смещение в положительную область и при этом повышается потенциал питтингообразования у сплавов по сравнению с чистым сплавом Al+6%Li. Кривые 2 и 5 с добавками 0.05 и 1.0 мас.% титана смещены в область более положительных значений потенциалов по сравнению с кривой 1 для исходного сплава. Подобная тенденция имеет место и в других исследованных средах (табл. 1).

Таблица 1 - Изменение потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{св.кор.}$, В) алюминия литиевым сплавом во времени, в среде водного раствора NaCl

Среда, NaCl мас.%	Содержание титана в сплаве мас.%	Время, мин.								
		1/5	1/3	2	5	20	30	40	50	60
3,0	-	1.450	1.380	1.200	1.110	1.065	1.050	1.037	1.026	1.020
	0.05	1.410	1.350	1.170	1.090	1.050	1.035	1.020	1.012	1.005
	0.1	1.389	1.330	1.140	1.070	1.030	1.020	1.010	0.993	0.990
	0.5	1.362	1.280	1.121	1.050	1.020	1.009	0.989	0.978	0.960
	1.0	1.320	1.241	1.092	0.010	0.997	0.985	0.975	0.966	0.960

Результаты коррозионно-электрохимических исследований сплава Al+6%Li представленные в таблице 2 свидетельствует о том, что добавка титана в пределах 0.05 ÷ 1,0 мас.% к алюминиево литиевому сплаву в среде 3,0%-ного водного раствора NaCl сдвигает потенциалы коррозии, репассивации и питтингообразования в положительную область значений и одновременно с этим повышается коррозионная стойкость сплава Al+6%Li. Скорость коррозии имеет минимальное значение при легировании сплава Al+6%Li 1,0 мас.% титаном, что является оптимальным в коррозионном отношении (табл. 2).

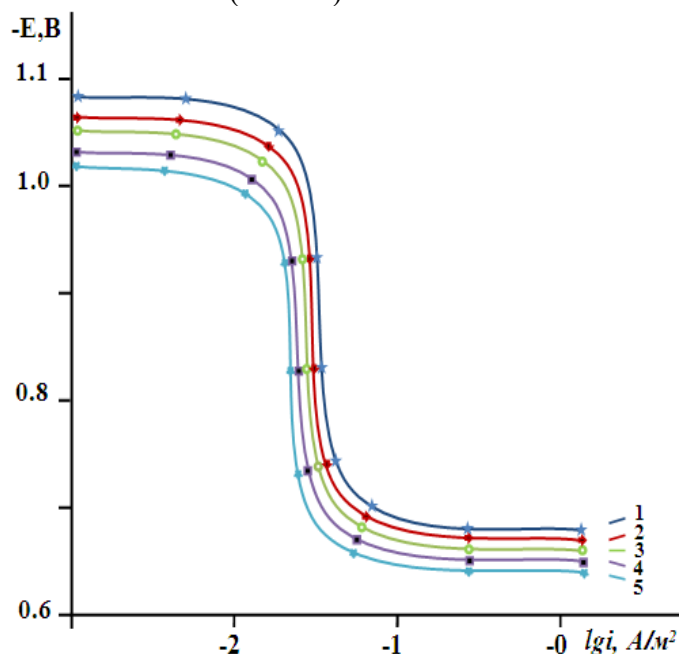


Рисунок 1. Анодные поляризационные (2мВ/с) кривые сплава Al+6%Li содержащего титана, мас.%; 0.0 (1); 0.05 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); 1.0 (5), в среде водного раствора 3,0% -ного NaCl

С целью выяснения механизма процесса коррозии и оценки коррозионной стойкости сплавов в растворе NaCl проведены электрохимические исследования в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала $2\text{мВ} \cdot \text{с}^{-1}$.

Таблица 2 - Коррозионно-электрохимические характеристики сплава Al+6%Li, в среде водного раствора NaCl

Среда NaCl	Содержание титана в сплаве	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
	мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{кор.}	-E _{по.}	-E _{реп.}	i _{кор.} ·10 ² , А/м ²	K·10 ³ , г/м ² ·ч
3,0	0,0	1.020	1.080	0.680	0.720	0.80	26.8
	0,05	1.005	1.065	0.670	0.709	0.77	25.7
	0,1	0.990	1.050	0.659	0.700	0.74	24.8
	0,5	0.975	1.035	0.650	0.690	0.71	23.7
	1,0	0.960	1.020	0.640	0.680	0.68	22.8

Что касается сплава Al+6%Li, то результаты, приведённые в таблице 2 показывают, что с увеличением концентрации титана до 1,0 мас.% питтингоустойчивость сплавов увеличивается, о чём свидетельствует смещение потенциала питтингообразования в более положительную область значений.

Заключение

Применительно к нашим исследованиям следует отметить, что с ростом концентрации хлорид-ионов в электролите наблюдается смещение в отрицательную область значения потенциалов питтингообразования сплава Al+6%Li с добавками титана (табл. 2). Добавки последнего положительно влияют на потенциал питтингообразования исходного сплава Al+6%Li, смещая его значение в положительную область. Данная тенденция имеет место во всех трёх исследованных средах электролита NaCl. Потенциал репассивации также облагораживается при легировании исходного сплава титаном.

Литература

1. Назаров Ш.А. Ганиев И.Н., Норова М.Т., Ганиева Н.И., Calliari I. Потенциодинамическое исследование сплава Al+6%Li с иттрием в среде электролита NaCl // Вестник МГТУ им. Носова, 2016, Т.14, №2, С. 95-100
2. Fei Zhang, Jian Shen, Xiao Dong and others Homogenization heat treatment of 2099 Al-Li Alloy // Rare Metals, 2014 Vol. 33 (1) p. 28-36.
3. Норова М.Т., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И. Коррозия алюминиево-литиевых сплавов с щелочноземельными металлами. Германия: Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012.- 110с.
4. Ходжаназаров Х.М. Влияние щелочных металлов на коррозионно-электрохимическое поведение свинцовых баббитов B(PbSb15Sn10) в среде раствора NaCl // Коррозия: защита, материалы. Приложение к журналу "Технология металлов". – 2025. – № 14. – С. 17-24.
5. Ганиев И.Н., Атоев Г.М., Исмонов Р.Д., Абдухоликова П.Н., Сафаров А.М. Анодное поведение сплавов системы Zn-In // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 3 (169). С. 101-109.
6. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Сафаров А.М. Анодное поведение алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be), легированного индием // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования, ТТУ №2 (62). Душанбе: ТТУ, 2023. - С. 59-63.
7. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.
8. Потенциостатическое исследование алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом / О. Ш. Давлатов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода, С. С. Раджабаалиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 1(53). – С. 33-37. – EDN MMFSDA.

9. Aliev, J. N. Influence of iron on the specific heat capacity and heat transfer coefficient of zinc-aluminum alloy Zn55Al / J. N. Aliev, Z. F. Narzullov, I. N. Ganiev // Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Studies. – 2024. – No. 1(65). – P. 74-77. – EDN BPKFOU.

10. Патент № 1123 TJ1123 Таджикистан, МПК C22C21/00. Алюминиевый сплав с бериллием : заявл. 13.04.2020; опубл. 16.11.2020 / Р. Д. Исмонов, М. З. Курбонова, И. Н. Ганиев [и др.] ; заявитель Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими. – EDN XDNXMC.

ТАЪСИРИ ТИТАН БА ПОТЕНСИАЛИ ЗАНГЗАНИИ ХӢЛАИ $\text{Al}+6\%\text{Li}$ ДАР МАХӢЛУЛИ ОБИИ $3,0\%\text{NaCl}$

²М.А. Абдулхакова, ¹А.М. Сафаров, ¹Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов)

(¹ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон,

²Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Рафтори зангзанию электрохимиявии хӢлаи Al-Li , ки бо титан дар электролити NaCl омехта шудааст, бо истифода аз усули потенциостатикӣ дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати потенциалии 2 мВ с^{-1} омӯхта шуд. Нишон дода шуд, ки иловаҳои титан суръати зангзании хӢлаи Al-Li -ро дар электролити NaCl тақрибан $1,5\text{--}2$ маротиба кам мекунад. Дар айни замон, потенциалҳои чуқурӣ ва репассиватсия ба арзишҳои мусбӣ мегузаранд ва потенциали зангзанӣ коҳиш меёбад. Дар баробари зиёд шудани консентратсияи ионҳои хлорид дар электролит суръати зангзании хӢлаҳо меафзояд ва потенциалҳои электрохимиявӣ ба қиматҳои манфӣ мегузаранд..

Калидвожаҳо: хӢлаи Al-Li , титан, махӢлули оби NaCl , рафтори анодӣ, усули потенциостатикӣ, суръати зангзанӣ, қараёни зангзанӣ.

EFFECT OF TITANIUM ON THE CORROSION POTENTIAL OF $\text{Al}+6\%\text{Li}$ ALLOY IN AN AQUEOUS SOLUTION OF $3.0\%\text{NaCl}$

²M.A. Abdulkhakova, ¹A.M. Safarov, ¹R.D. Ismonzoda (R.D. Ismonov)

(¹TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan,

²Tajikistan University of Technology, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The corrosion-electrochemical behavior of an AlLi alloy doped with titanium in a NaCl electrolyte was studied using the potentiostatic method in potentiodynamic mode at a potential sweep rate of 2 мВ s^{-1} . It was shown that titanium additives reduce the corrosion rate of the AlLi alloy by almost $1.5\text{--}2$ times in a NaCl electrolyte. At the same time, the pitting and repassivation potentials shift toward positive values, and the corrosion potential decreases. As the chloride ion concentration in the electrolyte increases, the corrosion rate of the alloys increases, and the electrochemical potentials shift toward negative values.

Keywords: Al-Li alloy, titanium, potentiostatic method, aqueous NaCl solution, corrosion potential, pitting potential, corrosion rate.

Сведения об авторах

Абдулхакова Махина Ахроровна – ассистент кафедры технологии пищевых производств технологического университета Таджикистана, тел: 9008866906, abdulhakova1989@mail.ru

Сафаров Ахрор Мирзоевич – д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими

Исмонзода Рустам Довуд – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими, телефон: (+992) 918786898, E-mail: ird-78@mail.ru;

УДК 669.017:620.197

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ СПЛАВА АК12 МОДИФИЦИРОВАННОГО СКАНДИЕМ

С.Т. Бадурдинов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе приведено методика определения окисления алюминиевого сплава АК12 модифицированного скандием. Показано, что скорость окисления алюминиево-кремниевых сплавов, сопровождается увеличением кажущейся энергии активации. Такая закономерность влияния скандия на окисляемость сплава АК12, наблюдается при всех исследованных составах. Сплав АК12, содержащий 0.5 мас.% скандия, имеет наименьшую скорость окисления по сравнению с исходным сплавом. Следовательно, допустимо модифицирование сплава АК12 в пределах от 0.005 до 0.5 мас.% скандием.

Ключевые слова: скандий, АК12, сплав, кажущейся энергии активации.

Введение

Повышенный интерес исследователей и производителей к алюминиево-кремниевым сплавам, связан с их широким использованием в промышленности. Однако разработка высокопрочных алюминиевых сплавов неразрывно связана с проблемой их окисления. Изучению процесса окисления двойных алюминиево-кремниевых сплавов посвящены работы [6-8]. Имеются ограниченные сведения о влиянии третьего компонента на окисляемость алюминиево-кремниевых сплавов. Промышленные сплавы содержат от 1.0 до 13 мас.% кремния и около 13 мас.% в сумме других элементов, таких как Si, Fe, Mg, Mn, Cu, Ni, Zn, Ti, Zr и Pb [78]. Имея высокую коррозионную стойкость и удовлетворительные механические свойства, сплавы системы алюминий-магний остаются перспективным материалом при разработке композиций более сложного состава. Выбор скандия как модифицирующего элемента основан на том, что среди редкоземельных металлов он наиболее стоек против окисления при нагревании вплоть до температуры 1173 К [1]. Согласно работе [8], скандий практически не окисляется при длительном хранении на воздухе при комнатной температуре благодаря образованию на его поверхности защитной пленки толщиной $\sim 50\text{\AA}$.

Методика определения кинетика окисления сплава АК12

Изучение кинетики процесса окисления металлов и сплавов проводилось методом термогравиметрии с использованием установки, принцип работы которой описан в работе [2]. Схема установки приведена на рис. 1.

Установка состоит из печи Таммана (1) с чехлом из оксида алюминия (2) для создания контролируемой атмосферы. Верхний конец чехла закрывается водоохлаждающими крышками (7), имеющими отверстие для газопроводящей трубки (3), термопары (5) и тигля (4) с образцом для исследования, подвешиваемого на платиновой нити (6) к пружине из молибденовой проволоки (12).

Предварительно откалиброванную пружину помещали в баллон из молибденового стекла (11) с притёртой крышкой (14). Во избежание вибрации и сотрясений, чехол с пружиной укрепляется на независимой от печи подставке (13). Для защиты весов от теплового излучения печи использовали трон и холодильник (15), который помещался на нижнем конце стеклянного баллона.

Изменения веса фиксировали по растяжению пружины с помощью катетометра КМ-8, имеющего пределы измерения 0.0-0.5м. В опытах использовались тигли из окиси алюминия диаметром 18-20 мм, высотой 25-26 мм. Тигли перед опытом подвергались температуры производили со скоростью 2-3⁰С в минуту. После разогрева печи катетометр настраивали на указатель пружины, записывали на шкале точку отсчёта и в течение нагрева контролировали изменение веса. При достижении заданного режима записывали новую точку отсчёта.

Исследование проводили в атмосфере воздуха. Для очистки инертных газов от паров воды применялась установка, состоящая из сосуда Дрекселя с концентрированной серной кислотой и

склянки Тищенко с гранулированным КОН. Кроме того, на выходе ставили низкотемпературную ловушку.

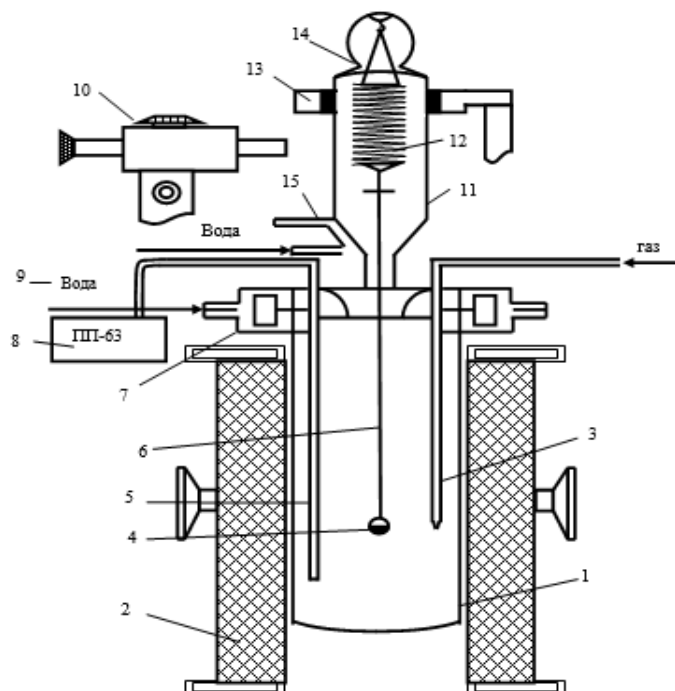


Рисунок 1. Схема установки для изучения кинетики окисления металлов и сплавов: 1- печь Таммана, 2-чехол из оксида алюминия, 3-газопроводящая трубка, 4-тигель, 5-термопара, 6- платиновая нить, 7- водоохлаждаемая крышка, 8-потенциометр, 9-вода, 10-катетометр, 11-чехол из молибденового стекла, 12-пружина из молибденовой проволоки, 13- подставка, 14-крышка, 15-трон и холодильник

Для очистки аргона от кислорода использовали раствор сернокислого вещества с цинковой амальгамой. Расход газа регулировали по показаниям реометра. Температуру измеряли платино-платинородиевой термопарой (5), горячий спай, который находился на уровне поверхности образца. Термопару помещали в чехол из окиси алюминия. Для стабильности показаний температуры холодный спай термостатировали при 0⁰С с помощью нуля – термостата марки «Ноль-В».

Нагрузку печи регулировали тиристорами, что позволило поддерживать заданную температуру с точностью $\pm 5^0\text{C}$. В качестве регистрирующего прибора температуры использовали милливольтметр.

После окончания опыта систему охлаждали, тигель с содержимым взвешивали и определяли реакционную поверхность.

Погрешность эксперимента может быть рассчитана из исходной формулы константы скорости окисления (K):

$$K = (g - s)^2 / t, \quad (1)$$

в которой: g – вес металла, s – площадь поверхности, t – время.

Относительная ошибка в оценке будет складываться из суммы относительных ошибок:

$$\Delta K / K = \Delta g / g = (\Delta s / s)^2 + \Delta t / t \quad (2)$$

Рассмотрим каждое слагаемое в отдельности. Точность взвешивания определяем по формуле:

$$\Delta g / g = \Delta G / 9.0 \cdot 100 + 0.0001_{\text{ТВ}} / 9.0 \cdot 100 + 0.0001_{\text{ТВ}} / 100 + \Delta L \quad (3)$$

Величина 0.0001_{ТВ} – числитель второго и третьего слагаемого, представляет ошибку при взвешивании образца до– и после опыта на аналитических весах. Δg - точность взвешивания пружинных весов в процессе эксперимента или их чувствительность, определяемая путём калибровки весов вместе с подвеской, платиновой нитью и тиглем с навеской. Одновременно

весы проверяли на постоянство модуля упругости пружин. Используемые в работе весы имели следующие параметры: $D = 3.8 \cdot 10^2$ м, $W = 20$ витков, $w = 0.05 \cdot 10^{-2}$ м. Схема калибровки:

$$\begin{matrix} m + a \\ m + a + k \end{matrix} \} \Delta h \quad (4)$$

$$\begin{matrix} m + 3a \\ m + 3a + k \end{matrix} \} \Delta h \quad (5)$$

$$\begin{matrix} m + na \\ m + na + k \end{matrix} \} \Delta h \quad (6)$$

где: m - вес всей системы,

k – постоянная добавка ($0,020 \cdot 10^{-3}$ кг),

Δh - увеличение длины пружины, которая фиксируется с помощью катетометра КМ-8 с ценой деления $0.10 \cdot 10^{-3}$ м.

Отсчёт производили по перемещению указателя, укрепленного на нижнем конце пружины. Чувствительность (ΔG) отградуированных весов по приведённой схеме для нагрузок до $15 \cdot 10^{-3}$ кг составила $0.0001 \cdot 10^{-3}$ кг. ΔL – ошибка, учитывающая испарение металла в процессе эксперимента. Для каждого металла она имеет свою величину и оценивалась следующим образом: металл нагревался до нужной температуры и выдерживался в атмосфере очищенного от кислорода и влаги инертного газа, а затем по разности веса металла до- и после нагрева определяли потерю веса (массы) металла. Таким образом, величина погрешности ($\Delta g/g$), рассчитанная по уравнению (3), составила 2.24%.

Вычисление поверхности реагирования производилось с помощью катетометра КМ-8, имеющего пределы измерения 0.0-0.5 м. При точности измерений ± 0.000030 м и с учётом шероховатости погрешность составляет 1.9%. Следующий член $\Delta t/t$ мал по величине:

$$\Delta t/t = 1/3600 \cdot 100 = 0.027\% \quad (7)$$

и может при расчётах не учитываться.

Точность измерения температуры принимали равной $\pm 5^0$. Ошибка в измерениях составила при этом:

$$\Delta T/T = 2 \cdot 100/900 = 0.22\% \quad (8)$$

Вычисленная относительная ошибка эксперимента по уравнению (2) составляет:

$$\Delta g/g = (2.71)^2 + (1.5)^2 + 0.027 = 9.61 \quad (9)$$

Исследование фазового состава образующихся плёнок нами проводилось методом инфракрасной спектроскопии. ИК-спектроскопический метод анализа основан на способности поглощения энергии лучей инфракрасной области спектра, характерной для каждого вещества. ИК-спектры снимались на двухлучевом инфракрасном спектрофотометре UR-20 в области $400-3000$ см $^{-1}$.

Перед исследованием окисную плёнку тщательно растирали в вибраторе. Навеску массой $0.02 \cdot 10^{-3}$ кг перемешивали с бромистым калием марки ОСЧ. Таблетку диаметром $2 \cdot 10^{-2}$ м ^{2} прессовали в специальной вакуумной пресс-форме при непрерывном откачивании под давлением $1500 \cdot 10^{-3}$ кг/м ^{2} . Готовую таблетку вместе с оболочкой помещали в спектрофотометр. Полученные спектры сопоставляли со спектрами стандартных образцов и таким образом определяли фазовый состав оксидной плёнки.

Получение алюминиевых сплавов, содержащих редкоземельные металлы, связано с трудностями синтеза из-за высокой химической активности вводимых в алюминий компонентов, когда температуры плавления многих двойных и тройных сплавов значительно превышают температуры плавления чистых компонентов. Эти обстоятельства вызывают необходимость применения вакуумных печей, использование инертной атмосферы (гелий или аргон), приготовление обогащенной алюминием лигатуры.

Для получения сплавов были использованы: алюминий марки А995 (ГОСТ 110669-74), кремний кристаллический (ГОСТ 25347-82), промышленная лигатура на основе алюминия, содержащая 2.5 масс.% скандия, иттрий – ИтМ-1 (ТУ48-4-208-72), иттербий металлический и неодим – НМ-2 (ТУ48-40-205-72). Сплавы алюминия были получены в вакуумной печи сопротивления типа СНВЭ-1.3.1/16 ИЗ в атмосфере гелия под избыточным давлением 0.5 мПа. Шихтовка сплавов проводилась с учётом угара металлов. Легирование сплавов лигатурой

осуществляли в открытых шахтных печах типа СШОЛ. Состав полученных сплавов выборочно контролировался химическим анализом, а также взвешиванием образцов до и после сплавления. В дальнейшем исследованию подвергались сплавы, у которых разница в весе до и после сплавления не превышала 2% (отн.).

Для исследования влияния скандия на кинетику окисления твердых сплавов алюминия, содержащих 13 мас.% кремния, были синтезированы серии сплавов с содержанием скандия 0.005; 0.05; 0.1 и 0.5 мас.%.

Скорость окисления вычисляли по касательным, проведенным к нескольким точкам кривых окисления, а значение кажущейся энергии активации вычисляли по тангенсу угла наклона зависимости $\lg K - 1/T$. Результаты исследования представлены в рис. 2 и табл. 1.

Окисления твердых сплавов проводили на воздухе, для чего измеряли увеличение массы образца вследствие роста оксидной пленки во времени при постоянной температуре.

Кинетику окисления исходного сплава АК12 в твердом состоянии исследовали при температурах 723 К, 773 К и 823 К (рис. 2 а). Сформировавшаяся оксидная пленка в начальных стадиях процесса, по-видимому, не обладает достаточными защитными свойствами, о чем свидетельствует рост скорости окисления. Значение скорости окисления сплава АК12 при температурах 723 К, 773 К и 823 К составляет $2.60 \cdot 10^{-4}$, $3.02 \cdot 10^{-4}$ и $3.35 \cdot 10^{-4}$ кг/м²·сек., соответственно (табл.1) [3-5].

В качестве примера на рис. 2. б представлены кинетические кривые окисления сплава АК12, модифицированного 0.005 мас.% скандием. Они характеризуются резким повышением удельного веса образца в начальном периоде процесса окисления с последующим замедлением. Окисление заканчивается примерно к 15-20 минутам, так как после этого не наблюдается изменения веса образца вплоть до 40 минут. Сплав, содержащий 0.005 мас.% скандия, характеризуется пониженной окисляемостью по сравнению с исходным сплавом. Уменьшение скорости окисления сопровождается увеличением кажущейся энергии активации.

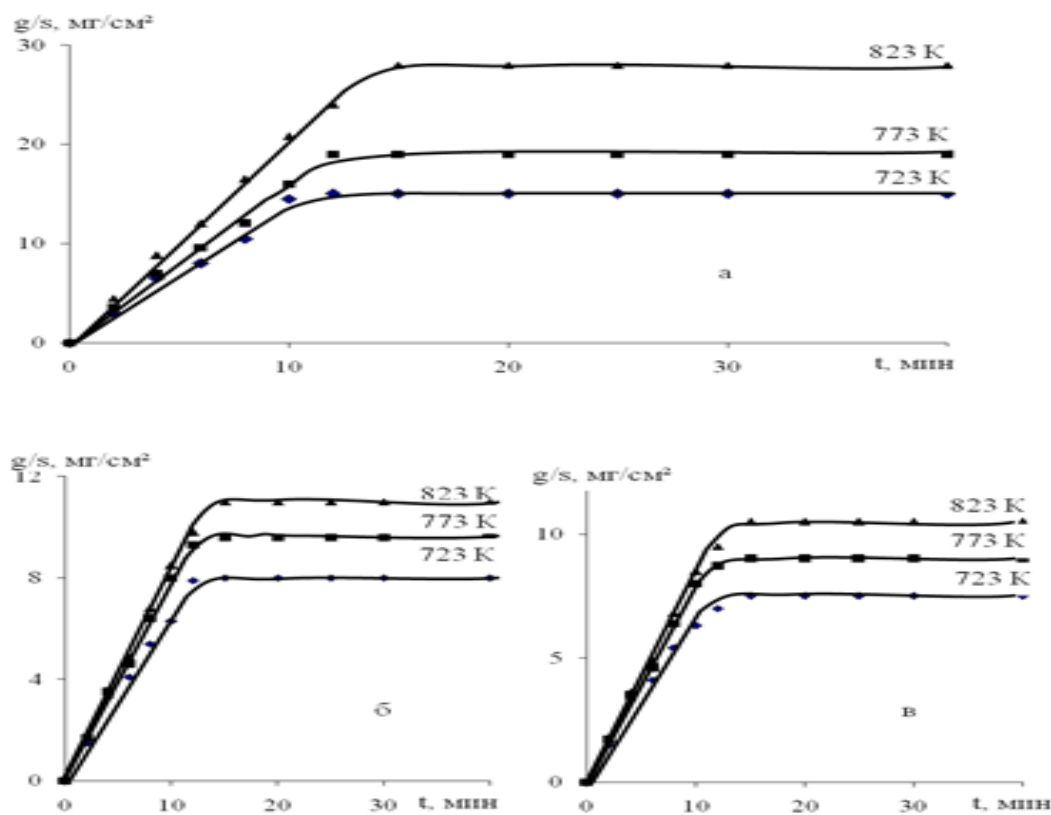


Рисунок 2. Кинетические кривые окисления твердого сплава АК12(а), модифицированного скандием, мас.‰: 0.005 (б); 0.05 (в) [3-5]

Таблица 1 - Кинетические и энергетические параметры процесса окисления твердого сплава АК12, модифицированного скандием [3-5]

Содержание скандия в сплаве АК12, мас. %	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, $\text{К} \cdot 10^{-4}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-2}$	Кажущаяся энергия активации окисления, кДж/моль.
0.0	723	2.60	139.8
	773	3.02	
	823	3.35	
0.005	723	2.31	147.4
	773	2.63	
	823	3.04	
0.05	723	2.31	147.4
	773	2.63	
	823	3.04	
0.1	723	2.31	147.4
	773	2.63	
	823	3.04	
0.5	723	2.15	166.7
	773	2.57	
	823	2.96	

Если значение энергии активации исходного сплава составляет 139.8 кДж/моль, то значение этого параметра для сплава, модифицированного 0.005 мас.% скандием равняется 147.4 кДж/моль. Это свидетельство того, что для протекания процесса окисления модифицированного состава необходимо затратить больше энергии [7-10].

Заключение

Окисление сплава АК12, модифицированного 0.05 мас.% скандием изучали при 723 К, 773 К и 823 К. Из приведенных на рис. 2, в кинетических кривых окисления для данного сплава видно, что максимальная величина $\Delta g/s$ при окисления равняется 11.0 мг/см², минимальная 7.2 мг/см². Кажущаяся энергия активации окисления, вычисленная по тангенсу угла наклона, прямой зависимости скорости окисления от обратной температуры, составляет 147.4 кДж/моль (табл)

Как следует из данных таблицы, при исследованных температурах и составов скандий уменьшает скорость окисления алюминиево-кремниевого сплава, что сопровождается увеличением кажущейся энергии активации. Такая закономерность влияния скандия на окисляемость сплава АК12, наблюдается при всех исследованных составах. Сплав АК12, содержащий 0.5 мас.% скандия, имеет наименьшую скорость окисления по сравнению с исходным сплавом. Следовательно, допустимо модифицирование сплава АК12 в пределах от 0.005 до 0.5 мас.% скандием.

Литература

1. Лепинских Б.М., Белоусов А.Н. Исследование кинетики окисления сплавов Al-Mg в жидком состоянии // Рукопись деп. в ВИНТИ. №554. – 18 с.
2. Бадурдинов Т.С., Ганиев И.Н., Бердиев А.Э. Окисление сплава АК12, легированного скандия // Материалы V-й МНПК «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования тех-го образов-я в ВУЗ стран СНГ». -Душанбе. -2011. Часть 1. -С.302-303.
3. Бердиев А.Э., Ганиев И.Н., Бадурдинов Т.С., Гулов С.С. Кинетика окисления сплава АК12, легированного скандием кислородом из газовой фазы// Приднепровский научный вестник. №8(144). 2013. С. 10-14.
4. Бердиев А.Э., Ганиев И.Н., Бадурдинов Т.С. Влияния скандия на кинетику окисления сплава АК12 в твердом состоянии // Материалы респ. научно-практической конференции «Внедрение наукоёмкой техники и технологий в производство» ТУТ. -Душанбе. -2013. -С.7-8
5. Лепинских Б.М., Китаев А., Белоусов А. Окисление жидких металлов и сплавов. – М.: Наука. 1973. –С.106.

6. Наумкин О.П., Игнатов Д.Ю. - //Известия АН СССР. Metallurgy and Mining. 1963.- №5. -С.141.
7. Исмонов, Р. Д. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АБ1 (Al+1%Be), модифицированного галлием / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 31-34. – EDN AOIPPY.
8. Кинетика окисления алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be) с индием, в твердом состоянии / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 1(49). – С. 99-104. – EDN KMFVRI.
9. Иброхимов, Н. Ф. Влияние иттрия на теплофизические свойства сплава АМг2 / Н. Ф. Иброхимов, И. Н. Ганиев, Н. И. Ганиева // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2017. – № 2(67). – С. 177-187. – DOI 10.17212/1814-1196-2017-2-177-187. – EDN ZENUCV.
10. Кинетика окисления алюминиевого проводникового сплава АlTi0.1 с калием в твердом состоянии / Ф. Ш. Зокиров, И. Н. Ганиев, Г. М. Рахматуллоева, М. М. Махмадизода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. – № 3(71). – С. 35-45. – EDN WPNJMH.

МЕТОДИКАИ ТАҲҚИҚИ КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХӢЛАИ АК12, КИ БО СКАНДИЙИ ЧАВҲАРОНИДА ШУДААСТ

С.Т. Бадурдинов

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин кор методикаи муайян намудани оксидшавии хӢлаи алюминийи АК12, ки бо скандий чавҳаронида шудааст, пешниҳод гардидааст. Нишон дода шудааст, ки суръати оксидшавии хӢлаи алюминий-кремний бо афзоиши энергияи ғайи оксидшавӣ ҳамроҳӣ мекунад. Чунин қонуният дар таъсири скандий ба оксидшавии хӢлаи АК12 дар ҳамаи таркибҳои тадқиқшуда мушоҳида мешавад. ХӢлаи АК12, ки дорои 0,5% массаи скандий мебошад, нисбат ба хӢлаи ибтидоӣ суръати камтарини оксидшавиро дорад. Аз ин рӯ, чавҳаронидани хӢлаи АК12 бо скандий дар ҳудуди аз 0,005 то 0,5% масса қобили қабул аст.

Калидвожаҳо: скандий, АК12, хӢла, энергияи зоҳирии активатсия

METHODOLOGY FOR STUDYING THE OXIDATION KINETICS OF AK12 ALLOY MODIFIED WITH SCANDIUM

S.T. Badurdinov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This paper presents a method for determining the oxidation of AK12 aluminum alloy modified with scandium. It is shown that the oxidation rate of the aluminum-silicon alloy is accompanied by an increase in the apparent activation energy. This pattern of scandium's influence on the oxidation of AK12 alloy is observed for all studied compositions. AK12 alloy containing 0.5 wt.% scandium has the lowest oxidation rate compared to the original alloy. Therefore, modification of AK12 alloy with scandium in the range from 0.005 to 0.5 wt.% is permissible.

Keywords: scandium, AK12, alloy, apparent activation energy

Сведения об авторе

Бадурдинов Садуло Тоджидинович - к.т.н., и.о. доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование», ТТУ им. акад. М.С. Осими, контактная телефон: (992) 902-02-70-27, E-mail: sbadurdinov@gmail.com

УДК 539.2;669.017

ОБ УПРОЧНЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТИТАНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ И ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ

Л.П. Башенко

(Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия)

Аннотация. Целью настоящей работы являлось изучение особенностей формирования структурно-фазовых состояний при комбинированной обработке, включающей электровзрывное легирование и электронно-пучковую обработку поверхности легирования технически чистого титана марки ВТ1-0 с точки зрения повышения функциональных свойств для практического применения. Разработан комбинированный способ упрочнения поверхности титана. Изучены и исследованы формирование максимумов в глубине зоны легирования и кратное повышение микротвердости поверхностных слоев.

Ключевые слова: технически чистый титан, электровзрывное легирование, электронно-пучковая обработка, структура, функциональные свойства, глубина зоны обработки, комбинированная обработка.

Введение

Высококонцентрированные потоки энергии (КПЭ), применяемые [1] для поверхностной обработки металлических материалов, позволяют улучшить эксплуатационные характеристики готовых изделий из металлических материалов [2]. Наблюдается изменение различных функциональных свойств: многократно повышаются твердость, износостойкость, жаростойкость [3, 4].

Среди современных методов модифицирования поверхности выделяются лазерная обработка, электронно-лучевое и плазменное легирование [5], в том числе электровзрывное легирование (ЭВЛ) [6, 7]. Для упрочнения поверхности в промышленности все чаще используют локальные методы упрочнения поверхности с использованием КПЭ, такие как ЭВЛ [8] и электронно-пучковая обработка (ЭПО) [9] с использованием низкоэнергетических сильноточных электронных пучков.

Титановые сплавы достаточно широко применяются в различных сферах машино- и самолетостроения. Они характеризуются низкой износостойкостью, повышенным коэффициентом трения при взаимодействии с большинством конструкционных материалов. Из недостатков можно акцентировать внимание на склонности к налипанию. Именно поэтому для титановых сплавов особенно актуально применение концентрированных потоков энергии [10, 11].

Цель настоящей работы – исследование особенностей структурно-фазовых состояний технически чистого титана марки ВТ1 при воздействии ЭВЛ и последующей ЭПО поверхности легирования. Рассматривали изменения функциональных свойств и экономическую эффективность процесса комбинированной обработки.

В настоящей работе в качестве исследуемого материалом использовали технически чистый титан марки ВТ1-0. Суммарное содержание примесей в этом материале не превышает 0,3 %, именно поэтому полученные при исследовании технически чистого титана (как модельного материала) результаты являются достаточно надежными для интерпретации.

В настоящей работе для исследований структуры упрочненных слоев применяли различные современные методы физического материаловедения: методы световой (микроскоп Olympus GX 51) и электронной сканирующей микроскопии (СЭМ) (микроскоп Carl Zeiss EVO50), рентгеноспектральный микроанализ, методы просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) (микроскоп ЭМ-125), рентгеноструктурный анализа (дифрактометры ДРОН-2,0 и ARL X'TRA). Упрочнение поверхности оценивали, определяя микротвердость модифицированных слоев (прибор HVS-1000A).

Функциональные свойства поверхности и часто всего изделия во многом определяются фазовым составом и особенностями структуры поверхностных слоев. Это необходимо учитывать при выборе методов упрочнения металлов и сплавов. Наибольшее упрочнение достигается при поверхностном легировании (применение лазерного, электронно-пучкового и плазменного нагрева поверхности). Технологические особенности методов обработки оказывают определяющее влияние на структуру, фазовый состав и свойства модифицированных слоев поверхности, которые также зависят от параметров воздействия. Так как ЭВЛ и ЭПО имеют сопоставимые значения параметров воздействия (поглощаемая плотность мощности (порядка $10^5 - 10^6$ Вт/см²), глубина воздействия (порядка 10 мкм), размеры зоны воздействия (3 – 5 см²)), то возможно их совместное использование. Такая комбинированная обработка позволяет формировать новые структурно-фазовые состояния поверхностных слоев металлов и сплавов и расширить возможную область их практического применения [7]. При используемых параметрах обработки поверхностные слои, толщина которых составляет порядка $10^{-7} - 10^{-6}$ м, характеризуются аморфной нано- и субмикроструктурной структурой.

Электровзрывное легирование проводили при следующих параметрах: поглощаемая плотность мощности q_p 5,5 ГВт/м², длительность τ_p импульса 100 мкс. Оплавление и легирование поверхностного слоя при таком режиме ЭВЛ происходит без выплеска расплава. В качестве взрывающего проводника в настоящей работе использована углеродная лента марки ЛУ-П/0,1-50 массой 140 мг.

Полученную поверхность легирования подвергали ЭПО. Для проведения ЭПО использовали установку «Соло» [9] Института сильноточной электроники Сибирского отделения РАН. Параметры ЭПО: поглощаемая плотность мощности q_e 2,0, 2,25 и 3,0 ГВт/м², длительность τ_e импульсов 100 и 200 мкс; частота f следования импульсов 0,3 Гц; количество N импульсов 5 и 10. Эксперимент проводили при давлении 0,02 Па. Для обработки использовали среду аргона.

В процессе ЭВЛ с применением углеродной ленты происходит науглероживание титана, что подтверждается результатами сканирующей электронной микроскопии. Покрытие, формируемое на облучаемой поверхности, характеризуется несплошностью, развитым рельефом и высокой шероховатостью [12]. Характерные морфологические составляющие структуры поверхности, наблюдаемые после ЭВЛ: конгломераты частиц графита, титана и карбида титана глобулярной морфологии (75 % площади поверхности); частицы углеродных волокон (15 %); области твердого раствора на основе титана с наноразмерными включениями карбида титана (10 %).

Зона легирования отчетливо видна на поперечных шлифах образцов (световая микроскопия), ее глубина составляет примерно 50 мкм. По всей глубине зоны легирования до самой границы с основой отчетливо видны частицы углеродных волокон (рис. 1). Светлые частицы глобулярной формы, выявляемые при химическом травлении, – карбид титана.

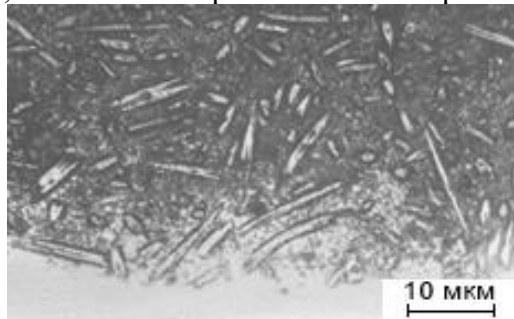


Рисунок 1. Структура поперечного шлифа зоны ЭВЛ титана. Световая микроскопия

Микродифракционный ПЭМ-анализ позволил выявить в зоне легирования следующие фазы: карбид титана состава TiC; β -титан; графит наноразмерного диапазона с кубической и гексагональной кристаллической решеткой; диоксид титана состава β -TiO₂. Зеренная структура титана содержит дислокации, скалярная плотность которых составляет примерно $5,6 \cdot 10^{10}$ см⁻².

В процессе настоящей работы выявлено, что формируются частицы карбида титана глобулярной формы размерами 4 – 10 нм, располагаются которые на поверхности и в приповерхностном слое углеродных волокон, а также на поверхности и в приповерхностном слое зерен титана.

После ЭПО покрытие объединяется с зоной легирования. Зона упрочнения (зона переплавления при ЭПО) двухслойная (рис. 2). Толщина слоя, расположенного около поверхности, составляет около 20 мкм. Частицы углеродных волокон при СЭМ-анализе в нем не выявляются. Под слоем переплавления в глубь образца находится слой толщиной 60 мкм с большим количеством карбида титана глобулярной морфологии и частиц не до конца провзаимодействовавших с титаном углеродных волокон. Общая толщина зоны упрочнения увеличивается по сравнению с зоной науглероживания при ЭВЛ в 1,6 раза и составляет около 80 мкм.

После ЭПО на глубине 20 – 25 мкм выравнивается фазовый состав. После комбинированной обработки фазовый состав упрочненного слоя (по результатам рентгенофазового анализа) следующий: 63 % α -титана; 25 % TiC; 4 % TiB₂; 6 % TiB; 1 – 2 % B₈C (по объему).

В поверхностном слое наблюдаются частицы α -титана и карбида титана TiC (микроструктурный и микродифракционный анализ). Включения карбида титана имеют глобулярную форму, их средние размеры составляют примерно 300 нм.

На глубине 5 – 8 мкм наблюдается двухфазный слой, состоящий из α -Ti и карбида титана TiC. Размеры кристаллитов карбидной фазы изменяются в пределах 150 – 250 нм.

На глубине 40 – 45 мкм наблюдается более грубая структура.

На рис. 3 показано распределение микротвердости по глубине модифицированных слоев при времени обработки (длительности импульса) τ 100 мкс.

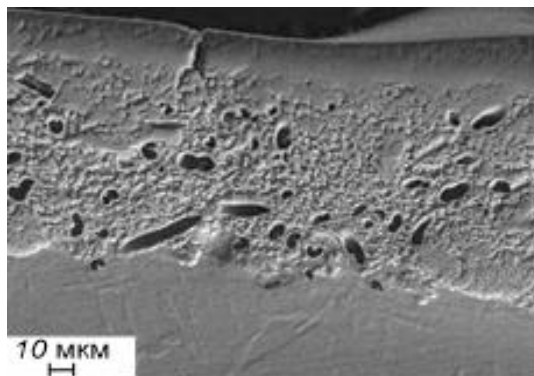


Рисунок 2. Структура поперечного шлифа ЭВЛ титана после ЭПО

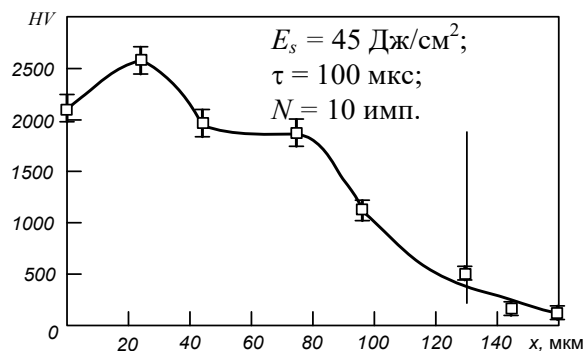


Рисунок 3. Распределение микротвердости по глубине после комбинированной обработки

В результате проведенных исследований выявлено, что уровень микротвердости зоны упрочнения составляет примерно 2000 HV. Общая глубина зоны упрочнения находится в пределах 30 – 50 мкм. Выявлено, что положение максимумов микротвердости коррелирует с положением границ раздела верхнего слоя, переплавленного при ЭПО, с нижележащей зоной легирования и зоны легирования с основой сплава [13-15].

Заключение

Полученные распределения микротвердости и микроскопические исследования рельефа поверхности и структурно-фазовых состояний поверхностных слоев титана BT1-0 после электровзрывного карбоборирования и после ЭПО поверхности легирования дают основание сделать вывод, что упрочнение достигается вследствие формирования высокодисперсной структуры, упрочненной частицами карбида и боридов титана. Комбинированная обработка

поверхности технически чистого титана марки VT1-0, сочетающая электровзрывное науглероживание и последующую ЭПО зоны легирования, обеспечивает повышение микротвердости и глубины зоны упрочнения.

Литература

1. Перевертов В.П., Андрончев И.К., Абулкасимов М.М. Технологии обработки материалов концентрированным потоком энергии //Надежность и качество сложных систем. 2015, № 3(11), С. 69–79.
2. Петров П.Ю. Исследования поверхностной обработки изделий (материалов) машиностроения электронным лучом //Мировая наука. 2020, № 3(36), С. 602–618.
3. Pogrebnyak A.D., Tyurin Yu.N. Modification of material properties and coating deposition using plasma jets //Physics Uspekhi. 2005, No. 48(5), P. 487–514.
4. Korotaev A.D., Tyumentsev A.N., Pinzhin Yu.P., Remnev G.E. Features of the morphology, defect substructure and phase composition of metal and alloy surfaces upon high-power ion irradiation //Surface and Coatings Technology. 2004, No. 185(1), P. 38–49.
5. Астапчик С.А., Голубев В.С., Маслаков А.Г. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке. Минск: Белорусская наука, 2008; 251 с.
6. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, 664 с.
7. Физические основы электровзрывного легирования металлов и сплавов / А.Я. Багаутдинов, Е.А. Будовских, Ю.Ф. Иванов, В.Е. Громов. Новокузнецк: изд. СибГИУ; 2007, 301 с.
8. Физические основы электровзрывного легирования металлов и сплавов / А.Я. Багаутдинов, Е.А. Будовских, Ю.Ф. Иванов, В.Е. Громов. Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2007, 304 с.
9. Коваль Н.Н., Иванов Ю.Ф. Наноструктурирование поверхностей металлокерамических и керамических материалов электронными пучками //Физический журнал. 2008, № 51(5), С.60–70.
10. Асташинский В.М., Углов В.В., Черенда Н.Н., Шиманский В.И. Модификация титана при воздействии компрессионными плазменными потоками. Минск: Белорусская наука, 2016, 179 с.
11. Башенко Л.П. Упрочнение поверхности титана при электровзрывном науглероживании и карбоборировании и последующей электронно-пучковой обработке. Автореф. дисс. к-та. техн. наук. Новокузнецк. 2013, 17 с.
12. Башенко Л.П., Ефименко И.Т., Будовских Е.А., Иванов Ю.Ф., Иванов К.В., Ионина А.В., Громов В.Е. Особенности модифицирования поверхностных слоев титана при электровзрывном науглероживании //Физика и химия обработки материалов. 2012, № 2, С.65–69.
13. Башенко Л.П. Применение электровзрывного легирования и электронно-пучковой обработки для упрочнения поверхности титана //Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2025, № 2(52), С. 37–43.
14. Башенко Л.П., Будовских Е.А. Формирование структурно-фазовых состояний поверхностных слоев титана при комбинированной обработке. В сборнике: Перспективные материалы и технологии. Минск, 2025, С. 160–162.
15. Влияние титана, ванадия и необия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АМг2 / Ф. С. Давлатзода, И. Н. Ганиев, Н. Ф. Иброхимов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 2(46). – С. 67-71. – EDN JOBDTH.

ДАР БОРАИ САХТШАВИИ ҚАБАТҲОИ РӢӢИ ТИТАН БО РОҲИ ХӢЛАШАВИИ ЭЛЕКТРИКЛОЗӢ ВА КОРКАРДИ ШУӢАҲОИ ЭЛЕКТРОНӢ

Л.П. Башенко

(Донишгоҳи давлатии саноатии Сибир, Новокузнецк, Русия)

Шарҳи мухтасар. Ҳадафи ин кор омӯзиши хусусиятҳои ташаккули ҳолатҳои сохторӣ ва фазаӣ ҳангоми коркарди яқоя, аз ҷумла ҳӯлакунии электротаркишкунанда ва коркарди сатҳи электронии титани синфи VT1-0, бо мақсади беҳтар кардани хосиятҳои функционалӣ барои

татбики амалӣ буд. Усули якҷояи мустаҳкамкунии сатҳи титан таҳия карда шуд. Ташаққули куллаҳо дар умқи минтақаи ҳулақунӣ ва афзоиши чандкаратаи микросахтии қабатҳои рӯизаминӣ омӯхта ва таҳқиқ карда шуданд.

Калидвожаҳо: титани тозаи тиҷоратӣ, ҳулабандии электротаркишӣ, коркарди шуоъи электронӣ, сохтор, хосиятҳои функционалӣ, умқи минтақаи коркард, коркарди омехта.

ON THE HARDENING OF SURFACE LAYERS OF TITANIUM UNDER THE INFLUENCE OF ELECTRO-EXPLOSIVE ALLOYING AND ELECTRON BEAM PROCESSING

L.P. Bashchenko

(Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia)

Annotation: The purpose of this work was to study the features of the formation of structural and phase states during combined processing, including electro-explosive alloying and electron beam surface treatment of alloying of technically pure titanium grade VT1-0 from the point of view of increasing functional properties for practical use. A combined method of titanium surface hardening has been developed. The formation of maxima in the depth of the alloying zone and a multiple increase in the microhardness of the surface layers have been studied and investigated.

Keywords: technically pure titanium, electro-explosive alloying, electron beam processing, structure, functional properties, depth of the treatment zone, combined processing.

Сведения об авторе

Башченко Людмила Петровна – к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетики и экологии, Сибирский государственный индустриальный университет. E-mail: luda.baschenko@gmail.com

УДК 539.219.3: 620.193

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА АМg6, ЛЕГИРОВАННОГО ПРАЗЕОДИМОМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 3,0%-НОГО NaCl

И.Н. Ганиев, Н.Ш. Вазирзода (Вазиров), Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов), М.Д. Боймуродов
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Потенциодинамическим методом исследовано коррозионно-электрохимическое поведение сплавов системы Al-Mg-Pr в среде электролита NaCl и показано, что легирование празеодимом уменьшает скорость коррозии сплавов в 2-3 раза в зависимости от концентрации электролита.

Ключевые слова: сплав АМg6, празеодим, анодное поведение, потенциостатический метод, среда электролита NaCl.

Введение

Алюминий и его сплавы как конструкционный материал используют в самых различных областях техники. Сплавы алюминия в определённом состоянии и в жёстких условиях эксплуатации могут подвергаться опасным видам коррозионных разрушений. Особый интерес представляет коррозия алюминия в растворах, близких к нейтральным ($6 < \text{pH} < 8$). К ней относится коррозия в природных средах, так же как морская, озёрная или речная вода, питьевая вода и атмосферные осадки. В этих условиях при обычных температурах скорость ионов H^+ или молекул H_2O с выделением водорода пренебрежимо мала [1-3].

В настоящей работе исследования проводили в нейтральных растворах, содержащих NaCl различной концентрации, согласно рекомендациям, ГОСТ 9.017-74, то есть в имитате морской воды, с целью определения влияния хлорид-ионов на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиево-магниевого сплава, легированного празеодимом.

Как известно, легирование алюминиевых сплавов празеодимом приводит к увеличению электропроводности и теплопроводности, улучшению способности сплава к прокатке в горячем состоянии. В связи с этим рассматривалось влияния празеодима на коррозионное поведение сплава алюминия с 6.0 мас.% магния.

Для получения сплавов использовали алюминий марки А995(ГОСТ 110689-74), магний металлический гранулированный марки ХЧ (ТУ-112-40), празеодим марки ПРМ-1 ТУ 48-4-215-72. Содержание празеодима в сплаве АМг6 составляло 0.01, 0.05, 0.1; 0.5 мас.%. Сплавы были получены в печи сопротивления типа СШОЛ. Шихтовка сплавов лигатурой проводилась с учётом угара металлов. Состав полученных сплавов выборочно контролировался химическим анализом, а также взвешиванием образцов до и после сплавления. В дальнейшем исследованию подвергались сплавы, у которых разница в весе до и после сплавления не превышала 2% (отн.). Из полученных сплавов в графитовую изложницу отливали цилиндрические стержни диаметром 8-10 и длиной 80-100 мм, боковую часть которых изолировали, а торцевую часть подвергали шлифовке и полировке тонкой наждачной бумагой, промывали дистиллированной водой, спиртом и после сушки в эксикаторе использовали в качестве рабочего электрода. Исследования проводили с использованием потенциостата ПИ-50-1.1 и самописца ЛКД-4-002 в растворе NaCl марки ЧДА (ГОСТ 4233-77) при скорости развертки потенциала $2 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}$ по методикам, описанным в работе [3]. Электродом сравнения служил хлорсеребряный, а вспомогательным - платиновый.

При электрохимических испытаниях потенциодинамическим методом образцы поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока в результате питтингообразования. Затем поляризовали в обратном направлении до потенциала -1800 мВ , в результате происходило подщелачивание приэлектродного слоя поверхности сплава, после чего образцы поляризовали вновь в положительном направлении. На полученных таким образом потенциодинамических кривых определяли основные электрохимические характеристики сплавов (рис. 1): потенциал коррозии $E_{\text{кор}}$ и ток коррозии $i_{\text{кор}}$, потенциалы питтингообразования $E_{\text{по}}$ и репассивации $E_{\text{реп}}$. Величину $E_{\text{реп}}$ определяли графически как потенциал, при котором наблюдается первый перегиб на обратном ходе анодной кривой [4-10]. Расчет тока коррозии как основной электрохимической характеристики процесса коррозии проводили по катодной кривой с учётом тафелевской константы, равной $v_k=0.12 \text{ В}$, поскольку в нейтральных средах процесс питтинговой коррозии алюминия и его сплавов контролируется катодной реакцией ионизации кислорода. Скорость коррозии определяли по формуле $K = i_{\text{кор}} \cdot k$, где $k = 3,035 \text{ г/А} \cdot \text{час}$ для алюминия, $i_{\text{кор}}$ - ток коррозии.

Графическое изображение методики снятия поляризационных кривых показано на рисунке на примере исходного сплава, в среде электролита 3%-ного NaCl.

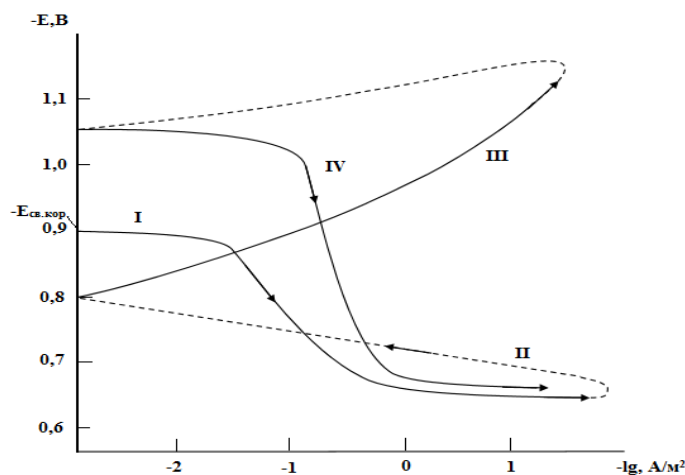


Рисунок 1. Полная поляризационная кривая (2 мВ/с) сплава АМг6, в среде электролита 3%-ного NaCl

Как известно, о коррозионном поведении металлов и сплавов можно судить по различным электрохимическим характеристикам. Установившееся значение потенциала свободной коррозии и характер зависимости от времени испытаний могут дать ряд важных сведений о поведении металла в коррозионной среде. Как правило, большое смещение потенциала коррозии в положительную область указывает на то, что скорость анодной реакции может уменьшиться вследствие пассивации. Тем самым предварительно можно предсказать, что такая система в естественных условиях эксплуатации окажется более коррозионностойкой.

Дальнейшее повышение концентрации приведёт к уменьшению потенциала коррозии. С увеличением концентрации хлорид-ионов потенциал коррозии смещается в отрицательную область, что свидетельствует о снижении коррозионной стойкости сплавов с ростом агрессивности коррозионной среды (табл. 1). Это подтверждается расчётом скорости коррозии сплавов из катодной ветви потенциодинамических кривых. Обобщены величины потенциала питтингообразования сплавов в зависимости от концентрации электролита NaCl и легирующей добавки. С увеличением концентрации хлорид-ионов потенциал питтингообразования, как и потенциал коррозии сплавов, смещается в отрицательную область.

Таблица 1 - Коррозионно-электрохимические характеристики сплава АМг6, легированного празеодимом, в среде электролита NaCl

Среда, NaCl мас. %	Содержание празеодима в сплаве, мас. %	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В			Скорость коррозии	
		-Е _{кор.}	-Е _{по.}	-Е _{реп.}	i _{кор.} ·10 ⁻² , А/м ²	K·10 ⁻³ , г/м ² ·ч
3,0	-	1,124	0,630	0,680	3,8	12,73
	0.01	1,076	0,620	0,680	3,2	10,72
	0.05	1,026	0,560	0,600	2,8	9,38
	0.1	1,060	0,570	0,620	3,0	10,05
	0.5	1,070	0,580	0,630	3,3	11,01

Минимальное значение скорости коррозии в указанных средах относится к сплаву, легированному 0.05 мас% празеодима, при дальнейшем увеличении его концентрации ток коррозии растёт, следовательно, коррозионная стойкость падает.

Установлено, что оптимальная концентрация празеодима для улучшения коррозионной стойкости алюминиево-магниевого сплава не должна превышать 0.05 мас%.

Литература

1. Борисоглебский Ю. В., Галевский Г.В., Кулагин Н.М. и др. Металлургия алюминия – Новосибирск: Наука СО, 1999, 438 с.
2. Беляев А.И., Бочвар О.С., Буйнов Н.Н и др. Металловедение алюминия и его сплавов: Справ. – М.: Металлургия, 1983, 280 с.
3. Вязовкина Н.В. – Защита металлов, 1999, т.35, № 5, С.493-499.
4. Патент № 1123 TJ1123 Таджикистан, МПК C22C21/00. Алюминиевый сплав с бериллием : заявл. 13.04.2020: опубл. 16.11.2020 / Р. Д. Исмонов, М. З. Курбонова, И. Н. Ганиев [и др.] ; заявитель Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими. – EDN XDNXMC.
5. Кеше Г. Коррозия металлов. – М.: Металлургия, 1984. - 400 с.
6. Вазиров Н.Ш., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Махсудова М.С. Коррозионно-электрохимическое поведение сплава АМг6, легированного церием // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., геол., хим., техн. наук. –2013. – №3(152). –С.91-97.
7. Повышение анодной устойчивости алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be) легированием индием / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода, А. М. Сафаров // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 8(139). – С. 123-130. – DOI 10.21285/1814-3520-2018-8-123-130. – EDN ZARFTV.

8. Ганиев И.Н., Атоев Г.М., Исмонов Р.Д., Абдухоликова П.Н., Умаров М.А. Влияние галлия на потенциал коррозии цинка, в среде электролита NaCl // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования, ТТУ №2 (70). Душанбе: ТТУ, 2025. - С. 79-83.

9. О коррозионном потенциале сплава АЖ5К10, модифицированного щелочноземельными металлами, в среде электролита NaCl / У. Ш. Якубов, И. Н. Ганиев, М. М. Сангов, Н. И. Ганиева // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2018. – Т. 16, № 3. – С. 109-119. – DOI 10.18503/1995-2732-2018-16-3-109-119. – EDN VAPDED.

10. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.

ТАҲҚИҚОТИ ПОТЕНСИОСТАТИКИИ ХӢЛАИ АМg6, КИ БО ПРАЗЕОДИМ ДАР МАҲЛУЛИ ЭЛЕКТРОЛИТИ 3,0% NaCl, ЧАВҲАРОНИДА ШУДААСТ

И.Н. Ганиев, Н.Ш. Вазирзода (Вазиров), Р.Д. Исмонзода (Р.Д. Исмонов), М.Д. Боймуродов
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Шарҳи мухтасар. Бо усули потенциодинамикӣ рафтори зангзанию электрохимиявии хӯлаҳои Al-Mg-Pr дар муҳити электролити NaCl омӯхта шуд ва муайян карда шуд, ки бо празеодим чавҳаронидан суръати зангзании хӯлаҳоро бо вобаста аз маҳлули электролитӣ, 2-3 маротиба кам мекунад.

Калидвожаҳо: хӯлаи АМg6, празеодим, рафтори анодӣ, усули потенциостатикӣ, маҳлули электролити NaCl.

POTENTIODYNAMIC STUDY OF AMg6 ALLOY ALLOYED WITH PRASEODYMIUM IN 3,0% NaCl ELECTROLYTE ENVIRONMENT

I.N. Ganiev, N.Sh. Vazirov, R.D. Ismonzoda (R.D. Ismonov), Boimurodov M.D
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The corrosion-electrochemical behavior of Al-Mg-Pr alloys in a NaCl electrolyte environment was studied using the potentiodynamic method and it was shown that alloying with cerium reduces the corrosion rate of the alloys by 2-3 times depending on the concentration of the electrolyte.

Keywords: AMg6 alloy, praseodymium, anodic behavior, potentiostatic method, NaCl electrolyte environment.

Сведения об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович – академик Национальной академии наук Таджикистана, д.х.н., профессор кафедры «Технология химических производств» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. gmail: ganievizatullo48@gmail.com, Телефон: (+992) 934884879.

Вазирзода (Вазиров) Назир Шамир - к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование» ТТУ имени М.С. Осими, E-mail: nazirvazirov@gmail.com Телефон: (+992) 887430020.

Исмонзода Рустам Довуд – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими. E-mail: ird-78@mail.ru Телефон: (+992) 918786898.

Боймуродов Мухаммад Дилмуродович – ассистент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими, телефон: (+992) 901717973

УДК 539.219.3: 620

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВА АМg₂, МОДИФИЦИРОВАННОГО БАРИЕМ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 0,03 % NaCl

Н.Ф. Иброхимов, С.Т. Бадурдинов С.С. Гулов
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Целью данной работы являлось изучение добавок бария на электрохимические характеристики алюминиево-магниевого сплава АМg₂. Исследования проводились потенциостатическим методом в 0,03%-ном растворе NaCl. Полученные данные свидетельствуют о том, что модифицирование сплава барием (0.01-1.0 мас.%) вызывает смещение его электрохимического потенциала в положительную область в условиях данного состава электролита.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, АМg₂, барий, 0,03% NaCl, электролит, электрохимические потенциалы.

Введение

К сплавам системы Al-Mg относится большая группа широко используемых в промышленности сплавов типа «магналий». С ростом содержания магния твёрдость и усталостная прочность повышается, а пластичность понижается. Сплавы отличаются высокой пластичностью, хорошей свариваемостью и высокой коррозионной стойкостью.

Сплав АМg присуща также склонность к межкристаллитной коррозии (МКК) (>5% Mg) и коррозии под напряжением, зависящей от типа структуры. При содержании магния >1,4% сплавы могут быть чувствительны к МКК, однако, практика показывает, что при концентрации до 3,5% Mg сплавы АМg₁, АМg₂ и АМg₃ не проявляют чувствительности к МКК, что объясняется дискретным распределением чистой β-фазы по границам зерен. Известно, что сплавы системы Al-Mg коррозионностойки и в нагартованном состоянии, так как нагартовка ускоряет распад твердого раствора, но не меняет характер распределения выделений на границах зерен. При содержании Mg>3,5% в определенном структурном состоянии при учете условий внешней среды они могут подвергаться МКК и коррозионному растрескиванию (КР).

Для устранения указанных недостатков сплавы типа «магналий» подвергаются модифицированию различными компонентами [1].

Стремительный рост количества производимого металла, к сожалению, сопровождается быстрым ростом экономических потерь от коррозионного разрушения. Этому способствовало то обстоятельство, что получили развитие такие металлоемкие отрасли промышленности, как металлургия, химическая, нефтяная, автомобильный транспорт, авиация, для которых характерно использование весьма агрессивных сред, высоких температур и давлений, а также условий, когда изделия эксплуатируются при одновременном воздействии агрессивной среды и больших механических нагрузок, т.е. факторов, способствующих коррозии. Для этих отраслей коррозионная стойкость или химическое сопротивление конструкционного материала – одна из важнейших, а часто и самая важная характеристика, определяющая надежность и срок службы технологического оборудования [2, 3].

Методики исследования электрохимических свойств сплавов

Сплавы для коррозионно- электрохимических исследований получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ, с использованием алюминиевых лигатур. Применение лигатур дает возможность уменьшить угар легирующих металлов, а также получить сплавы исследуемых систем при более низких температурах. Из полученных сплавов отливали в графитовую изложницу стержни диаметром 8 мм и длиной 140 мм. Нерабочая часть образцов изолировалась смолой (смесь 50% канифоли и 50% парафина). Рабочей поверхностью служил торец электрода. Перед погружением образца в рабочий раствор его торцевую часть зачищали наждачной бумагой, полировали, обезжиривали, тщательно промывали спиртом и затем погружали в раствор 3 и 0.03%-

ного NaCl. Температура раствора в ячейке поддерживалась постоянная 20°C с помощью термостата МЛШ-8 [4].

При электрохимических испытаниях образцы потенциодинамически поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока в результате питтингообразования. Затем образцы поляризовали в обратном направлении до потенциала – 1.800 мВ, в результате чего происходило подщелачивание приэлектродного слоя поверхности сплава. Наконец, образцы поляризовали вновь в положительном направлении.

Если пассивирующийся сплав подвергается коррозии, находясь в активном состоянии, то скорость его коррозии можно снизить за счет смещения потенциала, как в отрицательную, так и в сторону положительных (анодная защита) значений. Катодная защита, в свою очередь, может происходить за счет катодной поляризации защищаемых конструкций от внешнего источника тока и без него - за счет искусственного контакта катода с анодом (из более отрицательного металла).

Исследование коррозионно-электрохимического поведения алюминиево-магниевого сплава, модифицированного бариером, проводилось в среде электролита NaCl с концентрацией 0.03 со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/сек на потенциостате ПИ-50.1.1 по методике, описанной в работах.

Расчёт тока коррозии как основной электрохимической характеристики процесса коррозии проводили по катодной кривой с учётом таффеловской наклонной $DE_k = 0.12В$, поскольку в нейтральных средах процесс питтинговой коррозии алюминия и его сплавов контролируется катодной реакцией ионизации кислорода. Скорость коррозии в свою очередь является функцией тока коррозии, находимой по формуле:

$$K = i_{\text{корр.}} K,$$

где: $K = 0.335 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ для алюминия.

Характер коррозии определялся визуально [5-8].

В работе изучены коррозионно-электрохимические свойства сплава АМг2, модифицированного бариером: 0.01; 0.05, 0.1, 0.5, и 1.0 мас.%. На рисунке и в таблице 2. приведены результаты исследования коррозионно-электрохимических свойств сплава АМг2, модифицированного бариером, в среде электролита 0,03% NaCl. Все характеристики, представленные в таблицах, даны относительно хлорсеребряного электрода сравнения и сняты при скорости развёртки потенциала 2 мВ/с. Временная зависимость потенциала свободной коррозии (-Е,В) сплава АМг2 от содержания бария в среде 0,03%- ного NaCl представлено в таблице 1.

Зависимость потенциала свободной коррозии от времени для сплава АМг2, модифицированного бариером в среде 0,03% раствора NaCl показывает, что при погружении сплава в раствор электролита происходит незначительное смещение потенциала в положительную область.

Анодные ветви поляризационных кривых сплава АМг2, модифицированного бариером, показывают, что с увеличением концентрации третьего компонента происходит смещение в положительную область потенциалов коррозии и питтингообразования в среде электролита 0,03% NaCl.

Таблица 1 - Временная зависимость потенциала свободной коррозии (-Е, В) сплава АМг2 от содержания бария в среде 0,03%- ного NaCl

Время выдержки, минут	Содержания барий, мас. %					
	0.0	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
0	0,870	0,815	0,800	0,785	0,772	0,760
0,15	0,862	0,800	0,786	0,772	0,760	0,747
0,2	0,853	0,787	0,773	0,760	0,749	0,734

Окончание табл. 1

0,3	0,846	0,775	0,761	0,749	0,738	0,722
0,4	0,840	0,764	0,750	0,738	0,727	0,711
0,5	0,836	0,754	0,742	0,730	0,717	0,700
0,6	0,830	0,745	0,734	0,722	0,709	0,691
2	0,824	0,738	0,727	0,715	0,701	0,684
3	0,817	0,731	0,720	0,707	0,694	0,677
4	0,813	0,725	0,714	0,700	0,687	0,670
5	0,808	0,719	0,707	0,694	0,680	0,664
10	0,802	0,713	0,701	0,688	0,674	0,658
20	0,798	0,708	0,696	0,683	0,669	0,653
30	0,794	0,704	0,691	0,677	0,665	0,649
40	0,792	0,700	0,687	0,674	0,662	0,646
50	0,791	0,697	0,684	0,671	0,659	0,644
60	0,790	0,695	0,682	0,670	0,657	0,643

Таблица 2 - Коррозионно-электрохимические характеристики сплава АМг2, модифицированного барием, в среде электролита 0,03% NaCl

Среда NaCl, масс. %	Содержание барий, масс. %	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
		-Е _{св.кор}	-Е _{кор}	-Е _{п.о}	-Е _{рп}	$i_{кор} \cdot 10^{-2}$	$K \cdot 10^{-3}$
						A/M^2	$г/М^2 \cdot ч$
0,03	-	0,790	1,116	0,580	0,700	0,013	4,35
	0.01	0,695	1,070	0,530	0,660	0,010	3,35
	0.05	0,682	1,057	0,520	0,650	0,008	2,68
	0.1	0,670	1,046	0,512	0,641	0,006	2,01
	0.5	0,657	1,035	0,503	0,632	0,004	1,34
	1.0	0,643	1,020	0,495	0,622	0,002	0,67

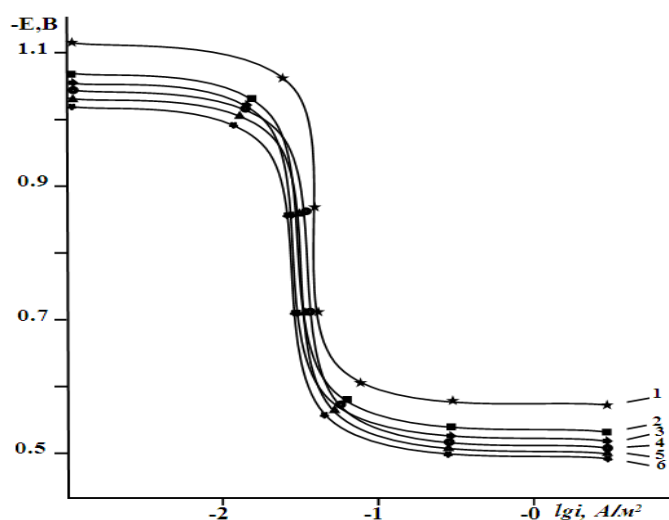


Рисунок 1. Потенциодинамические анодные поляризационные (2мВ/с) кривые сплава АМг2(1), содержащего барием, мас0.01(2), 0.05(3), 0.1(4), 0.5(5), 1.0(6), в среде электр. 0,03% - ного NaCl

Заключение

Электрохимическим методом в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с исследовано анодное поведение сплава АМг2, легированного барием, в среде электролита 0,03 % NaCl показано, что добавки барий до 1,0 мас.% увеличивают коррозионную стойкость исходного сплава АМг2 в 18 %. При этом значительно увеличивается питтингоустойчивость сплавов, о чем свидетельствует смещение потенциалов коррозии и

питтингообразования в более положительную область значений. В этом плане более перспективными являются сплавы, содержащий 1,0 % бария.

Литература

1. Рэмзден Э.Н. Начала современной химии: Справ. изд. пер. с нем.- Л.: Химия.1989. - 784С.
2. Горо И. Коррозия алюминия и его сплавов // Босеку гигаюзу. -1978.-;4-с.194-202.
3. Mechanismen bei der Pittingbildung in Aluminium und seinen Legierungen. Ahmad Z. "Aluminium", 1985, 61, № 2, 128-129 (нем.)
4. Физикохимия сплава АМг2 с редкоземельными металлами / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Х.О. Одинаев. - Душанбе, ТТУ им. акад. М.С. Осими, 2016. – 153 с.
5. О влияния неодима на анодное поведение сплава АМг2 / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Н.И. Ганиева // Матер. X-ой Международной теплофизической школы. «Теплофизические исследования и изм. при контроле качестве веществ, материалов и изделий», Тамбовский государственный технический университет. - Душанбе-Тамбов, 2016, с.138-143.
6. Повышение анодной устойчивости алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be) легированием индием / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназова, А. М. Сафаров // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 8(139). – С. 123-130. – DOI 10.21285/1814-3520-2018-8-123-130. – EDN ZARFTV.
7. Стронций - модификатор алюминий-германиевой эвтектики и сплава АК7М2 / Р. Х. Саидзод, И. Н. Ганиев, С. С. Гулов, С. Т. Бадурдинов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 55-59. – EDN VQJHFO.
8. Влияние бария на анодное поведение сплава АК12М2 / Ф. Ш. Зокиров, И. Н. Ганиев, А. Э. Бердиев, М. М. Сангов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 3(43). – С. 30-34. – EDN YPOPIB.

ХУСУСИЯТҲОИ ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ ХӮЛАИ АМг2, КИ БО БАРИЙ МОДИФИКАТСИЯ ШУДААСТ, ДАР МУҲИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИ 0,03 % NaCl

Н.Ф. Иброхимов, С.Т. Бадурдинов, С.С. Гулов

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Аннотация. Ҳадафи ин кор омӯзиши таъсири иловаи барий ба хусусиятҳои электрохимиявии хӯлаи алюминий-магнийи АМг2 мебошад. Тадқиқот бо усули потенциостатикӣ дар маҳлули 0,03%-и NaCl гузаронида шуд. Натиҷаҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки модификатсияи хӯла бо барий (0.01–1.0 % аз рӯи вазн) боиси ба самти мусбат кӯчидани потенциали электрохимиявии он дар шароити таркиби мазкури электролит мегардад.

Калидвожаҳо: хӯлаи алюминий, АМг2, барий, 0,03% NaCl, электролит, потенциалҳои электрохимиявӣ.

ELECTROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF AMg2 ALLOY MODIFIED WITH BARIUM IN A 0.03% NaCl ELECTROLYTE MEDIUM

N.F. Ibrohimov, S.T. Badurdinov, S.S. Gulov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The aim of this work was to study the effect of barium addition on the electrochemical characteristics of AMg2 aluminum-magnesium alloy. The studies were conducted using the potentiostatic method in a 0.03% NaCl solution. The obtained data indicate that modifying the alloy with barium (0.01-1.0 wt.%) causes a positive shift in its electrochemical potential under the given electrolyte composition.

Keywords: aluminum alloy, AMg2, barium, 0.03% NaCl, electrolyte, electrochemical potentials.

Сведения об авторах

Иброхимов Насимжон Файзуллоевич – к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование», ТТУ им. акад. М.С. Осими.

Бадурдинов Садуло Тоджидинович -доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование», ТТУ им. акад. М.С. Осими, контактная телефон: (992) 902-02-70-27, E-mail: sbadurdinov@gmail.com

Гулов Саломиддин Садриддинович -доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование», ТТУ им. акад. М.С. Осими.

УДК 539.219.3

КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Zn-Na, В СРЕДЕ РАСТВОРА 0,03%-НОГО NaCl

¹Ганиев И.Н., ²Табаров Б.Ш., ¹Ходжаназаров Х.М., ³Алиева Л.З.

¹ГНУ «Институт химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана», ²ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ³Государственное учреждение «Международный университет туризма и предпринимательства Таджикистана».

Аннотация. В работе приведены результаты коррозионно-электрохимическое исследования сплавов системы Zn-Na в среде раствора 0.03%-ного NaCl. Показано, что добавка натрия (0.01-0.5 мас.%) улучшает коррозионную стойкость цинка на 23%. С ростом концентрации натрия в исходном сплаве потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации смещаются в положительную область значений.

Ключевые слова: сплавы Zn-Na, анодное поведение, потенциостатический метод, потенциал свободной коррозии, потенциалы питтингообразования и репассивации, скорость коррозии.

Введение

Цинк и его сплавы в настоящее время остаются одними из наиболее востребованных конструкционных и функциональных материалов в промышленности. Их актуальность обусловлена совокупностью физико-химических, механических и технологических свойств, а также экономической эффективностью применения. Область применения цинка и его сплавов чрезвычайно широка и охватывает практически все отрасли современной промышленности. Наибольшая доля производимого цинка используется для антикоррозионной защиты стали. Оцинкованные листы, профили, трубы, крепёжные элементы и металлоконструкции широко применяются в строительстве, машиностроении, энергетике и транспортной инфраструктуре. Цинковое покрытие обеспечивает как барьерную, так и электрохимическую защиту, существенно увеличивая срок службы стальных изделий в атмосферных и агрессивных средах [1].

Одной из главных причин широкого использования цинка является его высокая эффективность в качестве антикоррозионного покрытия стали. Благодаря более отрицательному электрохимическому потенциалу по сравнению с железом, цинк выполняет роль протекторного (жертвенного) анода, защищая стальные конструкции от разрушения [2, 3].

В промышленности практически не применяется нелегированный цинк, который по сравнению с легированным обладает более низкими механическими, технологическими и физическими свойствами. Поэтому для улучшения различных характеристик цинка принято легировать его различными добавками с целью улучшения определённых заданных свойств [4].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния добавки натрия на коррозионно-электрохимическое свойства цинка, которые могут использоваться в качестве

эффективных покрытий и протекторов для повышения коррозионной стойкости стальных конструкций, изделий и сооружений.

Материалы и методика эксперимента

Для изучения электрохимических свойств сплавов системы Zn-Na применяли потенциостатический метод исследования. Сплавы для коррозионно - электрохимических исследований получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ. Сплавы цинка содержали 0,01-0,5 мас.% натрия.

Исследование коррозионно-электрохимического поведения сплавов проводилось, в среде раствора 0.03%-ного NaCl при скорости развёртки потенциала 2мВ/с на потенциостате ПИ-50.1.1 по методикам, описанным в работах [5 - 9].

Как видно из таблицы 1 с увеличением концентрации хлорид-иона потенциал свободной коррозии сплавов цинка с натрием растёт, что свидетельствует о росте коррозионной стойкости цинка к воздействиям хлорид-иона. Сравнивая потенциал свободной коррозии цинка и сплавов с добавками натрия, в среде раствора 0.03%-ного NaCl можно отметить, что его значение для исходного цинка составляет: -0.964 В а у сплавов с добавками 0.5 мас.% натрия оно равняется: -0.841 В, соответственно.

Таблица 1 - Изменение потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{\text{св.кор.}}$, В) сплавов системы Zn-Na во времени, в среде раствора 0.03%-ного NaCl

Время выдержки, минут	Содержание натрием, мас.%				
	0.0	0.05	0.1	0.5	1.0
0	1,075	0,990	0,980	0,969	0,955
0,15	1,060	0,983	0,973	0,963	0,946
0,2	1,045	0,976	0,967	0,955	0,940
0,3	1,030	0,968	0,959	0,946	0,933
0,4	1,015	0,960	0,950	0,938	0,925
0,5	1,007	0,952	0,941	0,929	0,918
0,6	1,001	0,944	0,933	0,920	0,910
2	0,996	0,936	0,924	0,911	0,901
3	0,990	0,928	0,916	0,903	0,894
4	0,985	0,920	0,908	0,895	0,887
5	0,980	0,912	0,900	0,888	0,880
10	0,976	0,904	0,892	0,880	0,873
20	0,973	0,897	0,885	0,873	0,864
30	0,970	0,891	0,878	0,866	0,855
40	0,968	0,885	0,872	0,860	0,847
50	0,966	0,880	0,867	0,855	0,841
60	0,964	0,880	0,867	0,854	0,841

Анодные ветви поляризационных кривых сплавов системы Zn-Na, в среде раствора 0,03% -ного NaCl приведены на рисунке. Ход кривых показывает, что с увеличением концентрации второго компонента (натрия) происходит их смещение в положительную область и при этом повышается потенциал питтингообразования у сплавов по сравнению с чистым цинком. Кривые 2 и 5 с добавками 0.01 и 0.5 мас.% натрия смещены в область более положительных значений потенциалов по сравнению с кривой 1 для исходного цинка. Подобная тенденция имеет место и в других исследованных средах (табл. 2).

Результаты коррозионно-электрохимических исследований сплавов системы Zn-Na представленные в таблице 2 свидетельствует о том, что добавка натрия в пределах 0.01 ÷ 0.5 мас.% к цинку в среде раствора NaCl сдвигает потенциалы коррозии, репассивации и питтингообразования в положительную область значений и одновременно с этим повышается коррозионная стойкость цинка. Скорость коррозии имеет минимальное значение при легировании цинка 0.5 мас.%

натрием (на 20% меньше по сравнению с чистым цинком), что является оптимальным в коррозионном отношении (табл. 2).

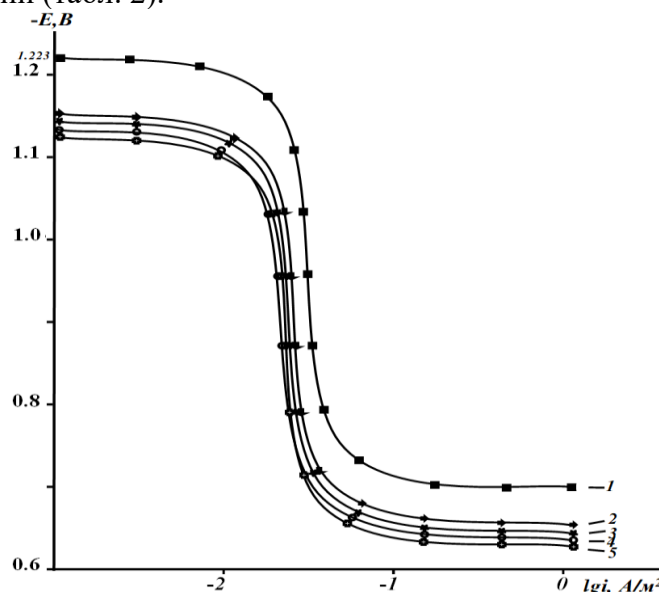


Рисунок 1. Анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые сплавов системы Zn-Na содержащего натрия, мас.‰: 0,0 (1); 0,01 (2); 0,05 (3); 0,1 (4); 0,5 (5), в среде раствора 0,03%-ного (в) NaCl.

Учитывая питтинговый механизм коррозии сплавов цинка, особое внимание было уделено определению потенциала питтингообразования сплавов и влиянию концентрации легирующего элемента и раствора на данную характеристику сплавов. Возникновение питтинга связано с нарушением пассивного состояния на отдельных участках поверхности металлов и сплавов в результате воздействия анионов-активаторов. На этих участках происходит ускоренное разрушение оксидных плёнок, что вызывает местное активирование. Последнее может быть связано также с адсорбционным вытеснением кислорода анионами-активаторами на участках, на которых прочность связи кислорода с металлом меньше, чем с анионами.

Что касается сплавов Zn-Na, то результаты, приведённые в таблице 2 показывают, что с увеличением концентрации натрия до 0,5 мас.‰ питтингоустойчивость сплавов увеличивается, о чём свидетельствует смещение потенциала питтингообразования в более положительную область значений.

Таблица 2 - Коррозионно-электрохимические характеристики сплавов системы Zn-Na, в среде раствора NaCl

Содержание натрия в цинке мас.‰	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
	-E _{св.кор.}	-E _{кор.}	-E _{по.}	-E _{реп.}	i _{кор.} ·10 ² , А/м ²	K·10 ³ , г/м ² ·ч
-	0,964	1,223	0,700	0,770	7,4	90,2
0.01	0,880	1,153	0,652	0,714	6,3	76,8
0.05	0,867	1,144	0,643	0,705	6,1	74,4
0.1	0,854	1,135	0,634	0,696	5,9	71,9
0.5	0,841	1,126	0,625	0,687	5,7	69,5

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать сплавы Zn-Na в качестве коррозионностойкого сплава (скорость коррозии которой на 23% ниже, чем исходный цинк) с оптимальным содержанием натрия 0,01÷0,5 мас.‰.

Заклучение

Исследованием влияния добавки натрия на анодное поведение цинка показано, что легирование позволяет повысить коррозионную стойкость цинка на 23%, в среде раствора NaCl. Экспериментально показано, что легирование цинка натрием смещает в положительную область значений потенциалов свободной коррозии, питтингообразования и репассивации, что в целом благоприятно влияют на его коррозионную устойчивость. Выполненные исследования по установлению анодных характеристик сплавов цинк с натрием позволяют рекомендовать их в качестве базового сплава при изготовлении антифрикционных материалов и получить при этом значительный экономический эффект за счет снижения материалоемкости единицы продукции, увеличения их срока службы и надежности.

Литература

1. Виткин А.И., Тейндл И.И. Металлические покрытия листовой и полосовой стали. М.: Металлургия. 1971. – 493 с.
2. Кечин В.А., Люблинский Е.Я. Цинковые сплавы. М.: Металлургия. 1986. – 247 с.
3. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. М.: Физматлит. 2002. – 336 с.
4. Влияние добавок лития на коррозионно-электрохимическое поведение свинцового баббита БЛ (PbSb15Sn10Li) в среде электролита NaCl / И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Ф. К. Ходжаев, У. Ш. Якубов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2022. – Т. 78, № 1. – С. 7-12. – EDN ZOSQCI.
5. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.
6. Раджабалиев, С. С. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18%Fe / С. С. Раджабалиев, И. Н. Ганиев, И.Т. Амонов // Вопросы материаловедения. – 2016. – № 2(86). – С. 147-151.
7. Влияние добавок Индия на коррозионную устойчивость, теплостойкость и изменения термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода [и др.] // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2022. – № 3(94). – С. 81-91. – EDN QJSGYR.
8. Влияние галлия на потенциал коррозии цинка, в среде электролита NaCl / И. Н. Ганиев, Г. М. Атоев, Р. Д. Исмонов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. – № 2(70). – С. 79-83. – EDN SQZZXZ.
9. Потенциостатическое исследование алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с кальцием в среде водного раствора NaCl / И. Н. Ганиев, К. Х. Ашуров, Ш. Ш. Окилов, Х. М. Ходжаназаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 4(68). – С. 99-105. – EDN VHQWSE.

ТАДҚИҚОТИ КОРРОЗИОНӢ-ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ ХӢЛАҲОИ СИСТЕМАИ Zn-Na ДАР МАҲЛУЛИ 0.03% NaCl

¹Ганиев И.Н., ²Табаров Б.Ш., ¹Хочаназаров Х.М., ³Алиева Л.З.

¹МДИ «Институти кимиѐи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон,

²ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон,

³Муассисаи давлатии «Донишгоҳи байналмилалӣ сайёҳӣ ва соҳибкорӣ Тоҷикистон»

Шарҳи мухтасар. Дар қор натиҷаҳои тадқиқоти коррозий-электрохимиявии ҳулаҳои системаи Zn-Na дар муҳити маҳлули 0,03%-и NaCl пешниҳод шудаанд. Нишон дода шудааст, ки иловаи натрий (0,01–0,5 мас.%) муқовимати коррозийи рухро то 23% беҳтар мекунад. Ҳангоми афзоиши консентратсияи натрий дар ҳулаи ибтидоӣ потенциалҳои коррозия, питтингҳосилшавӣ ва репассиватсия ба самти мусбат ҳаракат мекунад.

Калидвожаҳо: ҳулаи Zn-Na, рафтори анодӣ, усули потенциостатикӣ, потенциалҳои коррозийи озод, потенциалҳои питтингҳосилшавӣ ва репассиватсия, суръати коррозия.

CORROSION-ELECTROCHEMICAL STUDY OF Zn-Na SYSTEM ALLOYS IN A 0.03% NaCl SOLUTION

¹Ganiev I.N., ²Tabarov B.Sh., ¹Khojanazarov Kh.M., ³Alieva L.Z.

(¹State Scientific Institution "V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan", ²TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan,

³State Institution "International University of Tourism and Entrepreneurship of Tajikistan)

Abstract. This paper presents the results of a corrosion-electrochemical study of Zn-Na alloys in a 0.03% NaCl solution. It is shown that the addition of sodium (0.01-0.5 wt%) improves the corrosion resistance of zinc by 23%. As the sodium concentration in the original alloy increases, the corrosion, pitting, and repassivation potentials shift toward the positive range.

Keywords: Zn-Na alloys, anodic behavior, potentiostatic method, free corrosion potential, pitting and repassivation potentials, corrosion rate.

Сведения об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович – академик НАНТ, д.х.н., проф., зав. лабораторией ГНУ «Институт химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана», E-mail: ganievizatullo48@gmail.com;

Табаров Бехруз Шамсиддинович - соискатель кафедры «Технология химических производств», ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан, телефон: (+992) 91-843-44-55;

Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович – к.т.н., старший научный сотрудник ГНУ «Институт химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана». 734063. г. Душанбе, пр. Айни 299/2. Тел.: +992-907-60-60-73, E-mail: Khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru;

Алиева Лола Зухурбековна – кандидат технических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института Государственного учреждения «Международный университет туризма и предпринимательства Таджикистана»

УДК 539.219.3

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ЖЕЛЕЗА НА ПОТЕНЦИАЛ СВОБОДНОЙ КОРРОЗИИ СПЛАВОВ Zn5Al и Zn55Al В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

З.Ф. Нарзуллоев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе исследовано влияние добавок железа (0,01–0,5 мас. %) на потенциал свободной коррозии цинк-алюминиевых сплавов Zn5Al и Zn55Al в растворах NaCl концентрацией 0,03 и 3,0 % (мас.). Установлены закономерности смещения потенциала во времени и влияние концентрации электролита на электрохимическое поведение сплавов. Показано, что легирование железом приводит к смещению $E_{св.кор.}$ в более положительную область, тогда как увеличение концентрации хлорид-ионов вызывает его смещение в отрицательную сторону. Формирование защитной оксидной плёнки завершается в течение 40–60 мин.

Ключевые слова: цинк-алюминиевые сплавы, Zn5Al, Zn55Al, железа, потенциал свободной коррозии, NaCl, хлорид-ион, оксидная плёнка, электрохимическая коррозия.

Введение

Около 50 % мирового производства цинка используется для нанесения защитных покрытий на стальные конструкции. В промышленности широко применяются цинк-алюминиевые покрытия типа Zn5Al и Zn55Al (Гальфан I и II), отличающиеся повышенной коррозионной стойкостью по сравнению с чистым цинком.

Повышение эксплуатационных характеристик данных сплавов достигается модифицированием их состава введением легирующих добавок. Введение третьего элемента способно изменять электрохимические характеристики системы, в том числе потенциал свободной коррозии $E_{\text{св.кор.}}$, что напрямую связано с коррозионной стойкостью материала. [1-2].

Целью работы является исследование влияния добавок железа на потенциал свободной коррозии сплавов Zn5Al и Zn55Al в растворах хлорида натрия различной концентрации.

Методика эксперимента

Электрохимические исследования проводили в растворах NaCl концентрацией 0,03 и 3,0 % (мас.).

Использовали потенциостат ПИ-50.1.1 с самописцем ЛКД-4 и программатором ПР-8. Температуру электролита поддерживали на уровне $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ с помощью термостата МЛШ-8. В качестве электрода сравнения применяли хлоридсеребряный электрод (х.с.э.), вспомогательный электрод — платиновый.

Поляризацию осуществляли в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки $2 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}$. Анодную поляризацию проводили от установившегося стационарного потенциала до достижения плотности тока, соответствующей 2 А, затем — в обратном направлении до потенциала $-1,1 \dots -1,2 \text{ В}$ (х.с.э.), при котором происходит восстановление оксидной плёнки.

Потенциал свободной коррозии $E_{\text{св.кор.}}$ фиксировали в течение 60 мин после погружения образца в электролит (табл. 1) [3].

Результаты и обсуждение

Установлено, что при погружении образца в электролит в первые минуты наблюдается резкое смещение $E_{\text{св.кор.}}$ в положительную область. Максимальное изменение потенциала происходит в интервале 2–10 мин, что связано с формированием защитной оксидной плёнки. Стабилизация потенциала завершается через 40–60 мин.

Легирующее железом (0,01–0,5 мас. %) приводит к смещению $E_{\text{св.кор.}}$ в более положительную область по сравнению с исходным сплавом.

При увеличении концентрации NaCl с 0,03 до 3,0 % (мас.) наблюдается смещение $E_{\text{св.кор.}}$ в отрицательную сторону, что свидетельствует об интенсификации коррозионного процесса вследствие роста активности хлорид-ионов.

Таблица 1 - Зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{\text{св.кор.}}$, В) цинково-алюминиевого сплава Zn5Al с железом во времени в среде электролита NaCl

Среда NaCl, мас%	Содержание железа в сплаве, мас%	($-E_{\text{св.кор.}}$, В) при выдержке, мин							
		0.3	0.6	2	4	10	20	40	60
0.03	Zn5Al	1.054	1.012	0.998	0.976	0.963	0.952	0.940	0.940
	0.01	0.701	0.697	0.695	0.689	0.678	0.666	0.650	0.650
	0.05	0.686	0.666	0.660	0.653	0.648	0.642	0.630	0.624
	0.1	0.682	0.664	0.658	0.650	0.640	0.633	0.620	0.616
	0.5	0.680	0.663	0.654	0.646	0.632	0.624	0.610	0.604
3.0	Zn5Al	1.170	1.138	1.126	1.109	1.086	1.077	1.066	1.064
	0.01	0.996	0.984	0.978	0.946	0.905	0.886	0.846	0.820
	0.05	0.940	0.920	0.904	0.878	0.856	0.838	0.810	0.800
	0.1	0.930	0.916	0.900	0.878	0.855	0.834	0.806	0.796
	0.5	0.934	0.914	0.904	0.874	0.852	0.833	0.802	0.786

Результаты и обсуждение

Сплав Zn5Al. Установлено, что при погружении образца в электролит в первые минуты наблюдается резкое смещение $E_{\text{св.кор.}}$ в положительную область. Максимальное изменение потенциала происходит в интервале 2–10 мин, что связано с формированием защитной оксидной плёнки. Стабилизация потенциала завершается через 40–60 мин.

Легирование железом (0,01–0,5 мас. %) приводит к смещению $E_{\text{св.кор.}}$ в более положительную область по сравнению с исходным сплавом.

При увеличении концентрации NaCl с 0,03 до 3,0 % (мас.) наблюдается смещение $E_{\text{св.кор.}}$ в отрицательную сторону, что свидетельствует об интенсификации коррозионного процесса вследствие роста активности хлорид-ионов.

В 0,03 %-ном растворе NaCl после 60 мин выдержки:

Zn5Al: $E_{\text{св.кор.}} = -0,940$ В (х.с.э.);

Zn5Al + 0,5 мас. % Fe: $E_{\text{св.кор.}} = -0,604$ В (х.с.э.).

В 3,0 %-ном растворе NaCl соответствующие значения составляют:

Zn5Al: $-1,064$ В (х.с.э.);

Zn5Al + 0,5 мас. % Fe: $-0,786$ В (х.с.э.).

Таким образом, железо способствует повышению электрохимической стабильности сплава (табл. 1) [3].

Таблица 2 - Зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{\text{св.кор.}}$, В) цинково-алюминиевого сплава Zn55Al с железом во времени в среде электролита NaCl

Среда NaCl, мас%	Содержание железа в сплаве, мас%	($-E_{\text{св.кор.}}$, В (х.с.э.)) при выдержке, мин							
		0.3	0.6	2	4	10	20	40	60
0.03	Zn55Al	0.959	0.933	0.926	0.910	0.894	0.887	0.882	0.880
	0.01	0.898	0.889	0.877	0.866	0.847	0.827	0.796	0.780
	0.05	0.896	0.887	0.876	0.864	0.845	0.826	0.794	0.778
	0.1	0.894	0.880	0.874	0.860	0.840	0.824	0.790	0.775
	0.5	0.890	0.876	0.870	0.857	0.838	0.820	0.786	0.770
3.0	Zn55Al	1.208	1.174	1.136	1.108	1.067	1.052	1.024	1.022
	0.01	1.212	1.202	1.190	1.168	1.110	1.054	1.005	0.974
	0.05	1.203	1.192	1.172	1.135	1.068	1.020	0.976	0.940
	0.1	1.200	1.172	1.152	1.132	1.060	1.017	0.970	0.936
	0.5	1.195	1.163	1.144	1.120	1.056	1.010	0.950	0.920

Для сплава Zn55Al наблюдаются аналогичные закономерности. В первые минуты контакта с электролитом происходит интенсивное смещение $E_{\text{св.кор.}}$ в положительную область, после чего потенциал стабилизируется.

Добавки железа (0,01–0,5 мас. %) вызывают смещение $E_{\text{св.кор.}}$ в среднем на ~100 мВ в положительную сторону по сравнению с исходным сплавом, особенно в 3,0 %-ном растворе NaCl.

Повышение концентрации NaCl приводит к смещению потенциала в отрицательную область для всех исследованных составов, что указывает на снижение коррозионной стойкости в более агрессивной среде.

Независимо от состава сплава стационарные значения $E_{\text{св.кор.}}$ устанавливаются в течение 60 мин (табл. 2) [3-8].

Заключение

1. Установлено, что добавки железа (0,01–0,5 мас. %) вызывают смещение потенциала свободной коррозии сплавов Zn5Al и Zn55Al в положительную область.
2. Увеличение концентрации NaCl с 0,03 до 3,0 % (мас.) приводит к смещению $E_{\text{св.кор.}}$ в отрицательную сторону.
3. Формирование защитной оксидной плёнки завершается в течение 40–60 мин независимо от состава сплава.
4. Легирование железом повышает электрохимическую стабильность исследованных сплавов.

Литература

1. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов / учебник для вузов. – М.: МИСиС, 1998. – 400 с.
2. Богатов А.А. Механические свойства и модели разрушения металлов; учебное пособие для вузов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. – 239 с.
3. Нарзуллоев З.Ф., Алиев Дж.Н., Ганиев И.Н., Аминов Ф.М. Влияние добавок никеля на анодное поведение цинково-алюминиевых сплавов Zn5Al, Zn55Al в среде электролита NaCl. Журнал прикладной химии. 2019. Т.92. Вып.11. – С.1420-1426.
4. Влияние добавок лития на коррозионно-электрохимическое поведение свинцового баббита БЛ (PbSb15Sn10Li) в среде электролита NaCl / И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Ф. К. Ходжаев, У. Ш. Якубов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2022. – Т. 78, № 1. – С. 7-12. – EDN ZOSCQI.
5. Влияние добавок Индия на коррозионную устойчивость, теплоемкость и изменения термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода [и др.] // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2022. – № 3(94). – С. 81-91. – EDN QJSGYR.
6. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.
7. Раджабалиев, С. С. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18%Fe / С. С. Раджабалиев, И. Н. Ганиев, И.Т. Амонов // Вопросы материаловедения. – 2016. – № 2(86). – С. 147-151.
8. Потенциостатическое исследование алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с кальцием в среде водного раствора NaCl / И. Н. Ганиев, К. Х. Ашуров, Ш. Ш. Окилов, Х. М. Ходжаназаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 4(68). – С. 99-105. – EDN VHQWSE.

ТАЪСИРИ ИЛОВАИ ОҲАН БА ПОТЕНСИАЛИ ЗАНГЗАНИИ ОЗОДИ ХӢЛАҲОИ Zn5Al ва Zn55Al ДАР МУҲИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИ NaCl

З.Ф. Нарзуллоев

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола таъсири иловаҳои оҳан (0,01-0,5 вазн.%) ба потенциали зангзании озоди хӯлаҳои руҳ-алюминийи Zn5Al ва Zn55Al дар маҳлулҳои NaCl бо концентратсияи 0,03 ва 3,0 вазн.% баррасӣ мешавад. Қоидаҳои тағирёбии потенциал бо мурури замон ва таъсири концентратсияи электролитҳо ба рафтори электрохимиявии хӯлаҳо муқаррар карда шудаанд. Нишон дода шудааст, ки хӯлаи оҳан боиси гузаштани зангзании Эффри ба минтақаи мусбаттар мегардад, дар ҳоле ки афзоиши концентратсияи ионҳои хлориди он боиси ба тарафи манфӣ гузаштани он мегардад. Ташаққули пардаи оксиди муҳофизатӣ дар давоми 40-60 дақиқа анҷом меёбад.

Калидвожаҳо: хӯлаҳои руҳ-алюминий, Zn5Al, Zn55Al, оҳан, потенциали зангзании озод, NaCl, иони хлорид, пардаи оксиди, зангзании электрохимиявӣ.

THE EFFECT OF IRON ADDITIVES ON THE FREE CORROSION POTENTIAL OF Zn5Al AND Zn55Al ALLOYS IN A NaCl ELECTROLYTE ENVIRONMENT

Z. F. Narzullov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This study investigated the effect of iron additives (0.01–0.5 wt.%) on the free corrosion potential of Zn5Al and Zn55Al zinc-aluminum alloys in NaCl solutions with concentrations of 0.03 and 3.0 wt.%. The patterns of potential shift over time and the effect of electrolyte concentration on the electrochemical behavior of the alloys were determined. It was shown that iron alloying leads to

a positive shift of $E_{\text{free corrosion}}$, while an increase in chloride ion concentration causes a negative shift. The formation of a protective oxide film is completed within 40–60 minutes.

Keywords: zinc-aluminum alloys, Zn5Al, Zn55Al, iron, free corrosion potential, NaCl, chloride ion, oxide film, electrochemical corrosion.

Сведения об авторе

Нарзуллоев Зубайдулло Файзуллоевич - к.т.н, ст. преподаватель кафедры инженерная и компьютерная графика ТТУ им. М.С. Осими. E-mail: zubaydullonarzulloev6@gmail.com

УДК 669.017: 620.197

РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ АЛЮМИНИЯ МАРКИ А6, ЛЕГИРОВАННОГО КРЕМНИЕМ

¹Г.К. Бексеитова, ¹А.Г. Сафаров, ²И.Н. Ганиев

¹Физико-технический институт им. С.У. Умарова, ²Институт химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана

Аннотация. В статье приведены результаты исследования температурной зависимости коэффициента теплоотдачи алюминия марки А6, легированного кремнием в диапазоне температуры 300–800 К. Установлено, что легирующий компонент в изученном концентрационном интервале (0,05 - 1,5 мас. %) уменьшают коэффициент теплоотдачи исходного алюминия марки А6.

Ключевые слова: алюминий марки А6, кремний, режим «охлаждения», температурная зависимость, коэффициент теплоотдачи.

Введение

Сегодня конструкционные материалы занимают достойное место во всех отраслях народного хозяйства. Среди конструкционных материалов широко используют алюминиевые сплавы с различными добавками. Во-первых, данные сплавы обладают уникальным сочетанием эксплуатационных характеристик при относительно низкой плотности по сравнению со сплавами на основе меди и стали [1, 2].

Диаграмма состояния Al-Si представляет собой диаграмму эвтектического вида. Авторы [3-5] указывают на образование в жидком расплаве Al-Si кластеров. Имеющиеся в литературных источниках данные по растворимости в твёрдых алюминиевых растворах кремния являются противоречивыми, так как указывается, что растворимость при 1327°C составляет 0.01% до 1.2% при $t=997^\circ\text{C}$. В основном принимают температуру эвтектики 577°C, при этом состав точки эвтектики определяется в диапазоне содержания Si 11.7-14.5% [4]; авторы [6-8] предлагают считать эту величину, равной 12,5% кремния.

Коэффициент теплоотдачи металлов - один из параметров, определяющих их эксплуатационные возможности. Определение коэффициента теплоотдачи металлов играет важную роль в некоторых областях, например, в металлургии, радиотехнике, машиностроении, строительстве. В настоящее время существует множество различных методов, с помощью которых можно определить коэффициенту теплоотдачи металлов [9].

Цель работы заключается в исследовании влияния добавок кремния на температурную зависимость коэффициента теплоотдачи алюминия марки А6.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния добавки кремния на коэффициент теплоотдачи алюминия марки А6. Поскольку алюминий марки А6 обладает высокой коррозионной стойкостью, он идеально подходит для высоких уровней влажности или тепла. Этот тип алюминия также полезен из-за его высокой теплопроводности, конформности и заделываемых качеств. Однако в литературе практически отсутствуют экспериментальные данные по коэффициенту теплоотдачи этого алюминия с кремнием. Исследования

температурной зависимости коэффициента теплоотдачи алюминия марки А6, легированного кремнием провели путём измерения теплоёмкости.

Для двух образцов одинакового размера при допущении равенства площадей их поверхности $S_1 = S_2$ и коэффициентов теплоотдачи $\alpha_1 = \alpha_2$, теплоёмкость определяется по формуле

$$C_{p_2}^0 = C_{p_1}^0 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}, \quad (1)$$

где m_1 и m_2 - массы образцов из эталона и исследуемого сплава, соответственно, $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1$, $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2$ - скорости их охлаждения образцов из эталона и исследуемых сплавов, C_{p_1} - удельная теплоёмкость эталона.

Подробная методика исследования теплоёмкости и коэффициента теплоотдачи сплавов в режиме «охлаждения» описан в работах [10, 11].

Кривые охлаждения образцов из алюминия марки А6 с кремнием описываются уравнением вида

$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau}. \quad (2)$$

Дифференцируя уравнение (2) по τ , получаем уравнение для определения скорости охлаждения образцов из сплавов

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнении (3) для исследуемых образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk из выражения (2) для сплава алюминия марки А6 с различным содержанием Si и эталонного образца (марки А5N)

Содержание Si в алюминии марки А6, мас.%	a, K	$b \cdot 10^{-3}, c^{-1}$	p, K	$k \cdot 10^{-4}, c^{-1}$	$ab, K \cdot c^{-1}$	$pk \cdot 10^{-2}, K \cdot c^{-1}$
А6	480,7571	4,58	335,0815	1,27	2,20	4,26
0,5	480,7416	4,58	333,5977	1,28	2,20	4,26
0,8	480,7259	4,58	332,1142	1,28	2,20	4,26
1,0	480,7048	4,58	330,1364	1,29	2,20	4,27
1,5	480,6898	4,58	328,7521	1,30	2,20	4,27
Эталон	473,0850	4,67	344,7507	1,55	2,21	5,35

Далее по рассчитанным значениям величин скоростей охлаждения образцов из сплавов по уравнению (1) была вычислена удельная теплоёмкость алюминия марки А6 с кремнием. Получено следующее общее уравнение температурной зависимости удельной теплоёмкости сплавов и эталона (Pb марки С00)

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (4)$$

Значения коэффициентов уравнения температурной зависимости теплоёмкости (4) для алюминия марки А6 с кремнием, представлены в таблице 2.

С использованием рассчитанных значений теплоёмкости и экспериментально полученных величин скоростей охлаждения образцов, нами был вычислен коэффициент теплоотдачи $\alpha(T)$ для алюминия марки А6 с кремнием по формуле

$$\alpha = \frac{C_p^0 \cdot m \cdot \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0) \cdot S}, \quad (5)$$

где T и T_0 – температура образца и окружающей среды, S и m - площадь поверхности и масса образца, соответственно.

Таблица 2 - Величины коэффициентов a , b , c , d из выражения (4) для сплава алюминия марки А6 с различным содержанием Si и эталонного алюминиевого образца (А1 марки А5N)

Содержание Si в алюминии марки А6, мас. %	a , Дж/кг·К	b , Дж/кг·К ²	c , Дж/кг·К ³	$d \cdot 10^{-7}$, Дж/кг·К ⁴	Коэффициент корреляции R, %
Эталон	690,3491	1,0100	-0,00127	9,13	1,0
А1 марки А6	688.6392	1.0113	-0,00127	9.14	0.999
0.5	686.3061	1.0200	-0,00128	9.16	0.998
0.8	685.5782	1.0250	-0,00129	9.19	0.998
1.0	684.4395	1.0257	-0,00129	9.20	0.998
1.5	682.3311	1.0322	-0,00130	9.24	0.998

На рисунке приведены результаты расчета коэффициента теплоотдачи алюминия марки А6 с кремнием, в зависимости от температуры. Видно, что добавка кремния уменьшают коэффициент теплоотдачи алюминия марки А6.

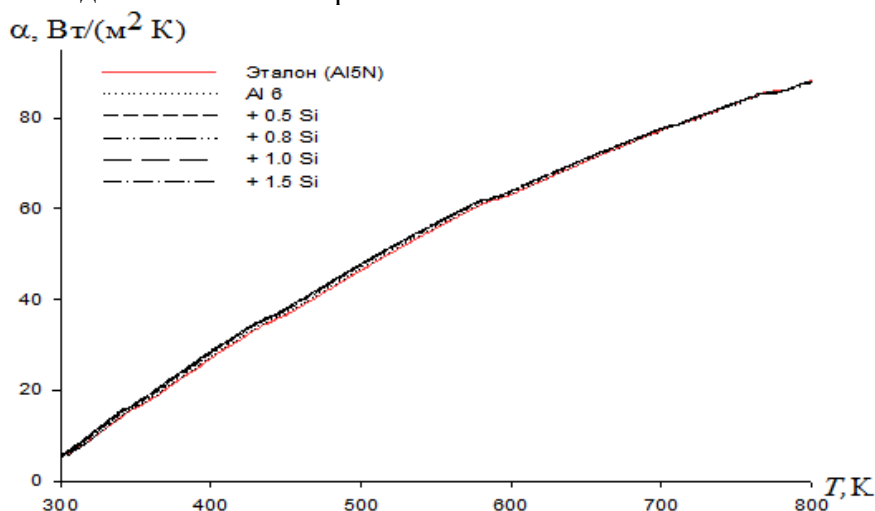


Рисунок 1. Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи алюминия марки А6 с кремнием и эталона (Pb марки С00)

Таким образом, в режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из алюминия марки А5N установлен коэффициент теплоотдачи алюминия марки А6 с кремнием. Показано, что с повышением температуры коэффициент теплоотдачи увеличиваются и от содержания кремния в сплаве уменьшаются.

Литература

1. Алиева, С.Г. Промышленные алюминиевые сплавы: Справочник / С.Г. Алиева, М.Б. Альтман, С.М. Амбарцумян. - М.: Металлургия, 1984. – 528 с.
2. Kaufman, J.G. Aluminum alloy castings: properties, processes, and applications / J.G. Kaufman, E.L. Rooy. - Materials Park: ASM International, 2004. – 340 p.
3. Пригунова, А.Г. Силумины: Атлас структур и фрактограмм: Справочное издание / А.Г. Пригунова, Н.А. Белов [и др.] / Под ред. Ю.Н. Тарана, В.С. Золоторевского. -М.: МИСиС, 1996. - 175 с.
4. Хансен, М. Структура двойных сплавов (пер. с англ.) / М. Хансен, К. Андерко / Под ред. И.И. Новикова, И.Л. Рогельберга. – М.: Металлургиздат, 1962. - 1488 с.
5. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики. М.: Машиностроение-1, 2004. 172 с.
6. Белов, Н.А. Оптимизация состава малокремнистых силуминов для повышения механических свойств в литом состоянии / Н.А. Белов, В.С. Золоторевский // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2001. - № 5. - С. 67-76.

7. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.

8. Ганиев, И.Н. Модифицирование силуминов стронцием / И.Н. Ганиев, П.А. Пархуттик, А.В. Вахобов / Под ред. К.В. Горева. – Минск: Наука и техника, 1985. – 143 с.

9. Влияние добавок индия на температурную зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АМг2 / Х. Х. Шарипова, И. Н. Ганиев, Н. И. Ганиева [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 2(46). – С. 71-78. – EDN GHPAGC.

10. Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Ходжаев Ф.К., Ходжаназаров Х.М. Теплоемкость и термодинамические свойства свинцового баббита БК (PbSb15Sn10K), модифицированного калием в области 300...550 К // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2023. № 5. С. 7-15.

11. Температурная зависимость удельной теплоемкости алюминиевого сплава АК12, модифицированного скандием / С. Т. Бадурдинов, И. Н. Ганиев, М. М. Махмадизода [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 1(49). – С. 75-79. – EDN OSOPDN.

ҲИСОБИ КОЭФФИЦИЕНТИ ГАРМИДИҲИИ АЛЮМИНИИ А6 БО КРЕМНИЙ ЧАВҲАРОНИДАШУДА

¹Г.К. Бексеитова, ¹А.Ғ. Сафаров, ²И.Н. Ганиев

¹Институту физикаю техники ба номи С.У. Умаров, ²Институту химияи ба номи
В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон,

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола натиҷаҳои тадқиқоти вобастагии ҳарорат аз коэффисиенти гармидиҳии алюминии А6, ки бо кремний чавҳаронидашуда, дар ҳудуди ҳарорати 300–800 К пешниҳод шудаанд. Муайян карда шуд, ки элементҳои чавҳаронӣ дар ҳудуди консентратсияи омӯхташуда (0.05–1.5% вазнӣ) коэффисиенти гармидиҳии алюминии ибтидоии А6-ро кам мекунанд.

Калидвожаҳо: алюминии А6, кремний, речаи "хунуккунӣ", вобастагии ҳарорат аз коэффисиенти интиқоли гармӣ.

CALCULATION OF THE HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF ALUMINUM GRADE A6 ALLOYED WITH SILICON

¹G.K. Bekseitova, ¹A.G. Safarov, ²I.N. Ganiev

¹Physicotechnical Institute named after S. U. Umarov, ²V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the
National Academy of Sciences of Tajikistan

Abstract. The article presents the results of a study of the temperature dependence of the heat transfer coefficient of aluminum grade A6 alloyed with silicon in the temperature range of 300–800 K. It was found that the alloying component in the studied concentration range (0.05–1.5 wt.%) reduces the heat transfer coefficient of the original aluminum grade A6.

Keywords: aluminum grade A6, silicon, “cooling” mode, temperature dependence of heat transfer coefficient.

Сведения об авторах

Бексеитова Гульмира Копшиловна – соискатель, Физико-технический институт имени С. У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана E-mail: g.bekseitova@agakaz.kz

Сафаров Амиршо Гоибович – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Физико-технический институт имени С. У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана E-mail: amirsho71@mail.ru

Ганиев Изатулло Наврузович – доктор химических наук, профессор заведующий лабораторией, Институт химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана E-mail: ganievizatullo48@gmail.com

УДК 669.45.018.8.24/884

КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА Б(PbSb15Sn10) С АЛЮМИНИЕМ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 0.3%-НОГО NaCl

И.Н. Ганиев, Р.З. Махмадуллозода, Х.М. Ходжаназаров, И.Т. Амонзода
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования анодного поведения свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), легированного алюминием, в 0.3%-ном растворе NaCl. Эксперимент выполнен потенциостатическим методом при скорости развертки потенциала 2 мВ/с. Установлено, что введение алюминия повышает коррозионную стойкость сплава в данной среде на 29 %.

Ключевые слова: свинцовый баббит Б(PbSb15Sn10), алюминий, потенциостатический метод, электрохимическое поведение, потенциал свободной коррозии, скорость коррозии.

Введение

Металлы широко применяются в различных сферах, при этом в ряде случаев предпочтение отдается коррозионно – стойким материалам от аэрокосмических компонентов до конструкционных деталей [1, 2].

Коррозионно – стойкие металлы подразделяются на разные виды, каждый из которых обладает своими особенностями и применяется в определенных условиях. Материалы, обладающие устойчивостью к коррозионному разрушению, играют важную роль в современном промышленном производстве. Их сопротивляемость воздействию агрессивных сред позволяет минимизировать деградационные процессы и повысить ресурс металлических изделий. Рациональное использование таких металлов требует понимания их физико-химических и эксплуатационных характеристик. В целях предотвращения коррозионного разрушения металлов и сплавов используются различные способы, обеспечивающие уменьшение скорости коррозии и зависимости от параметров среды и условий эксплуатации [3, 4].

Повышение коррозионной стойкости металлов и сплавов достигается их легированием — введением элементов, снижающих скорость разрушения. Алюминий широко применяется в качестве такой добавки благодаря образованию на поверхности защитной оксидной плёнки. Наиболее устойчивыми к коррозии являются сплавы серий 1xxx, 3xxx и 5xxx, включая свинцовый баббит Б(PbSb15Sn10), легированный алюминием для повышения его коррозионной устойчивости.

Цель работы – исследовать, как добавка алюминия влияет на анодное поведение свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), в 0.3%-ном растворе NaCl.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Свинцовый баббит Б(PbSb15Sn10) с алюминием получали в шахтной лабораторной печи СШОЛ при температуре 450 – 500°C путём плавки свинца марки С1 (99,985 % Pb) (ГОСТ 3778-77), олова марки ОВЧ-000 (99,999 % Sn) (ГОСТ 860-75), сурьмы металлической марки Су00 (99,9 % Sb) (ГОСТ 1089-82) и металлического алюминия марки А85 (99,85 % Al) ГОСТ 11069-2019. Из расплава баббита Б(PbSb15Sn10) в металлический кокиль отливались цилиндрические образцы диаметром 8 мм и длиной 120 мм. Торцевая часть образцов служила рабочим электродом для исследования электрохимических свойств. Состав сплавов контролировался взвешиванием шихты и полученных сплавов. Исследованию подвергались сплавы, масса которых отличалась от массы шихты не более чем на 2% (отн.).

Исследования проводили на потенциостате ПИ-50-1-1 потенциостатическим методом со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с, с помощью программатора ПР-8 и самозаписи ЛКД-4. Температуру раствора поддерживали постоянно 20 °С, с помощью термостата МЛШ-8. Электродом сравнения служил хлорид-серебряный, вспомогательным - платиновый.

Исследование коррозионно-электрохимическое поведения свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с алюминием проводилось в соответствии с рекомендациями ГОСТ 9.017-74. Подробная методика исследования, описана в работах [5-9].

Алюминиевые легированные образцы свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) демонстрируют заметное влияние добавки на анодное поведение в 0,3%-ном растворе NaCl. Как показывает табл. 1, на начальном этапе потенциал свободной коррозии всех образцов смещается в положительную область. Однако после одного часа выдержки различия между сплавами становятся очевидными: потенциал исходного сплава составляет $-0,720$ В, тогда как для сплава с 2,0 мас. % Al он повышается до $-0,605$ В. Эти данные свидетельствуют о том, что алюминий ускоряет формирование защитного оксидного слоя, повышая коррозионную устойчивость сплава по сравнению с нелегированным материалом.

Таблица 1 - Временная зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{\text{св.кор.}}$, В) свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) от содержания алюминия, в среде 0.3%-ного NaCl

Время выдержки, минут	Концентрация алюминия, мас. %				
	0.0	0.1	0.5	1.0	2.0
0	0,842	0,725	0,716	0,702	0,697
0,15	0,834	0,718	0,710	0,696	0,691
0,2	0,825	0,712	0,704	0,690	0,685
0,3	0,815	0,706	0,698	0,684	0,679
0,4	0,804	0,700	0,692	0,678	0,673
0,5	0,793	0,695	0,686	0,673	0,667
0,6	0,782	0,690	0,680	0,668	0,661
2	0,772	0,685	0,675	0,663	0,655
3	0,763	0,680	0,670	0,658	0,648
4	0,755	0,675	0,665	0,653	0,641
5	0,748	0,670	0,660	0,647	0,634
10	0,741	0,665	0,655	0,642	0,627
20	0,735	0,661	0,650	0,637	0,621
30	0,730	0,657	0,645	0,633	0,615
40	0,725	0,653	0,640	0,629	0,610
50	0,722	0,650	0,636	0,624	0,605
60	0,720	0,648	0,636	0,620	0,605

Согласно данным таблицы 2, введение алюминия в количестве до 2,0 масс. % в состав свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) смещает потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации в положительную область. Аналогичная тенденция наблюдается и для потенциала свободной коррозии исходного сплава. Наименьшая скорость коррозии отмечена для сплава, легированного 2.0 масс. % алюминия, и составляет $(20,48 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^2 \cdot \text{час})$, что подтверждает эффективность алюминия в повышении коррозионной устойчивости материала.

На рисунке представлены анодные потенциостатические кривые свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с различным содержанием алюминия в 0,3%-ном растворе NaCl при скорости развертки 2 мВ/с. Добавка алюминия смещает кривые в более положительную область потенциалов и снижает плотность анодного тока. Кроме того, с ростом концентрации алюминия до 2 мас. % наблюдается повышение потенциала питтингообразования, что указывает на усиление защиты сплава от локальной коррозии.

На рис. 1 представлены анодные потенциостатические кривые свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с различным содержанием алюминия в 0,3%-ном растворе NaCl при скорости развертки 2 мВ/с. Добавка алюминия смещает кривые в более положительную область потенциалов и снижает плотность анодного тока. Кроме того, с ростом концентрации алюминия

до 2 мас. % наблюдается повышение потенциала питтингообразования, что указывает на усиление защиты сплава от локальной коррозии.

Таблица 2 - Коррозионно-электрохимические характеристики свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с алюминием, в среде электролита 0.3%-ного NaCl

Доля алюминия в сплаве, масс. %	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)				Скорость коррозии	
	-E _{св.кор.}	-E _{кор.}	-E _{п.о.}	-E _{рп.}	i _{кор} ·10 ² , А/м ²	K·10 ³ , г/м ² ·час
0.0	0.720	1.066	0.595	0.690	0.75	28.98
0.1	0.648	0.990	0.518	0.616	0.59	22.80
0.5	0.636	0.981	0.509	0.608	0.57	22.03
1.0	0.620	0.971	0.500	0.600	0.55	21.25
2.0	0.605	0.960	0.491	0.592	0.53	20.48

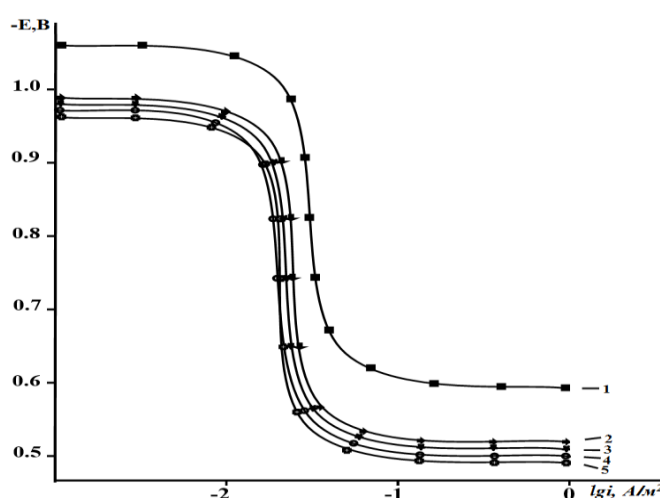


Рисунок 1. Потенциостатические анодные поляризационные (2мВ/с) кривые свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) (1), содержащего алюминий, мас. %: 0.1(2); 0.5(3); 1.0(4); 2.0(5), в среде электролита 0.3%-ного NaCl

Заключение

Основные коррозионно – электрохимические параметры свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с добавкой алюминия определялись потенциостатическим методом при скорости развертки потенциала 2 мВ/с в 0.3%-ном растворе NaCl. Анализ результатов показал, что введение алюминия в диапазоне 0.1 ÷ 2 масс. % повышает коррозионную стойкость исходного сплава на 25% в нейтральной среде, что сопровождается смещением основных электрохимических потенциалов в положительную область.

Литература

1. Дунаев Ю.Д. Нерастворимые аноды на основе свинца -Алма-Ата: КазССР, 1978. -316 с.
2. Мальцев М.В. Модификаторы структуры металлов и сплавов –Металлургия, 1964. -285 с.
3. Лужникова Л.П. Материалы в машиностроении, Т. 1. Цветные металлы и сплавы. – М.: 1967. – 287 с.
4. Бурашникова М.М., Иноземцева Е.В., Таланов С.Е., Казаринов И.А. Влияние состава свинцовых сплавов на проводимость коррозионного слоя положительных решеток в свинцово-кислотном аккумуляторе // Электрохимическая энергетика. 2009. Т. 9. № 4. С. 209 – 217.
5. Потенциостатическое исследование алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с кальцием в среде водного раствора NaCl / И. Н. Ганиев, К. Х. Ашуров, Ш. Ш. Окилов, Х. М. Ходжаназаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 4(68). – С. 99-105. – EDN VHQWSE.

6. И.Н. Ганиев, Р.З. Махмадуллоев Х.М. Ходжаназаров, Х.О. Одиназода. Влияние добавки алюминия на анодную устойчивость свинцового баббита (PbSb15Sn10) в среде водного раствора NaCl // журнал практика противокоррозионной защиты. 2025. Т.30, №1, С.30-37.

7. Влияние добавок лития на коррозионно-электрохимическое поведение свинцового баббита БЛ (PbSb15Sn10Li) в среде электролита NaCl / И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Ф. К. Ходжаев, У. Ш. Якубов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2022. – Т. 78, № 1. – С. 7-12. – EDN ZOSCQI.

8. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.

9. Раджабалиев, С. С. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18%Fe / С. С. Раджабалиев, И. Н. Ганиев, И.Т. Амонов // Вопросы материаловедения. – 2016. – № 2(86). – С. 147-151. – EDN WDCAPR.

ТАДҚИҚОТИ КОРРОЗИОНӢ-ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ БАББИТИ СУРБӢ Б(PbSb15Sn10) БО АЛЮМИНИЙ ДАР МУҲИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИИ МАҲЛУЛИ 0,3%-И NaCl

И.Н. Ганиев, Р.З. Махмадуллозода, Х.М. Ходжаназаров, И.Т. Амонзода
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти рафтори анодии баббита сурбӣ Б(PbSb15Sn10), ки бо алюминий ҷавҳаронида шудааст, дар маҳлули 0,3%-и NaCl пешниҳод шудаанд. Таҷриба бо усули потенциостатикӣ бо суръати тағйирёбии потенциали 2 мВ/с иҷро гардид. Муайян карда шуд, ки илова намудани алюминий устувории зангзании ҳуларо дар ин муҳит ба андозаи 29 % зиёд менамояд.

Калидвожаҳо: Баббита сурбӣ Б(PbSb15Sn10), алюминий, усули потенциостатикӣ, рафтори электрохимиявӣ, потенциали зангзании озод, суръати зангзанӣ.

CORROSION-ELECTROCHEMICAL STUDY OF LEAD BABBIT B(PbSb15Sn10) WITH ALUMINUM IN 0.3% NaCl ELECTROLYTE

I.N. Ganiev, R.Z. Mahmadullozoda, Kh.M. Khojanazarov, I.T. Amonzoda
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article presents the results of a study of the anodic behavior of aluminum-doped lead babbitt B (PbSb15Sn10) in a 0.3% NaCl solution. The experiment was performed using the potentiostatic method at a potential scan rate of 2 mV/s. It was found that the introduction of aluminum increases the alloy's corrosion resistance in this environment by 29%.

Keywords: lead babbitt B(PbSb15Sn10), aluminum, potentiostatic method, electrochemical behavior, free corrosion potential, corrosion rate.

Сведения об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович – академик, доктор химических наук, профессор кафедры «ТХП», ТТУ имени ак. М.С. Осими, Республика Таджикистан, e-mail: ganievizatullo48@gmail.com.

Махмадуллозода (Махмадуллоев) Рахмонали Зафар – ассистент кафедры «Технология, машины и оборудование полиграфического производства», ТТУ имени ак. М.С. Осими, Республика Таджикистан, E-mail: male_lion94@mail.ru.

Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович – к.т.н., доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. ак. М.С. Осими, Республика Таджикистан, khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru.

Амонзода Илхом Темур – Вице-президент НАН Таджикистана – доктор технических наук, заведующий отделением физико-математических, химических, геологических и технических наук НАНТ, E-mail: ilhomamonov@mail.ru.

УДК 669.225.5:669.21:620.193

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ИНДИЯ НА КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОЛОВЯННОГО БАББИТА Б83 В СРЕДЕ 0,3%-НОГО ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

Х.Д. Музафаров, И.Н. Ганиев, Р.Д. Исмонзода, Х.М. Ходжаназаров
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Изучением коррозионно-электрохимического поведения оловянного баббита Б83, легированного индием, в среде электролита 0,3%-ного NaCl показано, что с повышением концентрации легирующего элемента скорость коррозии сплавов уменьшается на 15%. Электрохимические потенциалы сплавов от содержания индия смещаются в положительную область значений.

Ключевые слова: оловянный баббит Б83, индий, электролит 0,3%-ный NaCl, потенциостатический метод, скорость коррозии, потенциал коррозии, потенциал питтингообразования, анодное поведение.

Введение

Среди широко применяемых антифрикционных материалов особое место занимают баббиты – сплавы на основе олова или свинца с добавками сурьмы и меди. В отличие от свинцовых композиций, оловянные баббиты характеризуются более высокими эксплуатационными показателями, что определяет их широкое использование в ответственных узлах трения [1].

Оловянный баббит (например, марки типа Б83 или аналогичные сплавы системы Sn–Sb–Cu) представляет собой многофазный сплав на основе олова с добавками сурьмы и меди. Его структура состоит из мягкой оловянной матрицы и твёрдых интерметаллидных включений (соединений сурьмы и меди), равномерно распределённых в объёме. Такая микроструктура обеспечивает сочетание высокой износостойкости, хорошей прирабатываемости и способности удерживать смазку [2, 3].

Оловянные баббиты применяются для заливки подшипников скольжения высоконагруженных и высокоскоростных машин: турбин, компрессоров, дизельных двигателей, насосного оборудования. В отличие от свинцовых баббитов, они лучше работают при переменных нагрузках и ударных воздействиях, обладают повышенной усталостной прочностью и более высокой теплопроводностью, что способствует эффективному отводу тепла из зоны трения [4].

Таким образом, оловянные баббиты представляют собой один из наиболее эффективных антифрикционных материалов для ответственных узлов трения, обеспечивая оптимальное сочетание механической прочности, износостойкости и эксплуатационной надёжности [5].

Целью настоящей работы является исследование анодного поведения оловянного баббита Б83, легированного индием, в среде 3%-ного электролита NaCl.

Материалы и методика эксперимента

Оловянный баббит Б83 с индием получали в шахтной лабораторной печи СШОЛ при температуре 450...500°C путём плавки олова марки ОВЧ-000 (99,999 %Sn) (ГОСТ 860-75), медь марки М0 (99,93 % Cu) (ГОСТ 859-2014), сурьмы металлической марки Су00 (99,9 % Sb) (ГОСТ 1089-82) и металлического индия марки Ин0 (99,998 % In) (ГОСТ 10297-97). Содержание индия в исходном оловянном баббите составило от 0,05 до 1,0 мас. %.

Для изучения коррозионно-электрохимических потенциалов сплава Б83, содержащего индия применяли следующий метод исследования. Электрохимические испытания образцов проводили потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме на потенциостате ПИ-50-1-1 со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/с, в среде 0,3%-ного электролита NaCl по

методикам, описанным в работах [6 - 8]. Электродом сравнения служил хлорсеребряный, вспомогательным - платиновый.

Процесс коррозии оловянного баббита Б83 контролировался катодной реакцией ионизации кислорода в нейтральной среде, а ток коррозии рассчитывался с учетом тафелевской константы ($b_k = 0,12В$) из катодной ветви потенциодинамических кривых.

Скорость коррозии K определяли по току коррозии ($i_{кор.}$) по формуле $K = i_{кор.} \cdot k$, где $k = 1,08 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ – электрохимический эквивалент олова.

Сравнивая потенциал свободной коррозии оловянного баббита Б83 с добавками индия, в среде 0,3%-ного электролита NaCl можно отметить, что его значение для исходного оловянного баббита составляет: -0,885В, а у сплавов с добавками 1,0 мас.% индия оно равняется: -0.819В, соответственно.

Анодные ветви поляризационных кривых оловянного баббита Б83, в среде 0,3% -ного электролита NaCl приведены на рисунке. Ход кривых показывает, что с увеличением концентрации второго компонента (индия) происходит их смещение в положительную область и при этом повышается потенциал питтингообразования у сплавов по сравнению с чистым оловянным баббитом. Кривые 2 и 5 с добавками 0.05 и 1,0 мас.% индия смещены в область более положительных значений потенциалов по сравнению с кривой 1 для исходного оловянного баббита. Подобная тенденция имеет место и в других исследованных средах (табл. 1).

Таблица 1 - Временная зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($E_{св.кор.}$, В) оловянного баббита Б83 от содержания индия, в среде электролита 0,3 -ного NaCl

Время выдержки, минут	Содержания индия, мас. %				
	0.0	0.05	0.1	0.5	1.0
0	1,014	0,984	0,970	0,956	0,942
0,15	1,001	0,971	0,957	0,943	0,930
0,2	0,989	0,959	0,945	0,931	0,918
0,3	0,978	0,948	0,934	0,920	0,907
0,4	0,967	0,937	0,923	0,909	0,896
0,5	0,957	0,927	0,913	0,899	0,889
0,6	0,946	0,916	0,902	0,888	0,881
2	0,937	0,908	0,895	0,882	0,870
3	0,928	0,899	0,886	0,873	0,861
4	0,920	0,891	0,878	0,865	0,853
5	0,912	0,883	0,870	0,857	0,845
10	0,905	0,877	0,864	0,851	0,839
20	0,899	0,871	0,858	0,845	0,833
30	0,894	0,866	0,853	0,840	0,828
40	0,890	0,862	0,849	0,836	0,824
50	0,887	0,859	0,846	0,833	0,821
60	0,885	0,857	0,844	0,831	0,819

Результаты коррозионно-электрохимических исследований оловянного баббита Б83 представленные в таблице 2 свидетельствует о том, что добавка индия в пределах 0.05 ÷ 1,0 мас.% к оловянную баббиту в среде 0,3% -ного электролита NaCl сдвигает потенциалы коррозии, репассивации и питтингообразования в положительную область значений и одновременно с этим повышается коррозионная стойкость оловянного баббита. Скорость коррозии имеет минимальное значение при легировании оловянного баббита 1,0 мас.% индием (на 15% меньше по сравнению с чистым оловянным баббитом), что является оптимальным в коррозионном отношении (табл. 2).

Учитывая питтинговый механизм коррозии сплавов оловянного баббита, особое внимание было уделено определению потенциала питтингообразования сплавов и влиянию концентрации легирующего элемента на данную характеристику сплавов. Возникновение питтинга связано с нарушением пассивного состояния на отдельных участках поверхности металлов и сплавов в результате воздействия анионов-активаторов. На этих участках происходит ускоренное разрушение оксидных плёнок, что вызывает местное активирование. Последнее может быть связано также с адсорбционным вытеснением кислорода анионами-активаторами на участках, на которых прочность связи кислорода с металлом меньше, чем с анионами.

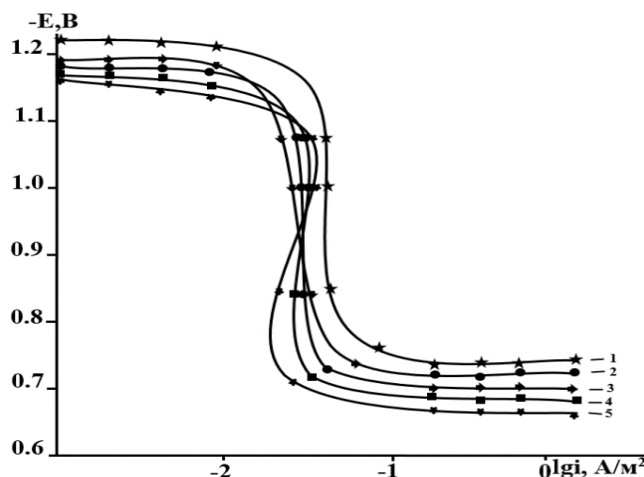


Рисунок 1. Анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые оловянного баббита Б83 содержащего индия, мас. %: 0.0 (1); 0.05 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); 1.0 (5), в среде 0,3%-ного электролита NaCl

Что касается оловянного баббита Б83, то результаты, приведённые в таблице 2 показывают, что с увеличением концентрации индия до 1,0 мас. % питтингоустойчивость сплавов увеличивается, о чём свидетельствует смещение потенциала питтингообразования в более положительную область значений.

Таблица 2 - Коррозионно-электрохимические характеристики оловянного баббита Б83, в среде 0,3%-ного электролита NaCl

Содержание индия в оловянном баббите, мас. %	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
	-E _{св.кор.}	-E _{кор.}	-E _{по.}	-E _{реп.}	$i_{\text{кор.}} \cdot 10^2, \text{A/m}^2$	$K \cdot 10^3, \text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$
0,0	0.885	1.220	0.760	0.710	7.8	86.4
0,05	0.857	1.190	0.735	0.665	7.2	79.7
0,1	0.844	1.181	0.727	0.654	7.0	77.5
0,5	0.831	1.172	0.718	0.645	6.8	75.3
1,0	0.819	1.165	0.710	0.637	6.6	73.1

Заключение

Изучение коррозионно-электрохимического поведения оловянного баббита Б83, легированного индием, в среде 0,3% -ного электролита NaCl показано, что добавка индия до 1,0 мас. %, уменьшает скорость коррозии исходного сплава на 15 % и смещает в область положительных значений все электрохимические потенциалы. Выполненные исследования по установлению анодных характеристик оловянного баббита Б83 с индием позволяют рекомендовать их в качестве базового сплава при изготовлении антифрикционных материалов.

Литература

1. Шпагин А.И. Антифрикционные сплавы / А. И. Шпагин. - Москва: Metallurgizdat, 1956. - 320 с.

2. Александров В.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение. Стандарт третьего поколения / В.М. Александров. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет. Москва.: 2015. – 327 с.
3. Патент № 1123 TJ1123 Таджикистан, МПК C22C21/00. Алюминиевый сплав с бериллием : заявл. 13.04.2020 : опубл. 16.11.2020 / Р. Д. Исмонов, М. З. Курбонова, И. Н. Ганиев [и др.] ; заявитель Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими. – EDN XDNXMC.
4. Ходжаназаров Х.М. Влияние щелочных металлов на коррозионно-электрохимическое поведение свинцовых баббитов B(PbSb15Sn10) в среде раствора NaCl // Коррозия: защита, материалы. Приложение к журналу "Технология металлов". – 2025. – № 14. – С. 17-24.
5. Ганиев И.Н., Атоев Г.М., Исмонов Р.Д., Абдухоликова П.Н., Сафаров А.М. Анодное поведение сплавов системы Zn-In // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 3 (169). С. 101-109.
6. Влияние галлия, индия и таллия на анодное поведение алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей») в нейтральной среде раствора NaCl / И.Н. Ганиев, Ф.А. Алиев, Р.Д. Исмонов [и др.] // Коррозия: защита, материалы. Приложение к журналу "Технология металлов". – 2025. – № 18. – С. 1-7. – DOI 10.31044/1684-2499-2025-0-18-1-7. – EDN ZOBHIL.
7. Потенциостатическое исследование алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с кальцием в среде водного раствора NaCl / И. Н. Ганиев, К. Х. Ашуров, Ш. Ш. Окилов, Х. М. Ходжаназаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 4(68). – С. 99-105. – EDN VHQWSE.
8. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава AB1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.

ТАЪСИРИ ИЛОВАИ ИНДИЙ БА ХУСУСИЯТҲОИ КОРРОЗИОНӢ- ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ БАББИТТИ ҚАЛЪАГИИ В83 ДАР МУҲИТИ 0.3%-И ЭЛЕКТРОЛИТИ NaCl

Х.Д. Музафаров, И.Н. Ганиев, Р.Д. Исмонозода (Р.Д. Исмонов), Х.М. Ходжаназаров
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Тадқиқоти рафтори коррозионӣ-электрохимиявии баббитти қалъагии В83, ки бо индий дар муҳити 0,3% электролити NaCl омӯхта шуда, нишон дод, ки бо афзоиши консентратсияи унсурҳои чавҳарӣ, суръати коррозияи ҳулаҳо 15% коҳиш меёбад. Потенциалҳои электрохимиявии ҳулаҳо бо афзоиши миқдори индий ба самти минтақаи мусбат ҳаракат мекунанд.

Калидвожаҳо: баббитти қалъагӣ В83, индий, электролити 0.3% NaCl, усули потенциостатикӣ, суръати коррозия, потенциали коррозия, потенциали питтингҳосилшавӣ, рафтори анодӣ.

EFFECT OF INDIUM ADDITIVES ON THE CORROSION-ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF TIN BABBITTE B83 IN A 0.3% NaCl ELECTROLYTE ENVIRONMENT

Kh.D. Muzafarov, I.N. Ganiev, R.D. Ismonzoda, Kh.M. Khojanazarov
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. A study of the corrosion-electrochemical behavior of B83 tin babbitt alloyed with indium in a 0.3% NaCl electrolyte showed that with increasing alloying element concentration, the corrosion rate of the alloys decreases by 15%. The electrochemical potentials of the alloys shift toward the positive range with increasing indium content.

Keywords: tin babbitt B83, indium, 0.3% NaCl electrolyte, potentiostatic method, corrosion rate, corrosion potential, pitting potential, anodic behavior.

Сведения об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович – академик НАНТ, д.х.н., профессор кафедры «Технология химического производства», ТТУ имени академика М.С. Осими, телефон: 93-572-88-99, E-mail: ganievizatullo48@gmail .com;

Музафаров Хусрав Давляталиевич – старший преподаватель кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов», ТТУ имени академика М.С. Осими, E-mail: khusrav_8787@mail.ru., телефон: +992 (90) 898-20-40;

Исмонзода Рустам Довуд – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ имени академика М.С. Осими, телефон: (+992) 918786898, E-mail: ird-78@mail.ru;

Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович – к.т.н., доцент кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ имени академика М.С. Осими, E-mail: khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru, Тел.: +992 907606073

УДК 669.225.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ СПЛАВА АМг2, ЛЕГИРОВАННОГО СКАНДИЕМ

Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, С.С. Гулов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Целью данной работы являлось влияние добавки скандия на теплоемкость и коэффициент теплоотдачи алюминиево-магниевого сплава АМг2. Исследования проводились в режиме охлаждения. Полученные данные свидетельствуют о том, что легирование сплава скандием (0.01-0,5 мас.%) увеличивает коэффициент теплоотдачи и уменьшает теплоемкость алюминиево-магниевого сплава АМг2.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, АМг2, скандий, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи.

Введение

Как известно, цветные металлы и сплавы все шире применяют в различных областях народного хозяйства. Общеизвестно широкое применение алюминиевых и магниевых сплавов в авиационной промышленности. Можно без преувеличения утвердить, что без легких сплавов невозможно было бы развитие современной авиации. Удачное сочетание малого удельного веса с относительной высокой прочностью предопределило их широкое применение не только в авиастроении, но и в других областях техники [1].

Несмотря на большой интерес к исследованию теплофизических свойств алюминия и его сплавов, их термодинамические характеристики изучены недостаточно. В данной работе приведены результаты экспериментального исследования температурной зависимости удельной теплоемкости сплава АМг2, легированного скандием. Теплоемкость измерили методом охлаждения [2-3]. Для измерения температуры использовано измеритель Digital Multimeter UT71B, который позволял прямой фиксации результатов измерений на компьютере в виде таблицы. Точность измерения температуры составило 0,1⁰С. Вся обработка результатов измерений производилась с помощью программы, на MS Excel. Графики строились с помощью программы Sigma Plot. Исследуемые объекты имели цилиндрическую форму диаметром 16 мм и высотой 30 мм.

Экспериментально полученные временные зависимости температуры образцов с достаточно хорошей точностью описываются уравнением вида

$$T = ae^{-br} + pe^{-k\tau}, \quad (1)$$

где a , b , p , k – константы, τ – время охлаждения. Дифференцируя уравнение (1) по τ , получаем уравнение для скорости охлаждения образцов

$$\frac{dT}{d\tau} = -ab \exp(-b\tau) - pkk \exp(-k\tau). \quad (2)$$

По этой формуле нами были вычислены скорости охлаждения образцов. В табл.1. приведены значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнении для исследован-х сплавов [4, 5].

Для вычисления удельной теплоемкости сплава АМг2, легированного скандием, были использованы α (Т) для алюминиево-магниевого сплава марки АМг2 [6 - 8]:

$$|\alpha(T)| = -7,3613 + 0.0132T + 5.6799 \cdot 10^{-5} T^2 - 5.1329 \cdot 10^{-8} T^3 \quad (3)$$

Используя значения коэффициент теплоотдачи (α Вт/К·м²) была вычислена удельная теплоемкость сплава для сплава АМг2 по уравнению (4):

$$C = \frac{|\alpha(T)|S(T-T_0)}{m(dT/d\tau)} \quad (4).$$

$$C_p^{AMg2} = 414.8201 + 0.9585 T + 9.5925 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.304 \cdot 10^{-6} T^3$$

Таблица 1 - Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk для сплава АМг2 со скандием

Содержание Sc в АМг2 мас. %:	a, К	b, 10 ⁻³ с ⁻¹	p, К	k, 10 ⁻ⁿ с ⁻¹	ab, Кс ⁻¹	pk, Кс ⁻¹
0,0	460,97	3,19	353,50	8,99·10 ⁻⁵	1,47	0,03
0,01	390,09	3,40	391,06	2,46·10 ⁻⁴	1,32	0,09
0,03	491,52	3,89	399,16	3,07·10 ⁻⁴	1,91	0,12
0,1	494,91	3,85	395,05	3,24·10 ⁻⁴	1,90	0,12
0,2	379,74	4,02	408,65	3,75·10 ⁻⁴	1,52	0,15
0,5	379,74	4,02	408,65	3,75·10 ⁻⁴	1,52	0,15

Таблица 2 - Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи $\alpha(T)$, Вт/К·м² сплава АМг2 со скандием

Т, К	Содержание скандия в сплаве АМг2, мас. %					
	0.0	0.01	0.03	0.1	0.2	0.5
300	0,28	1,65	2,38	2,74	2,71	3,23
350	1,79	3,03	3,95	4,36	4,33	4,80
400	3,31	4,47	5,59	6,01	6,00	6,41
450	4,81	5,94	7,265	7,68	7,68	8,04
500	6,25	7,40	8,92	9,32	9,35	9,66
550	7,60	8,81	10,54	10,92	10,98	11,25
600	8,82	10,15	12,09	12,44	12,55	12,76
650	9,89	11,37	13,52	13,86	14,04	14,19
700	10,77	12,44	14,81	15,15	15,40	15,48
750	11,42	13,33	15,93	16,29	16,63	16,63
800	11,81	14,00	16,83	17,24	17,69	17,59
850	11,90	14,41	17,49	17,98	18,56	18,35

Зависимость теплоемкости от температуры для сплава АМг2, легированного скандием (мас. % Sc), описывается уравнениями (5):

$$\begin{aligned} 0.01\%Sc \quad C_p &= 414.8276 + 0.9584 T + 9.5911 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.3038 \cdot 10^{-6} T^3 \\ 0.03\%Sc \quad C_p &= 414.8426 + 0.9583 T + 9.5882 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.335 \cdot 10^{-6} T^3 \\ 0.1\%Sc \quad C_p &= 414.8956 + 0.9579 T + 9.5782 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.3024 \cdot 10^{-6} T^3 \\ 0.2\%Sc \quad C_p &= 414.9701 + 0.9573 T + 9.5639 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.3008 \cdot 10^{-6} T^3 \\ 0.5\%Sc \quad C_p &= 414.1952 + 0.9556 T + 9.521 \cdot 10^{-4} T^2 - 1.296 \cdot 10^{-6} T^3 \end{aligned} \quad (5)$$

Зависимость α от температуры представлена в табл. 2

Вычисленные значения C_p для сплава АМг2 со скандием через 50 К представлена в табл. 3 и на рисунке.

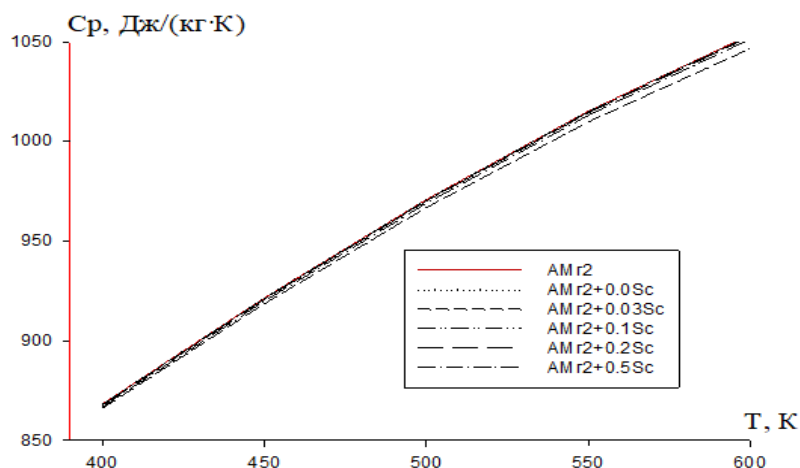


Рисунок 1. Зависимость удельной теплоёмкости $C_p(T)$ от температуры (Т) для сплава АМг2, легированного скандием

Таблица 3 - Температурная зависимость удельной теплоёмкости (C_p Дж/кг·К) сплава АМг2 со скандием

Т, К	Содержание скандия в сплаве АМг2, мас.%					
	0,0	0,01	0,03	0,1	0,2	0,5
300	753,49	753,46	753,38	753,30	753,11	752,57
350	753,49	811,86	810,46	811,65	811,41	810,72
400	868,24	868,20	866,13	867,95	867,66	866,83
450	921,57	921,52	918,59	921,23	920,89	919,92
500	970,88	970,83	966,82	970,50	970,12	969,02
550	1015,22	1015,16	1009,84	1014,79	1014,37	1013,16
600	1053,59	1053,53	1046,64	1053,13	1052,68	1051,38
650	1085,02	1084,96	1076,21	1084,54	1084,06	1082,68
700	1108,53	1108,47	1097,57	1108,03	1107,54	1106,12
750	1123,15	1123,09	1109,70	1122,64	1122,14	1120,70
800	1127,89	1127,83	1111,61	1127,39	1126,89	1125,47
850	1121,78	1121,73	1102,29	1121,30	1120,81	1119,44

Как видно из табл. 2 и 3 и рисунок с ростом содержания скандия удельная теплоемкость уменьшается, а с температурой растёт. Коэффициент теплоотдача сплавов с ростом температуры и содержания скандия увеличивается.

Литература

1. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. 2-е изд. Москва Металлургия 1970,240 с.
2. Низомов З., Гулов Б., Саидов Р.Х., Авезов З. Измерение удельной теплоемкости твердых тел методом охлаждения. - //Вестник национального университета, 2010. Вып. 3(59). - С. 136-141.
3. Муллоева Н.М., Ганиева И.Н., Махмадуллоев Х.А., Теплофизические и термодинамические свойства сплавов свинца с ШЗМ. Германия LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013.66 с.
4. Исмонов, Р. Д. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АБ1 (Al+1%Be), модифицированного галлием / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 31-34. – EDN AOIPPY.

5. Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК1М2, легированного стронцием / И. Н. Ганиев, С. Э. Отаджонов, Н. Ф. Иброхимов, М. Махмудов // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 35-42. – DOI 10.17073/1609-3577-2018-1-35-42. – EDN KNSSRA.

6. Иброхимов С.Ж., Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З. Температурная зависимость удельной теплоемкости и коэффициента теплоотдачи алюминиевых сплавов АМг2, АМг4 и АМг6.// Материалы международной конференции по физике конденсированного состояния, посвященной 85-летию академика А.А. Адхамова. Душанбе-2013: Дониш, 121с.

7. Удельная теплоемкость и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 (А1+1%Ве) / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 1(45). – С. 96-103. – EDN VSRYRL.

8. Температурная зависимость удельной теплоемкости сплава ак12, модифицированного иттрием / С. Т. Бадурдинов, И. Н. Ганиев, Р. Х. Саидов, Н. Ф. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 1(45). – С. 109-114. – EDN TMMIWX.

ГУНҶОИШИ ГАРМӢ ВА КОЭФФИЦИЕНТИ ГАРМОДИХИИ ХӢЛАИ АМг2, КИ БО СКАНДИЙ ЛЕГИРОНИДА ШУДААСТ

Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, С.С. Гулов

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Ҳадафи ин кор омӯзиши таъсири илова намудани скандий ба гунҷоиши гармӣ ва коэффисиенти гармодиҳии хӯлаи алюминий-магнийи АМг2 мебошад. Тадқиқотҳо дар речаи “сардшавӣ” гузаронида шуданд. Натиҷаҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки легиронии хӯла бо скандий (0.01–0.5 % аз рӯи вазн) коэффисиенти гармодиҳиро зиёд намуда, гунҷоиши гармии хӯлаи алюминий-магнийи АМг2-ро кам мекунад.

Калидвожаҳо: хӯлаи алюминий, АМг2, скандий, гунҷоиши гармӣ, коэффисиенти гармодиҳӣ.

HEAT CAPACITY AND HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF AMg2 ALLOY ALLOYED WITH SCANDIUM

N.F. Ibrohimov, I.N. Ganiev, S.S. Gulov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The aim of this study was to examine the effect of scandium addition on the heat capacity and heat transfer coefficient of AMg2 aluminum-magnesium alloy. The studies were conducted in cooling mode. The obtained data indicate that alloying the alloy with scandium (0.01-0.5 wt%) increases the heat transfer coefficient and decreases the heat capacity of AMg2 aluminum-magnesium alloy.

Keywords: aluminum alloy, AMg2, scandium, thermal capacity, heat transfer coefficient.

Сведения об авторах

Иброхимов Насимжон Файзуллоевич – к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование», ТТУ им. акад. М.С.Осими.

Ганиев Изатулло Наврузович – академик НАНТ, д.х.н., профессор кафедры «Технология химического производства», ТТУ имени академика М.С. Осими, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com;

Гулов Саломиддин Садриддинович к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование», ТТУ им. акад. М.С. Осими.

ТЕХНОЛОГИИ ИСТЕХСОЛӢ – ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – MANUFACTURING TECHNOLOGIES

ТДУ:621

МАҚОМИ САНГ ДАР РУШДИ ОДАМИ ИБТИДОӢ

Т.А. Хоҷаев, И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев
(ДТТ ба номи М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола таҳлили мақоми сангҳои ранга дар рушди одами ибтидоӣ оварда шудааст. Усулҳои гуногуни коркарди сангҳои ороишӣ, ки дар давраҳои гузашта дар соҳаи заргарӣ истифода мешуданд, таҳлил карда мешаванд. Усулҳои коркарди санг дар замони ҳозира, ба мисли бурида ҷудо кардан, пармакунӣ, шикастан, суфта ва сайқал додан аз тарафи одам ҳанӯз дар асри сангин ихтироъ шуда буд. Ҳамин тариқ, дар ин мақола усулҳои гуногуни коркарди сангҳои заргарӣ ва ороишӣ, пешниҳод мешавад.

Калидвожаҳо: Сангҳои ороишӣ, одами ибтидоӣ, археология, трансология, асбобҳо аз масолеҳи сангин.

Муқаддима

Асрори зебоии санг одамро кайҳо боз ба ташвиш овардааст. Санг рамзи ҷовидона ҳисобида шуда, маҳз ба воситаи санг офаридаҳои инсон ба камол мерасид. Бозёфтҳои бостоншиносон имкон медиҳанд, ки дар бораи таърихи инсоният, дар бораи рушди ҳаёт дар рӯи замин маълумоти бештаре пайдо шавад.

Барои марди ибтидоӣ санг аз ҳама маводи бозётимод, мустаҳкам ва пойдор буд. Беҳуда нест, ки як давраи пурраи таърихи инсоният асри санг номида шуда, он ба се давра тақсим мешавад: палеолит, мезолит ва неолит.

Сангҳои мудаввар пас аз порашиканӣ, аз ҷониби одамони қадим бо ёрии асбобҳои оддӣ бо коркарди дағали ноҳамвор дар шакли корд, белчаҳо, шиканандаҳо истеҳсол мешуданд. Шакл, андоза ё вазни санг муҳим набуд, балки сахтӣ ва мустаҳкамии ҳуди санг муҳим буд. Аз ҳама мувофиқ сангҳои ҳамворшуда аз диорит, кварц ва кремний (силитсий) ба шумор мерафтанд.

Сангҳо дар ҷойи худ бо чанд зарбаи асбоб пора шуда, ба онҳо шакли дилхоҳ дода мешуд. Ҳамин тавр, аввалин технологияи коркарди санг тавлид шуд. Дар баробари саъю кӯшиш барои ба даст овардани сифати маҳсулоти ба дастовардашуда, технологияи истеҳсолот тақмил дода шуда, амалиётҳои нав ҷорӣ мешуданд. Ҳамин тавр, барои истеҳсоли лавҳаҳо бо сифати паст, шиканандаҳои дастӣ 10-30 зарба ва барои истеҳсоли лавҳаҳо бо сифати баландтар аз 50 то 80 ё зиёда зарба лозим буд. Ҳангоми суфта ва сайқал додани табар устои неолитӣ дар 8-10 соати корӣ 50 ҳазор ҳаракати сангро аз болои масолеҳи абразивӣ анҷом медод [1, 2].

Нишонаҳои дар санг боқимондари як самти нав дар илми археология – трансология меомӯзад. Технологияҳои коркарди санг гуногун мебошанд: шикастан, ислоҳ кардани шакл, пармакунӣ, ҷудокунӣ, арракунӣ, тарошидан ва ғ. Қайд кардан ба маврид аст, ки ашхоси ба истеҳсоли асбобҳои сангин машғулбуда, ду касб – геологи ҷустуҷӯкунанда ва устои сангсозро муттаҳид мекарданд.

Дар оянда истифодаи технологияи ҷудокунӣ ва тақсимкуниро васеъ истифода бурда, беҳтарин маводи коркардшаванда барои ин кор санги ҷаҳмоқӣ (кремень) ва шишаи вулконӣ – обсидиан ҳисобида мешуданд. Ин сангҳо, ки сахтии нисбатан баланд доранд ва ҳангоми шикастан метавонанд ба лавҳаҳои тезии борик ҷудо шаванд, ҳамчун асбоби буранда истифода мешуданд.

Илова ба ин сангҳо, кварцит, ҷӯби сангшуда, туфи кремний, варақсангҳои гилӣ ва оҳаксанг, гранитҳо, регҳои майдадона ва дигар сангҳо, ки бо усули таъсири зарба ба осонӣ коркард мешаванд, истифода мешуданд. Дигар сангҳо, ба монанди нефрит, ҳарчанд қавӣ бошанд, аз сабаби ҷаспакишон коркарди онҳо душвор мебошад.

Раванди тақсимкуни ба қабондани кундаи ҳезум монанд мебошад. Ҳангоми ҷудо кардани табақаҳои сангӣ донишмандони нозукиҳои усулҳои кори анҷом додашуда зарур аст (андозаи санг,

самти зарба ва қувваи таъсир). Аз ин рӯ, истеҳсоли асбобҳо аз кремний санъатест, ки аз қувваи лозимӣ, қобилят, чуству чолокии даст ва аз ҳисоби аниқии зарба вобаста аст.

Ашӯҳои ёфташудаи бостоншиносро ба санъати заргарӣ мансуб шуморидан мумкин аст, зеро тасаввур кардан душвор аст, ки дар он вақт сохтани лавҳаи тақрибан 55мм дарозӣ, 5мм паҳноӣ ва 1мм ғафсӣ имконпазир буд. Дар илми бостоншиносӣ ин ороиши лавҳаҳои сангиро ретушкунӣ (аз калимаи фаронсавӣ «ретуше» - ислоҳкунӣ) меномиданд [3, 4].

Бо ретушкунӣ дами асбоби буранда имкон фароҳам оварда мешуд, ки дами буранда на ҳамвор балки мисли арра дандонаҳо дошта бошад. Чунин асбобҳо самараноктар буданд. Умуман чунин ҳисобида мешуд, ки дар асри сангин танҳо коркарди содаи санг иҷро мегардид, аммо дар асл устоҳои асри сангин технологияҳои пешрафта ба монанди суфтакунӣ, сайқалдиҳӣ ва коркарди харротиро истифода мебарданд.

Ҳисси зебӣ ба рӯи марди ибтидоӣ расом хос буд. Таҷҷубовар аст, ки чӣ тавр дар он вақт онҳо метавонистанд сӯроҳҳои хурди баробари ғафсии сӯзанро бо дарозии даҳ маротиба аз диаметри сӯроҳӣ калонтарро дар санг ҳосил кунанд. Ғайр аз он, сӯроҳҳо на танҳо дар чинсҳои мулоим, балки дар сангҳои сахт, ба монанди яшма, агат, халтседон низ коркард мешуданд. Мумкин аст, ки корунд ё ҳатто алмос ба сифати нӯги парма истифода шуда бошанд.

Аҷдоди асбоби пармакунӣ асбоби ба ҳарфи Т-монандест, ки ба табари ҳозира бо нӯги сангӣ монанд буд. Чунин асбобро дар дохили сӯроҳӣ тоб медоданд ва барои тезонидани коркард ба сӯроҳӣ рег рехта мешуд. Фишор ва тоб додани асбоб дар як вақт ба воситаи даст иҷро мешуд. Баъдтар, асбоб такмил ёфт ва шакли як гардиши давиро ба даст овард, ки кори он бо ду даст иҷро мешуд: бо як даст асбобро тоб дода ва бо дасти дигар фишор медоданд. Пармаи дастӣ сохти маҳкамкунанда дошт, ки бо ёрии он пармаҳои ивазшавандаро маҳкам мекарданд.

Бо каме такмилдиҳӣ, пармаи дастӣ то ҳоло аз ҷониби устоҳои муосир истифода мешавад. Асбоби ба ҳарфи Т-монанд дар намуди табар гардиши меҳварро дар ду самт имкон дода, назар ба пармаи дастӣ гардиш танҳо дар як тараф амалӣ карда мешуд, ки ба баланд шудани ҳосилнокии меҳнат имкон медод. Пармаи дастӣ монанди як мошини замонавии пармакунӣ гардид. Ба сифати абразиви озод қуми кварсӣ истифода мешуд: сунбода ва корунд. Аз рӯи ҳосиятҳои абразивӣ дар замони ҳозира реги кварсӣ истифода мешавад, ки нисбат ба сунбода 3-5 маротиба самараноктар аст. Агар рег ҳамеша бо об тар карда шавад, ҳосилнокӣ ба таври назаррас баланд мешавад.

Бо мақсади буридани тахтаҳои сангӣ, буриш пурра анҷом дода намешуд, балки танҳо қисман бурида шуда ва баъд аз он шикаста мешуд. Барои пешгирӣ аз шикастани тахтаи сангӣ коргарон аз ду тарафи он чуқурча мебуриданд.

Суфтакунӣ ва сайқалдиҳии сатҳи берунаи санг нисбат ба буридан ва пармакунӣ вақти зиёдро талаб мекунад. Амалиёти аввал дар ҳолати хушкӣ ба амал меомад. Истифодаи суфтакунандаи тар ин корро 2-3 маротиба тезонид. Чунин равандҳо имкон доданд, ки чузъҳо бо шакли дурусти геометрӣ ва кунҷҳои тез ҳосил шаванд.

Таҷрибаи коркарди санг оҳиста ҷамъ оварда мешуд. Одамон пас аз коркарди дағалонаи даҳҳазорсола, билохира сайқалдиҳии сангро омӯхтанд. Одатан, ду табақи сангиро болои ҳам гузошта сайқал медоданд. Ба сифати хока санги чилбур (пемза) ва бўри кӯфта истифода мешуданд.

Аввалин оинаҳо аз ҳисоби бо сифати баланд сайқалдиҳии пораҳои обсидиан ва базалт пайдо шуданд. Барои беҳтар кардани қобиляти инъикоскунӣ, онҳо бо об тар карда мешуданд. Ҳангоми сайқал додани сатҳи оина, маводи мулоим ва чарм истифода мешуд.

Маданияти истеҳсоли маснуоти сангҳои ороишӣ ва бадеӣ таърихи қадимӣ дорад: аз ҳайкалҳои ибтидоӣ, дастбандҳо ва тӯморҳо дар палеолит (10-30 ҳазор сол пеш) то ба муҷассамаҳои беҳамто ва ганҷҳои Юнони қадим. Усулҳои коркарди санг дар замони ҳозира, ба мисли бурида ҷудо кардан, пармакунӣ, шикастан, суфта ва сайқал додан аз тарафи одам ҳанӯз дар асри сангин ихтироъ шуда буд.

Дар тӯли асрҳо, бисёр амалиётҳои механиконида шуда бошанд ҳам, аммо принсипи он - коркарди санги саҳтиаш камтар бо санги саҳтиаш зиёдтар бетағйир монд. Имрӯз рушди илми коркарди санг, навъҳои бузургии он, автоматикунонии муосири технология ва маснуоти нави самаранок ба расомони коркарди санг, барои такмил додани малакаҳои худ ҳангоми нигоҳдории

анъанаҳои бисёрасра барои ғанӣ гардонидани фарҳанги ҷаҳонӣ бо шоҳасарҳои нав, имкон медиҳанд [5, 6].

Адабиёт

1. Путолова, Л.С. Самоцветные и цветные камни / Л.С. Путолова, – М.: Недра, 1991.– 192с.
2. Белицкая, Э.И. Художественная обработка цветного камня / Э.И. Белицкая. – М.: «Лёгкая промышленность», 1983. – 200 с.
3. Белицкая, Э.И. Алмазный инструмент, изготавливаемый методом спекания / Э.И. Белицкая, А. П. Свиридов, ЛДНТП, 1959. – 121с.
4. Синкенкес Дж. Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней. [Текст] / Дж. Синкенкес / Перевод с английского. Москва. «МИР» 1989г. 415 с.
5. Холов, Ф. Б. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н. Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9. – EDN UDJLZF.
6. Имомов, Н. Б. Влияние режимов обработки на исправление формы шаровидных изделий из самоцветных камней при обработке на станке с направляющими пластинами / Н. Б. Имомов, И. М. Мирзоалиев, Н. Б. Холов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 3(3). – С. 4-8. – EDN EDQUSH.

РОЛЬ КАМНЯ В РАЗВИТИИ ПЕРВОБЫТНОГО ЧЕЛОВЕКА

Т.А. Ходжаев, И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В данной статье представлен анализ роли цветных камней в развитии первобытного человека. Анализируются различные методы обработки декоративных камней, применявшихся в ювелирном деле в прошлые эпохи. Такие современные методы обработки камня, как резка, сверление, шлифовка и полировка, были изобретены человеком еще в каменном веке. Таким образом, в статье рассматриваются и предлагаются различные методы обработки ювелирных и декоративных камней.

Ключевые слова: декоративные камни, первобытный человек, археология, трасология, каменные орудия труда.

THE ROLE OF STONE IN THE DEVELOPMENT OF PRIMITIVE MAN

T.A. Khojaev, I. Mirzoaliev, A.I. Mirzoaliev

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article presents an analysis of the role of colored stones in the development of primitive man. Various methods of processing decorative stones used in jewelry in past eras are analyzed. Modern stone processing techniques such as cutting, drilling, splitting, grinding, and polishing were invented by humans as early as the Stone Age. Thus, the article examines and proposes various methods for processing jewelry and decorative stones.

Keywords: decorative stones, primitive man, archaeology, traceology, stone tools.

Маълумот дар бораи муаллифон

Хочаев Точиддин Авғонович – н.и.т., дотсенти кафедраи “Технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металбурӣ” ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, E-mail: tojiddin67@mail.ru

Мирзоалиев Исроил – н.и.т., дотсенти кафедраи “Технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металбурӣ” ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, E-mail: tmmsii@mail.ru

Мирзоалиев Азим Исроилович – н.и.т., дотсенти кафедраи “Технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металбурӣ” ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, E-mail: azimjon86_86@mail.ru

УДК 655.326.022.36

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА И СОСТАВА ЧЕРНИЛ НА КАЧЕСТВО СТРУЙНОЙ ПЕЧАТИ

Х.А. Бабаханова, Н.Ж. Садриддинова, Н.Х. Атаханова, Д.Б. Ирматов
(Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, город Ташкент,
Республика Узбекистан)

Аннотация. В статье исследовано влияние вида и состава чернил на качество струйной печати. Для оценки влияния состава водорастворимых чернил на качество воспроизведения графической информации разработан тест-объект, отпечатанный на двух типах бумаги с использованием чернил промышленного производства и чернил нового состава. Микрофотографический анализ показал, что при применении чернил нового состава наблюдается неровность и зубчатость краёв шрифта малого кегля, обусловленные реологическими свойствами чернил и их взаимодействием с носителем. Полученные результаты подтверждают необходимость оптимизации параметров чернил для повышения чёткости мелких графических элементов.

Ключевые слова: водорастворимые чернила, струйная печать, качество воспроизведения, шрифт, микрофотографический анализ

Введение

Струйная печать является одной из наиболее востребованных технологий для воспроизведения малотиражной черно-белой и полноцветной печатной продукции. Данная технология обеспечивает оптимальное соотношение «цена–качество» для печатной продукции. К преимуществам струйной печати относятся: простота и удобство обслуживания системы, минимальное время подготовки тиража к печати, высокая скорость выполнения заказов, возможность персонализации, а также ряд других преимуществ по сравнению с традиционной офсетной печатью.

Качество струйной печати определяется совокупностью физико-химических свойств чернил, параметров печатающей головки и характеристик запечатываемого материала. Ключевую роль играет состав чернил, который влияет на процессы формирования капли, её транспортировку, взаимодействие с поверхностью носителя и последующую фиксацию красителя.

Для правильности подбора типа водорастворимых чернил актуально проводить исследования, так как используются различной конструкции принтеры и широкий спектр запечатываемых материалов. В связи с этим, целью данной работы является экспериментальное исследование влияния вида и состава струйных чернил на показатели качества печати при использовании принтера и различных типов запечатываемых материалов, а также установление закономерностей между физико-химическими характеристиками чернил и эксплуатационными свойствами получаемых отпечатков.

Для изучения влияния состава чернил на качество печати разработан тест-объект (рис.1), который отпечатан на струйном принтере на двух типах бумаги: Double side Matte inkjet paper 230 г/м² и Two sided inkjet art paper 140 г/м² при использовании чернила промышленного производства Epson 103 dye ink (Китай) и чернила нового состава.

На разработанном тест-объекте (рис.1) имеются специальные шкалы для контроля передачи градаций основной триады цветов (СМУК), многокрасочные изображения для оценки воспроизведения памятных цветов (неба, зелени, цвета кожи). Для оценки точности воспроизведения шрифтовой информации тест-объект включал позитивный и негативный шрифт гарнитуры Test Page светлого начертания размером от 4 до 18 пунктов.

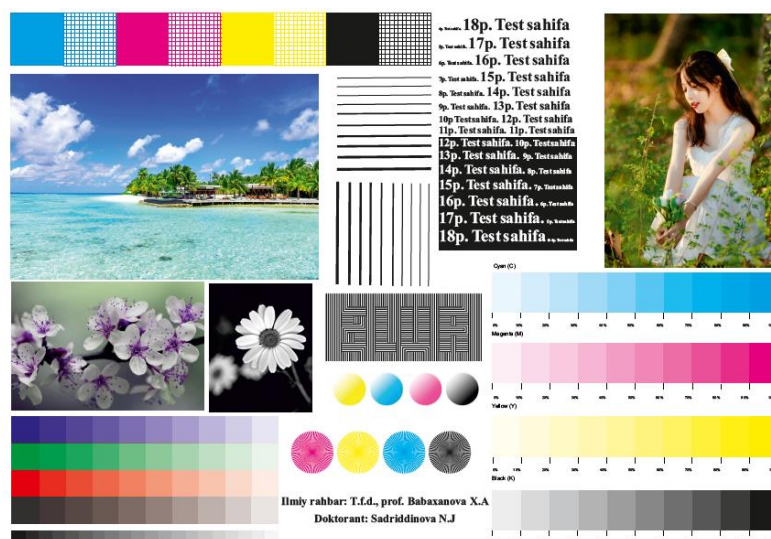


Рисунок 1. Разработанный тест-объект

Для оценки графической точности воспроизведения микроштриховых элементов изображения на оттисках, отпечатанных двумя видами, чернил, применялся оптический микроскоп.

Степень влияния состава чернил на качество воспроизведения графической информации оценивалось по точности воспроизведения шрифтов, а также мелких штриховых элементов. Оценка воспроизведения методом оптической микроскопии проводилась с учетом минимального размера шрифта (6 пунктов), четко отпечатанного на отпечатке. Микрофотографии представлены на рис.2.



Рисунок 2. Микрофотографии оттисков, отпечатанных на бумагах:
а - Two sided inkjet art paper; б - Double side Matte inkjet paper

На микрофотографиях отпечатков, выполненных чернилами промышленного состава (Китай) и чернилами нового состава, показано, что края шрифта кегля 6 пунктов имеют неровную, зубчатую структуру, что обусловлено неконтролируемым растеканием капли по поверхности носителя, капиллярной диффузией красителя в структуру бумаги и частичным образованием спутниковых капель при формировании струи. Дополнительным фактором может являться несоответствие реологических характеристик чернил (вязкости и поверхностного натяжения) параметрам печатающей головки, что приводит к снижению точности позиционирования капли и ухудшению чёткости контуров мелких элементов изображения.

Заключение

В статье оценивалось влияние вида и состава чернил на качество воспроизведения шрифтовой информации при струйной печати, которая широко используется в оперативной полиграфии и относится к современным цифровым, в частности бесконтактным, технологиям. Полученные результаты микрофотографического анализа свидетельствуют о том, что неровность и зубчатость краёв шрифта малого кегля обусловлены совокупным влиянием реологических свойств чернил и их взаимодействия с запечатываемым материалом. Это

указывает на необходимость оптимизации вязкости и поверхностного натяжения чернил, а также согласования их параметров с характеристиками печатающей головки для повышения чёткости воспроизведения мелких графических элементов.

Литература

1. Мохначев П. А. Струйная печать. Путь развития // Вестник Московского государственного университета печати. №11, 2011, С.158-161.
2. Зильберглейт М. А., Марченко И. В. Влияние структуры бумаги на цветопередачу струйной печати // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. № 1 (279), 2024, С. 13–18. DOI: 10.52065/2520-6729-2024-279-2
3. Варепко Л.Г., Бабаханова Х.А. Влияние состава бумаги на показатели технических свойств // Омский научный вестник. ОмГТУ. №3 (133), 2014, С.251-253.
4. Cao T., Yang Z., Zhang H., Wang Y. Inkjet printing quality improvement research progress: A review // Heliyon, Elsevier Ltd. Vol. 10, №10, 2024, P. 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30163>
5. Influence of Ink Performance on Ink-Jet Printing Quality // Applied Mechanics and Materials. 2024. Vol. 469, pp. 348–356.
6. Бабаханова Х.А., Галимова З.К., Громыко И.Г. Информационная оценка качества печати // Труды БГТУ. Принт-медиатехнологии. Серия 4, №1, 2020. С.5-10.

ОМУЗИШИ ТАЪСИРИ НАМУД ВА ТАРКИБИ РАНГ БА СИФАТИ ЧОПИ ҚАТРАГӢ

Х.А. Бобохонова, Н.Қ. Садриддинова, Н.Х. Атахонова, Д.Б. Эрматов

(Институтти нассойи ва саноати сабуки Тошканд, шаҳри Тошкент, Ҷумҳурии Ўзбекистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола таъсири намуд ва таркиби ранг ба сифати чопи қатрагӢ нишон дода шудааст. Барои арзёбии таъсири таркиби ранги дар об ҳалшаванда ба сифати маълумоти графикӣ, як объект санчишӣ таҳия карда шуд. Ин объект санчишӣ дар ду намуди қоғаз бо истифода аз ранги истеҳсоли ва ранги бо таркиби нав омодашуда чоп карда шуд. Таҳлили микроайёнӣ нишон дод, ки чоп бо ранги аз таркиби нав омодашуда боиси канорҳои нобаробар ва нуқсонҳо дар ҳуруфҳои андозаи хурд мегардад, ки аз сабаби хосиятҳои реологии ранг ва таъсири мутақобилаи он бо субстрат ба вучуд омадааст. Ин натиҷаҳо зарурати беҳтар кардани параметрҳои рангро барои беҳтар кардани сифати элементҳои хурди графикӣ тасдиқ мекунад.

Калидвожаҳо: рангҳои дар об ҳалшаванда, чопи қатрагӢ, сифат, ҳуруф, таҳлили микроайёнӣ.

STUDY OF THE INFLUENCE OF INK TYPE AND COMPOSITION ON INKJET PRINTING QUALITY

Kh.A. Babakhanova, N.J. Sadriddinova, N.Kh. Atakhanova, D.B. Irmatov

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Republic of Uzbekistan)

Abstract. This paper investigates the effect of ink type and composition on the quality of inkjet printing. To evaluate the influence of water-soluble ink composition on the reproduction quality of graphic information, a test object was developed and printed on two types of paper using commercially available inks and inks of a new formulation. Microphotographic analysis showed that when the new formulation inks were applied, irregularity and jaggedness appeared at the edges of small-point fonts, caused by the rheological properties of the inks and their interaction with the substrate. The results obtained confirm the need to optimize ink parameters to improve the clarity of fine graphic elements.

Keywords: water-soluble inks, inkjet printing, reproduction quality, font, microphotographic analysis

Сведения об авторах

Бабаханова Халима Абишевна – д.т.н., профессор кафедры химическая и полиграфическая инженерия, ТИТЛПИ, E-mail: halima300@inbox.ru

Садриддинова Нигора Жунайдулла кизи – докторант кафедры химическая и полиграфическая инженерия, ТИТЛП, E-mail: nigorakukanova@gmail.com

Атаханова Нодира Хабибулло кизи – докторант кафедры химическая и полиграфическая инженерия, ТИТЛП, E-mail: A.nodira194@gmail.com

Ирматов Даврон Бахтиярович - самостоятельный исследователь кафедры химическая и полиграфическая инженерия, ТИТЛП, E-mail: Magkomila@gmail.com

УДК 676.033:621.798.1

МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ТИСНЕНИЯ НА БУМАГЕ С ДОБАВЛЕНИЕМ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН

Х.А.Бабаханова, Н.Х.Атаханова, Н.Х. Турсунбоева, Н.Ж.Садриддинова
(Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, город Ташкент,
Республика Узбекистан)

Аннотация. В работе представлен сравнительный микроскопический анализ качества изображений, полученных методом тиснения металлизированной фольгой на различных видах бумаги. Исследованы офсетная бумага и макулатурные образцы с 0% и 10% содержанием базальтового волокна. Оценка проводилась по укрывистости фольги, четкости линий различной толщины, воспроизведению мелких текстовых элементов и наличию дефектов. Установлено, что введение 10% базальтового волокна улучшает структурную однородность бумаги и повышает точность воспроизведения тонких графических элементов. Повышение давления тиснения до 2 МПа обеспечивает более равномерное закрепление фольги и снижение количества дефектов.

Ключевые слова: базальтовые волокна, макулатура, тиснение фольгой, микроскопический анализ.

Введение

Современная целлюлозно-бумажная промышленность испытывает потребность в расширении сырьевой базы и повышении эксплуатационных свойств бумаги. Одним из перспективных направлений является использование минеральных волокон, обладающих высокой прочностью, термостойкостью и устойчивостью к агрессивным средам. Введение базальтовых волокон в макулатурную массу позволяет улучшить физико-механические и печатные свойства бумаги.

Целью работы является проведение оценки качества тиснения фольгой на бумагах из различного волокнистого состава с использованием микроскопического анализа.

Объектами исследования взяты: офсетная бумага плотностью 80 г/м²; макулатурная бумага 90 г/м²; макулатурная бумага 90 г/м² (с добавлением 10% базальтового волокна). Для проведения исследований был использован магниевый штамп толщиной 5 мм, размером 70×120 мм, на котором размещено изображение шестипольного тест-объекта, плашка, а также позитивный и негативный текст, набранный гарнитурой Agial кеглем от 6 до 11 пунктов (рис.1). Тиснение выполнялось при температуре 115 °С в двух режимах давления: 0 и 2 МПа.

Критериями оценки служили: укрывистость металлизированной фольги; четкость линий различной толщины; воспроизведение плашек и мелких текстовых элементов; наличие дефектов (разрывы, неполное заполнение, смещение).

Микроскопический анализ показал, что структура поверхности и состав волокон оказывают существенное влияние на качество тиснения (рис.2). Офсетная бумага продемонстрировала высокую четкость линий при обоих режимах давления, однако при отсутствии давления наблюдалось неполное закрепление фольги на отдельных участках. Макулатурная бумага без базальтовых волокон характеризовалась большей шероховатостью поверхности и повышенным количеством дефектов при низком давлении. Добавление 10% базальтового волокна способствовало повышению структурной однородности бумаги и

улучшению воспроизведения тонких линий (0,3–0,2 мм). При давлении 2 МПа наблюдалось равномерное покрытие фольгой и снижение количества дефектов.

Toshkent To'qimachilik va Yengil Sanoat Instituti
Ataxanova Nodira 2025 yil

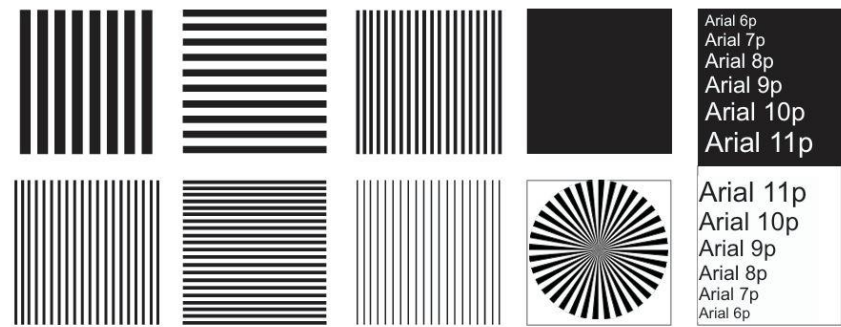


Рисунок 1. Разработанный тест-объект

0 МПа дав 115 С		2 МПа дав 115 С	
Офсетная бумага, 80 г/м ²	0%базальтовая бумага	Офсетная бумага, 80 г/м ²	10%базальтовая бумага
При толщине линий 1,0 мм			
При толщине линий 0,5 мм			
При толщине линий 0,3 мм			

Рисунок 2. Микрофотографии воспроизведения линий разной толщины на исследуемых бумагах

Выводы: полученные данные показали, что качество тиснения существенно зависит как от структуры бумаги, так и от параметров процесса. Введение 10% базальтового волокна в макулатурную бумажную массу улучшает её прочность и микрооднородность, что приводит к увеличению четкости воспроизведения тонких графических элементов. При давлении до 2 МПа обеспечивается равномерное закрепление фольги и уменьшение дефектов даже на макулатурных образцах. Микроскопический анализ подтвердил, что базальтовые волокна улучшают структуру поверхности и повышают точность передачи мелких элементов при тиснении фольгой.

Литература

1. Павлюкевич Ю.Г., др. Технологические и физико-химические свойства модифицированных базальтовых стекол и волокон // Интеграция и развитие научно-технического и образовательного сотрудничества — взгляд в будущее: сборник статей II Междунар. науч.-техн. конф. «Минские научные чтения — 2019», Минск, 2019. Т. 2. С. 176–178. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/33052>
2. Казакова М.Н., Эминов А.А., Шокосимов И.К. Химико-минералогическое исследование базальта и серпентинита для получения минерального волокна // Стекло и керамика. 2023. № 4. С. 40–45. URL: <https://glass-ceramics.ru/ru/archivru/43-bez-rubriki/6043-rus-glc-2023-04-pp-040-045>
3. Матчанова Н.Н. Структура базальтового волокна // Scienceweb. – 2022. – URL: <https://scienceweb.uz/publication/14004> (дата обращения: 18.02.2026)
4. Притыченко А.Н. Микроскопический метод исследования: учебно-методическое пособие. Витебск: УО ВГАВМ, 2010. 11 с.
5. Gorshkova L. O. Повышение качества тиснения полиграфической фольгой на бумаге с высоким значением параметра шероховатости: дис. канд. техн. наук. 2010. 203 с.
6. Gorshkova L. O., Bobrov V. I., Golik A. V. Оценка качества тиснения фольгой на материалах, покрытых лаком // Вестник МГУП. 2009. № 28. С. 66–82.
7. Kirichok T. Yu. Влияние температуры на перенесенные изображения под час горячего тиснения // Технология и техника друкарства. 2008. № 21. С. 54–57.
8. Gorshkova L. O., Bobrov V. I. Методика оценки укрывистости фольгой материалов при тиснении // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2009. № 24. С. 3–8.

**ТАҲЛИЛИ МИКРОСКОПИИ СИФАТИ ПАҲШКУНИИ ФОЛГАИ
МЕТАЛЛИЗАТСИЯШУДА ДАР ҚОҒАЗҲО БО ИЛОВАИ НАҲҲОИ БАЗАЛТӢ**

Х.А. Бабаханова, Н.Х. Атаханова, Н.Х. Турсунбоева, Н.Ж. Садриддинова
(Донишқадаи нассочӣ ва саноати сабуки Тошкент, шаҳри Тошкент, Ҷумҳурии
Ўзбекистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола таҳлили муқоисавии микроскопии сифати тасвирҳо, бо усули паҳшкунии (тиснения) фолгаи металлизатсияшуда дар намудҳои гуногуни қоғаз пешниҳод мегардад. Қоғазҳои офсетӣ ва қоғазҳои аз қоғазпора бо 0% ва 10% микдори наҳҳои базалтӣ омода карда шуда мавриди таҳқиқ қарор гирифтанд. Арзёбӣ аз рӯи пӯшонандагии фолга, дурустии хатҳои ғафсии гуногун, хондашавандагии унсурҳои майдаи матнӣ ва мавҷудияти нуқсонҳо гузаронида шуд. Муайян гардид, ки ҳамроҳ намудани 10% наҳҳои базалтӣ сохтори қоғазро беҳтар намуда, дақиқияти хонда шавандагии унсурҳои графикалии нозуқро хуб мегардонад. Зиёд намудани фишори зеркунӣ то 2 МПа мустақкамшавии пайваस्तшавии фолгаро таъмин намуда, шумораи нуқсонҳоро коҳиш медиҳад.

Калидвожаҳо: наҳҳои базалтӣ, қоғазпора, паҳшкунӣ бо фолга, таҳлили микроскопӣ.

**MICROSCOPIC ANALYSIS OF THE QUALITY OF HOT FOIL STAMPING ON PAPERS
CONTAINING BASALT FIBERS**

Kh.A. Babakhanova, N.Kh. Atakhanova, N.Kh. Tursunboeva, N.J. Sadriddinova
(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Republic of Uzbekistan)

Abstract. This study presents a comparative microscopic analysis of image quality obtained by hot stamping with metallized foil on different types of paper. Offset paper and recycled paper samples containing 0% and 10% basalt fibers were investigated. The evaluation was carried out based on foil coverage, sharpness of lines with different thicknesses, reproduction of fine text elements, and the presence of defects. It was found that the introduction of 10% basalt fibers improves the structural uniformity of paper and enhances the accuracy of fine graphic element reproduction. Increasing the stamping pressure up to 2 MPa ensures more uniform foil adhesion and reduces the number of defects.

Keywords: basalt fibers, recycled paper, foil stamping, microscopic analysis.

Сведения об авторах

Бабаханова Халима Абишевна – д.т.н., профессор кафедры Химическая и полиграфическая инженерия, ТИТЛП, E-mail: halima300@inbox.ru

Атаханова Нодира Хабибулло кизи – докторант кафедры Химическая и полиграфическая инженерия, ТИТЛП, E-mail: A.nodira194@gmail.com

Турсунбоева Нозима Хабибулла кизи – докторант кафедры Химическая и полиграфическая инженерия, ТИТЛП, E-mail: tursunboyevanozima.98@gmail.com

Садриддинова Нигора Жунайдулла кизи – докторант кафедры Химическая и полиграфическая инженерия, ТИТЛП, E-mail: nigorakukanova@gmail.com

УДК 676.033:621.798.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ЗОЛЬНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БУМАГИ

¹Х.А. Бабаханова, ²Д.Ч. Равшанзода, ¹Н.Ж. Садриддинова, ¹Н.Х. Атаханова

(¹Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Республика Узбекистан, ²ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментального исследования влажности и зольности различных видов бумаги различного волокнистого состава и назначения. Установлены количественные значения влажности и зольности, проведен сравнительный анализ влияния состава и наполнителей на величину минерального остатка. Полученные данные могут быть использованы для контроля качества бумажной продукции и оптимизации технологических параметров производства.

Ключевые слова: бумага, влажность, зольность, прокаливание, качество.

Введение

Влажность и зольность являются одними из важнейших физико-химических показателей бумаги, оказывающих существенное влияние на ее эксплуатационные, технологические и печатно-технические свойства. Контроль данных параметров является обязательным элементом системы управления качеством продукции целлюлозно-бумажной промышленности. Влажность бумаги определяет ее механическую прочность, гибкость, размерную стабильность и поведение в процессах печати и переработки. Отклонения влажности от нормативных значений могут приводить к короблению, изменению формата листов, снижению прочностных характеристик и ухудшению качества печати [3].

Зольность бумаги характеризует содержание минеральных компонентов и наполнителей, таких как карбонат кальция, каолин, диоксид титана и другие неорганические добавки. Значение зольности позволяет косвенно судить о рецептуре бумажной массы, степени наполнения и функциональном назначении бумаги [1 - 4].

Объекты исследования

В качестве объектов исследования использовали шесть видов бумаги различного состава и назначения. №1. Макулатурная бумага (макулатура группа А) с добавлением 10% целлюлозы, масса 130 г/м² (Таджикистан); №2 Макулатурная бумага с добавлением 100% целлюлозы, масса 130 г/м² (Таджикистан); №3. Макулатурная бумага (макулатура группа В) с добавлением 10% целлюлозы, масса 130 г/м² (Таджикистан); №4. Эко-бумага, 80 г/м² (Узбекистан); №5 Офсетная бумага, 80 г/м² (Россия); №6. Мелованная бумага, 300 г/м² (Китай).

Экспериментальное оборудование

Исследования проводились с использованием следующего оборудования: лабораторные аналитические весы AND GR-202; муфельная печь модели NEVO QTZ; лабораторный сушильный шкаф модели MST-55. Используемое оборудование обеспечивало высокую точность измерений и воспроизводимость экспериментальных результатов, что соответствует требованиям стандартных методик [1, 3].

Методы исследования

Для определения показателей использовали следующие стандартизированные методы: определение влажности — по ГОСТ 13525.19-91 (метод высушивания в сушильном шкафу) [3]; определение зольности — по ГОСТ 7629-93 (ISO 2144-87) методом прокаливания [1, 2].

Для расчета влажности и зольности использовались следующие формулы:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

где: W - влажность, %; m_1 - масса образца до сушки, г; m_2 - масса образца после сушки, г.

$$A = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

где: A - зольность, %; m_0 - масса пустого тигля, г; m_1 - масса тигля с навеской до прокаливания, г; m_2 - масса тигля с золой, г.

Экспериментальные результаты

Результаты определения влажности и зольности различных бумаг приведены в таблице.

Таблица - Результаты определения влажности и зольности

№	Масса, г/м ²	Влажность, %	Количество золы, %
1	130	4,95	9,76
2	129	4,50	7,25
3	131	4,57	11,86
4	75	3,00	7,00
5	80	6,50	15,21
6	300	5,00	27,50

Обсуждение экспериментальных результатов

Полученные результаты свидетельствуют о существенном влиянии волокнистого состава и содержания минеральных наполнителей на величину зольности бумаги [4–7]. Минимальные значения зольности (7,0–7,25 %) характерны для бумаг с относительно низким содержанием минеральных наполнителей и преобладанием целлюлозного волокна. Повышенные значения зольности (11,86–15,21 %) наблюдаются для бумаг, содержащих значительное количество наполнителей и красочных веществ, что обусловлено введением минеральных компонентов в бумажную массу. Наибольшее значение зольности (27,5 %) зафиксировано для мелованной бумаги массой 300 г/м², что объясняется наличием мелованного слоя и высоким содержанием минеральных компонентов. Особый интерес представляет эко-бумага на основе 80 % CaCO₃, для которой зольность составила 7,0 %. Это связано с термическим разложением карбоната кальция при высоких температурах прокаливания, что необходимо учитывать при интерпретации результатов [1, 2]. Влажность исследованных образцов находилась в диапазоне 3,0–6,5 %, что соответствует типичным технологическим значениям для бумаги и картона [3].

Заключения

В ходе работы экспериментально определены значения влажности и зольности шести видов бумаги различного состава и назначения, при этом установлено, что величина зольности в значительной степени зависит от содержания минеральных наполнителей и наличия мелованных слоев, а максимальное значение зольности (27,5 %) характерно для мелованной бумаги массой 300 г/м², что обусловлено высоким содержанием минеральных компонентов в покрывном слое; полученные результаты подтверждают эффективность и применимость стандартных методов по ГОСТ 13525.19-91 и ГОСТ 7629-93 для лабораторного контроля качества бумаги, а также возможность использования представленных данных для оптимизации рецептур бумажной массы и совершенствования системы производственного контроля качества продукции.

Литература

1. ГОСТ 7629–93. Бумага и картон. Метод определения золы. – М.: Госстандарт России, 1993. – 12 с.
2. ISO 2144:1987. Paper and board — Determination of ash. – Geneva: ISO, 1987. – 10 p.
3. ГОСТ 13525.19-91. Бумага и картон. Метод определения влажности. – М.: Госстандарт России, 1991. – 8 с.
4. ГОСТ 8047-93. Бумага и картон. Правила приемки. Отбор проб. – М.: Госстандарт России, 1993. – 14 с.
5. ГОСТ 13523-78. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Метод кондиционирования образцов. – М.: Госстандарт СССР, 1978. – 10 с.
6. Casey J.P. Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology. – 4th ed. – New York: Wiley-Interscience, 2004. – 3 vols., 1500 p.
7. Smook G.A. Handbook for Pulp & Paper Technologists. – 4th ed. – Atlanta: TAPPI Press, 2016. – 478 p.

МУАЙЯН КАРДАНИ НАМНОКӢ ВА МИҚДОРИ ХОКИСТАР ДАР НАВЪҲОИ ГУНОГУНИ ҚОҒАЗ

Х.А. Бабаханова, Д.Ч. Равшанзода, Н.Ж. Садриддинова, Н.Х. Атаханова
(*Донишқадаи нассоҷӣ ва саноати сабуки Тошкент, шаҳри Тошкент, Ҷумҳурии Ўзбекистон*)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии намӣ ва миқдори хокистар дар намудҳои гуногуни қоғаз бо таркиб ва мақсадҳои гуногуни маводҳои нахӣ пешниҳод шудаанд. Арзишҳои миқдории намӣ ва миқдори хокистар муайян карда шуда, таҳлили муқоисавии таъсири таркиб ва пуркунадаҳо ба сатҳи боқимондаҳои минералӣ гузаронида шуд. Маълумоти бадастовардашударо метавон барои назорати сифати маҳсулоти қоғазӣ ва беҳсозии параметрҳои истеҳсоли истифода бурд.

Калидвожаҳо: қоғаз, намӣ, миқдори хокистар, таҳқиқот, сифат.

DETERMINING THE MOISTURE AND ASH CONTENT OF VARIOUS TYPES OF PAPER

Kh.A. Babakhanova, D.Ch. Ravshanzoda, N.Zh. Sadriddinova, N.Kh. Atakhanova
(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Republic of Uzbekistan)

Abstract. This paper presents the results of an experimental study on the moisture and ash content of various types of paper with different fiber compositions and intended uses. The quantitative values of moisture and ash content were determined, and a comparative analysis of the influence of composition and fillers on the mineral residue was carried out. The obtained data can be used for quality control of paper products and optimization of production parameters.

Keywords: paper, moisture, ash content, calcination, quality.

Сведения об авторах

Бабаханова Халима Абишевна – д.т.н., профессор кафедры «Химической и полиграфической инженерии», Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, E-mail: halima300@inbox.ru

Равшанзода Дилшод Чоршанби – к.т.н., доцент кафедры ТМиОПП, ТТУ имени академика М.С. Осими, E-mail: 234-56-57@mail.ru

Садриддинова Нигора Жунайдулла кизи – докторант кафедры «Химической и полиграфической инженерии», Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, E-mail: nigorakukanova@gmail.com

Атаханова Нодира Хабибулло кизи – докторант кафедры «Химической и полиграфической инженерии», Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, E-mail: a.nodira194@gmail.com

УДК 504.06:614.8

ИСТИФОДАИ УСУЛҲОИ КАММАСРАФ ВА РАҚАМӢ ДАР РАВАНДИ ТЕХНОЛОГИЯИ ИСТЕҲСОЛӢ

М.М. Саидова, Н.Қ. Рашидов

(ДПДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Хучанд)

Шарҳи мухтасар. Мақола ба масъалаи таъсири рақамикунонӣ ва технологияҳои каммасрафи энергия ба самаранокии истеҳсолот ва рақобатпазирӣи корхонаҳо бахшида шудааст. Натиҷаҳои таҳқиқ нишон медиҳанд, ки истифодаи автоматизатсия ва системаи рақамӣ (Industry 4.0) метавонад маҳсулноқӣ ва самаранокии энергияро то 25 % зиёд намояд. Ҳисобҳо бо формулаҳои математикӣ нишон медиҳанд, ки ҷорӣ намудани асбобҳои автоматӣ ва оптимизатсияи захираҳо коҳиши хароҷот ва афзоиши индекси рақобатпазирӣро таъмин мекунад. Афзоиши самаранокии энергия ва индекси рақобатпазирӣ ба беҳтар шудани ҷойгоҳи истеҳсолот дар бозор ва рушди устувори иқтисодӣ мусоидат мекунад.

Калидвожаҳо: рақамикунонӣ, Industry 4.0, автоматизатсия, самаранокии энергия, индекси рақобатпазирӣ, оптимизатсияи захираҳо, истеҳсолот, технологияҳои каммасрафи энергия.

Муқаддима

Дар шароити ҷаҳонишавии иқтисодиёт ва рушди босуръати технологияҳо масъалаи тақмили равандҳои технологияи истеҳсол аҳамияти калидӣ пайдо кардааст. Имрӯз саноат бо рақобати ҷаҳонӣ рӯ ба рӯ шуда, корхонаҳо мачбур мебошанд, ки технологияҳои каммасрафи энергия ва усулҳои рақамиро истифода кунанд. Мувофиқи таҳқиқотҳои байналмиллалӣ, истифодаи автоматизатсия метавонад самаранокии истеҳсолотро то 25 % зиёд намояд. Ҳамзамон сарфаи энергия ба коҳиши арзиши маҳсулот мусоидат намояд [1, 2].

Рақамикунонии истеҳсол, ки дар адабиёти илмӣ бо истилоҳи Industry 4.0 Маъруф аст, ҳамгироии сенсорҳо, барномаҳои идоракунонӣ ва таҳлили маълумотро дар бар мегирад [3]. Ин раванд имконият медиҳад, ки ҳатогҳои инсонӣ кам карда, шуда сифати маҳсулот беҳтар гардад.

Дар кишварҳои пешрафта истифодаи технологияҳои рақамӣ боис афзоиши устувори истеҳсолот гардидааст. Масалан, дар таҳқиқоти Смит ва Ли исбот шудааст, ки рақамикунонӣ ба баланд шудани рақобатпазирӣи корхонаҳо мусоидат мекунад [2].

Иванов Д. бошад, концепсияи “smart Factory”-ро ҳамчун марҳилаи нави рушди саноат тавсиф кардааст [4].

Петров В. нишон медиҳад, ки технологияҳои Lean ва сарфаи энергия ба рушди иқтисодӣ таъсири мусбат мерасонанд [5, 6]. Инчунин тадқиқоти Гомез собит месозад, ки ҳамгироии рақамикунонӣ ва оптимизатсияи энергия (E_{opt}), маҳсулноқиро (P) баланд мекунад, ки барои афзудани фоизи самаранокии энергия (E) дар истеҳсолот оварда мерасонад. Онро мо бо чунин формулаи муайян карда метавонем:

$$E = P / E_{opt}$$

дар ин ҷо: E_{opt} – оптимизатсияи энергия;

P – маҳсулноқӣ;

E – самаранокии энергия.

Агар энергияи сарфшудаи истеҳсолот $100\text{ кВт} \times \text{соат}$ ва қувваи ғойданок $85\text{ кВт} \times \text{соат}$ бошад, самаранокии энергия хуб ҳисоб мешавад, ки онро дар формула монда чунин ҳисоб мекунем:

$$E = 85/100 = 0,85$$

Агар ба фоиз гардонем 85% мешавад, ки аз ин ҷавоб маълум мегардад, ки танҳо 15% энергия талаф ёфтааст ва 85%-и он бошад ба кори ғойданок сарфа шудааст ин нишондиҳандаи хуб ба ҳисоб меравад.

Инчунин истифодаи технологияҳои рақамикунонӣ ва системаи каммасрафи энергия боиси кам шудани хароҷот (С) гардида, индекси рақобатпазирӣ (CI) баланд мебардорад ва барои муайян намудани индекси рақобатпазирӣ, чунин формула истифода бурдан мумкин аст:

$$CI = P / (L \times C)$$

дар ин ҷо: CI – индекси рақобатпазирӣ

P – маҳсулноки (ҳаҷми маҳсулот ё самаранокии истеҳсол)

L – меҳнат (шумораи кормандон ё соатҳои корӣ)

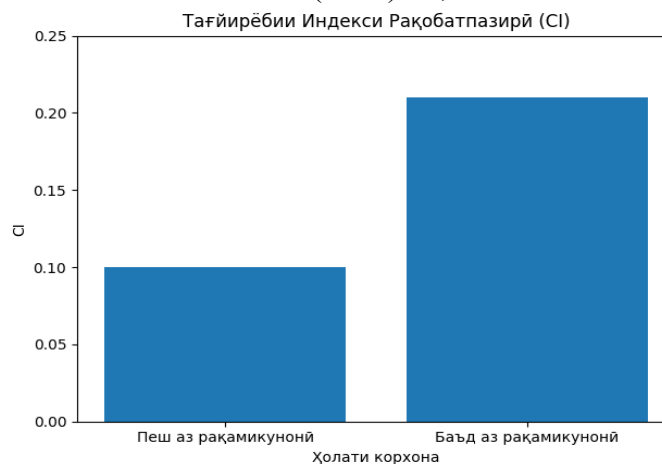
C – хароҷот (энергия, ашёи хом, маблағ)

Дар ширкати ҚДММ Фаровон чунин мушоҳидаҳои гузаронидем, ки агар дар истеҳсолот пеш аз ҷорӣ кардани рақамикунонӣ дар раванди истеҳсоли орд маҳсулнокии он вобаста ба 1 таҷҳизоти истеҳсолӣ, агар 200 ҳалтаи орд барорад ва дар умум 10 корманд ба он вобаста бошанд, пас 100 сомонӣ сарфа мешавад, ки индекси рақобатпазирӣ он ба 0,2 баробар мешавад:

$$CI = 200 / (10 \times 100) = 0,2$$

Ҳангоми ҷорӣ кардан асбоби автоматии ҳалтадӯзӣ (аз як ҷо идоракунии якчанд раванди истеҳсолӣ аз тарафи як корманд), маҳсулноки 100 воҳид корӣ зиёд мешавад ва шумораи кормандон 5 нафар, хароҷот 20 воҳид камтар шавад, индекси рақобатпазирӣ ба 0,75 баробар мешавад.

$$CI = 300 / (5 \times 80) = 0,75$$



Расми 1. Тағйирёбии индекси рақобатпазирӣ (CI)

Натиҷа нишон медиҳад, ки индекс яъне самаранокии ҷори намудани асбоби автоматӣ 3,75 баробар маҳсулнокиро афзиш дод.

Барои нишон додани коэффитсиенти сарфаи энергия аз формулаи зерин истифода мебарем:

$$K_s = (E_1 - E_2) / E_1 \times 100\%$$

дар ин ҷо: K_s – коэффисиенти сарфаи энергия (%);

E₁ – сарфаи энергия то ҷорӣ намудани технология;

E₂ – сарфи энергия баъд аз ҷорӣ намудани технология.

Агар пеш аз рақамикунонӣ дар истеҳсолот корхона 100кВт×соат энергия сарф мекард, пас аз ҷорӣ кардани технология (ҳомӯшшавии автоматии таҷҳизот ҳангоми бекорӣ) 80кВт×соат сарф намуд, ки коэффитсиенти он ба 20% баробар мешавад:

$$K_s = (100 - 80) / 100 \times 100\% = 20\%$$

Аз нигоҳи назариявӣ, баланд шудани самаранокии энергия (E) ва индекси рақобатпазирӣ (CI) ба ҳам вобастагии зич доранд. Ҳар қадар сатҳи автоматизатсия ва рақамикунонӣ боло шавад, ҳамон қадар сарфаи энергия ва меҳнати дастӣ кам гардида, истеҳсолот самараноктар мегардад. Ин раванд гузариш аз модели кӯҳна ба модели нав мусоидат мекунад, ки дар он идоракунӣ бар асоси маълумоти рақамӣ ва таҳлили алгоритмӣ амалӣ карда мешавад.

Тибқи назарияи афзалияти рақобатнокӣ, баланд шудани маҳсулноки ва коҳиши харочот мавқеи истеҳсолотро дар бозор мустаҳкам мегардонад.

Ҳамин тавр, таҳлилҳо нишон медиҳад, ки истифодаи технологияҳои рақамикунонӣ ва усулҳои каммасрафи энергия дар равандҳои истеҳсолӣ омили муҳими баланд бардоштани самаранокии иқтисодӣ ва техникаи истеҳсолот ба ҳисоб рафта чорӣ намудани системаҳои автомати боиси коҳиши харочоти энергия, кам шудани меҳнати дастӣ ва афзоиши маҳсулноки мегардад.

Ҳисобҳои математикӣ ва моделсозии нишондиҳандаҳо, аз ҷумла самаранокии энергия (E) ва индекси рақобатпазирӣ (CI), исбот мекунад, ки оптимизатсияи захираҳо ба рушди устувори истеҳсолот таъсир медиҳад. Афзоиши индекси рақобатпазирӣ баъди чорӣ намудани технологияҳо нишон медиҳад, ки истеҳсолот имконияти хуби рақобат дар бозорро пайдо мекунад.

Аз ин рӯ, татбиқи технологияҳои рақамӣ ва сарфаи оқилонаи энергия на танҳо воситаи тақмили равандҳои истеҳсолӣ, балки заминаи асосии барои пешрафти иқтисодӣ ва баланд гардидани сифати маҳсулот хизмат менамояд.

Адабиёт

1. Kumar A., Singh R. Energy-Efficient Production Systems // Journal of Industrial Technology. – 2024. – Vol. 18, No. 2. – P. 45–58.
2. Smith J., Lee M. Digitalization in Manufacturing // International Journal of Manufacturing. – 2023. – Vol. 12, No. 4. – P. 101–115.
3. Zhang Y., Li H. Energy Optimization in Production Lines // Energy Journal. – 2022. – Vol. 45, No. 3. – P. 210–225.
4. Ivanov D. Smart Factories and Industry 4.0 // Procedia Manufacturing. – 2021. – Vol. 54. – P. 1–10.
5. Petrov N. Lean Technologies and Energy Efficiency // Production Engineering. – 2020. – Vol. 14, No. 1. – P. 33–47.
6. Мираков, О. А. Возможности энергосбережения в системе электроснабжения Республики Таджикистан / О. А. Мираков, М. Д. Додхудоев, С. Ш. Таваров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 2(42). – С. 27–32. – EDN LZVQBF.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ И ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ

М.М. Саидова, Н.Ҷ. Рашидов

(Худжандский филиал Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими)

Аннотация. Статья посвящена влиянию цифровизации и энергосберегающих технологий на эффективность производства и конкурентоспособность предприятий. Результаты исследований показывают, что применение автоматизации и цифровых систем (Industry 4.0) может повысить производительность и энергоэффективность до 25 %. Математические расчеты показывают, что внедрение автоматических устройств и оптимизация ресурсов приводит к снижению затрат и увеличению индекса конкурентоспособности. Повышение энергоэффективности и индекса конкурентоспособности способствует улучшению рыночных позиций предприятия и устойчивому экономическому развитию.

Ключевые слова: цифровизация, Industry 4.0, автоматизация, энергоэффективность, индекс конкурентоспособности, оптимизация ресурсов, производство, энергосберегающие технологии.

APPLICATION OF ENERGY-SAVING AND DIGITAL METHODS IN THE PRODUCTION PROCESS

M.M. Saidova, N.J. Rashidov

(Khujand Branch of the Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Khujand)

Abstract. The article focuses on the impact of digitalization and energy-saving technologies on production efficiency and enterprise competitiveness. Research results indicate that the implementation of automation and digital systems (Industry 4.0) can increase productivity and energy efficiency by up to 25 %. Mathematical calculations demonstrate that the introduction of automated equipment and resource optimization reduces costs and increases the competitiveness index. Enhancing energy efficiency and the competitiveness index improves market position and contributes to sustainable economic development.

Keywords: digitalization, Industry 4.0, automation, energy efficiency, competitiveness index, resource optimization, production, energy-saving technologies.

Маълумот дар бораи муаллифон

Саидова Мадинаҷон Музаффарҷоновна – донишҷӯи кафедраи агротехнология ва экологияи саноати ДПДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Хучанд, E-mail: madina010804@gmail.com

Рашидов Наим Ҷалолович – д.и.к., дотсент, мудири кафедраи агротехнология ва экологияи саноати ДПДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Хучанд, E-mail: n.rashidov70@gmail.com

УДК 504.06:614.8

АРХИТЕКТУРАИ ШАБАКАҲОИ НЕЙРОНӢ ВА АРЗӢБИИ САМАРАНОКИИ ОН

С.М. Каримов, М.Л. Мирзоҳасанов

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Ин мақола ба баррасии муфасссали архитектураҳои гуногуни шабакаҳои нейронии сунъӣ (ШНС) ва методҳои асосии арзёбии самаранокии онҳо бахшида шудааст. Мо намудҳои маълумтарини архитектураҳо, аз қабилӣ Шабакаҳои нейронии пешбаранда (FNNs), Шабакаҳои нейронии конволютсионӣ (CNNs), Шабакаҳои нейронии такроршаванда (RNNs) ва Трансформерҳоро тавсиф мекунем. Ғайр аз ин, нишондиҳандаҳои калидии арзёбӣ барои вазифаҳои таснифот, регрессия ва сегментатсияи тасвир, инчунин нишондиҳандаҳои самаранокии ҳисоббарорӣ муҳокима карда мешаванд. Мақсади ин мақола фароҳам овардани фаҳмиши ҳамаҷонибаи интиҳоби архитектураи мувофиқ ва арзёбии объективии моделҳои ШНС мебошад.

Калидвожаҳо: шабакаҳои нейронӣ, архитектураи нейрошабакавӣ, омӯзиши мошинӣ, арзёбии самаранокии, FNN, CNN, RNN, трансформерҳо, метрикаҳои таснифот, метрикаҳои регрессия, сегментатсияи тасвир.

Муқаддима

Шабакаҳои нейронии сунъӣ (ШНС) дар солҳои охир дар соҳаи зеҳни сунъӣ ва омӯзиши мошинӣ ба дастовардҳои назаррас ноил гардиданд. Ин шабакаҳо, ки аз сохтори мағзи сари инсон илҳом гирифта шудаанд, қобилияти омӯзиш аз маълумот ва иҷрои вазифаҳои мураккабро доранд, аз қабилӣ шинохти тасвир, коркарди забони табиӣ ва пешгӯии маълумот. Қалби ҳар як ШНС-и муваффақ дар **архитектураи нейросетавӣ**-и он ниҳон аст, ки тарзи пайваستшавии нейронҳо ва чараҳои маълумотро муайян мекунад. Интиҳоби дурусти архитектура барои ноил шудан ба самаранокии баланд дар ҳалли масъалаҳои мушаххас муҳим аст.

Ин мақола ба баррасии архитектураҳои гуногуни шабакаҳои нейронӣ ва методҳои асосии **арзёбии самаранокии** онҳо бахшида шудааст. Мо намудҳои маълумтарини архитектураҳоро тавсиф карда, нишондиҳандаҳои калидии арзёбиро, ки барои чен кардани дақиқӣ, умумӣ ва самаранокии ҳисоббарорӣ моделҳо истифода мешаванд, муҳокима хоҳем кард.

1. Архитектураҳои шабакаҳои нейронӣ:

Шабакаҳои нейронии пешбаранда (Feedforward Neural Networks - FNNs) - FNNs соддатарин намуни ШНС мебошанд, ки дар он маълумот танҳо дар як самт, аз қабати вуруд ба қабати баромад, тавассути як ё якчанд қабати пинҳонӣ ҳаракат мекунад. Ҳар як нейрон дар як қабат ба ҳамаи нейронҳои қабати навбатӣ пайваست аст. Ин архитектура барои вазифаҳои таснифот ва регрессияи оддӣ мувофиқ аст [1].

2. Шабакаҳои нейронии конволютсионӣ (Convolutional Neural Networks - CNNs) -CNNs махсус барои коркарди маълумоти дорои сохтори шабакавӣ, ба монанди тасвирҳо, тарҳрезӣ шудаанд. Онҳо қабатҳои конволютсионӣ, қабатҳои pooling ва қабатҳои пурра пайваستшударо дар бар мегиранд. Қабатҳои конволютсионӣ хусусиятҳои маҳаллиро аз тасвирҳо истихроҷ мекунанд, дар ҳоле ки қабатҳои pooling андозаи маълумотро кам мекунанд. CNNs дар шинохти тасвир, сегментатсияи тасвир ва ошкоркунии объектҳо хеле муваффақанд [2, 3].

3. Шабакаҳои нейронии такроршаванда (Recurrent Neural Networks - RNNs)

RNNs барои коркарди маълумоти пайдарпай, ба монанди матн ё силсилаи вақт, пешбинӣ шудаанд. Онҳо дорои ҳалқаҳои бозгашт мебошанд, ки ба шабака имкон медиҳанд, ки маълумотро аз қадамҳои қаблӣ пайдарпай нигоҳ дорад. Ин хусусият ба RNNs имкон медиҳад, ки вобастагҳои дарозмуддатро дар маълумоти пайдарпай омӯзанд. Вариантҳои маъмули RNNs иборатанд аз Long Short-Term Memory (LSTM) ва Gated Recurrent Unit (GRU), ки мушкилоти градиенти нопадидшавандаро ҳал мекунанд [4]. RNNs дар коркарди забони табиӣ, тарҷумаи мошинӣ ва шинохти нутқ истифода мешаванд (ҷадвал).

Ҷадвал - Тарҷумаи мошинӣ ва шинохти нутқ

Архитектура	Тавсифи асосӣ	Намуни маълумот	Вазифаҳои маъмулӣ	Афзалиятҳо	Камбудихо
FNNs	Маълумот дар як самт ҳаракат мекунад, қабатҳои пурра пайвастшуда.	Маълумоти сохторӣ, ҷадвалӣ	Таснифот, регрессия	Содда, осон барои татбиқ	Барои маълумоти мураккаб (тасвир, матн) камсамар
CNNs	Қабатҳои конволютсионӣ ва pooling, барои истихроҷи хусусиятҳои маҳаллӣ.	Тасвирҳо, видеоҳо	Шинохти тасвир, сегментатсия, ошкоркунии объект	Барои маълумоти визуалӣ хеле самаранок	Барои маълумоти пайдарпай ё ҷадвалӣ мувофиқ нест
RNNs (LSTM/GRU)	Дорои ҳалқаҳои бозгашт, барои коркарди пайдарпайҳо.	Маълумоти пайдарпай (матн, силсилаи вақт)	Коркарди забони табиӣ, тарҷумаи мошинӣ, шинохти нутқ	Барои коркарди вобастагҳои дарозмуддат дар пайдарпайҳо	Мушкилоти градиенти нопадидшаванда/таркишӣ, коркарди сусти параллелӣ
Трансформерҳо	Асос ёфта ба механизми диққат (attention mechanism).	Маълумоти пайдарпай (матн, аудио)	Коркарди забони табиӣ, тарҷумаи мошинӣ	Коркарди самаранок вобастагҳои дарозмуддат, параллелизатсияи баланд	Захираҳои ҳисоббарории баландро талаб мекунад

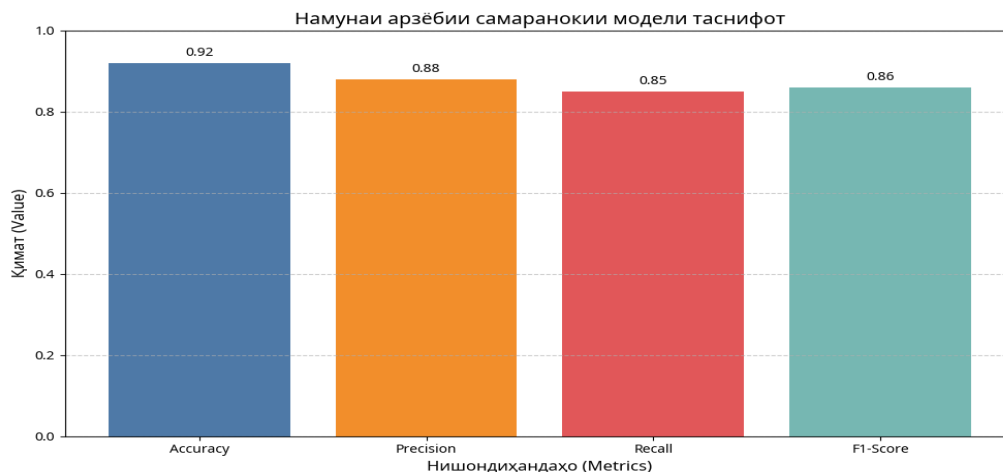
4. Трансформерҳо (Transformers)

Трансформерҳо архитектураи нисбатан нав мебошанд, ки ба механизми диққат (attention mechanism) асос ёфтаанд. Онҳо дар коркарди забони табиӣ инқилоб ба амал оварда, дар моделҳои бузурги забонӣ (LLMs) ба монанди GPT ва BERT истифода мешаванд. Трансформерҳо қобилияти коркарди вобастагҳои дарозмуддадро дар пайдарпайҳо доранд ва дар муқоиса бо RNNs, метавонанд коркарди параллелиро беҳтар иҷро кунанд [7].

Барои арзёбии самаранокии як модели нейросетавӣ, нишондиҳандаҳои гуногун истифода мешаванд, ки вобаста ба намуди масъала (таснифот, регрессия, сегментатсия ва ғайра) фарқ мекунанд. Интихоби нишондиҳандаи дуруст барои фаҳмидани кори модел ва муқоисаи он бо дигар моделҳо муҳим аст [1, 5].

1. Нишондиҳандаҳо барои таснифот (Classification Metrics)

Барои тасвири визуалӣ, дар зер намунаи арзёбии самаранокии модели таснифот бо истифода аз нишондиҳандаҳои маъмулӣ оварда шудааст (расм):



Расм. Намунаи арзёбии самаранокии модели таснифот

Барои вазифаҳои таснифот, ки дар он модел объектҳоро ба категорияҳои муайян тақсим мекунад, нишондиҳандаҳои зерин маъмуланд:

- **Дақиқӣ (Accuracy):** Ҳисоби пешгӯиҳои дуруст аз ҳамаи пешгӯиҳо. Ин нишондиҳанда барои маҷмӯи маълумоти мутавозин (balanced datasets) мувофиқ аст [6].
- **Аниқӣ (Precision):** Ҳисоби ҳолатҳои мусбати дуруст аз ҳамаи ҳолатҳое, ки модел ҳамчун мусбат пешгӯӣ кардааст. Ин нишондиҳанда барои кам кардани хатогиҳои мусбати бардурӯғ (false positives) муҳим аст [6].
- **Бозхонд (Recall / Sensitivity):** Ҳисоби ҳолатҳои мусбати дуруст аз ҳамаи ҳолатҳои воқеан мусбат. Ин нишондиҳанда барои кам кардани хатогиҳои манфии бардурӯғ (false negatives) муҳим аст [6].
- **F1-Score:** Миёнаи гармоникӣ аниқӣ ва бозхонд. Ин нишондиҳанда вақте муфид аст, ки таъвозун байни аниқӣ ва бозхонд лозим аст, хусусан дар маҷмӯи маълумоти номутавозин [6].
- **Матритсаи ошуфтагӣ (Confusion Matrix):** Чадвале, ки шумораи пешгӯиҳои дуруст ва нодурустро барои ҳар як синф нишон медиҳад. Он барои таҳлили муфассали кори модел кӯмак мекунад [6].
- **ROC Curve ва AUC:** Қабулкунандаи хусусияти амалиётӣ (Receiver Operating Characteristic) ва майдони зери қавҷ (Area Under the Curve). Инҳо барои арзёбии моделҳои таснифоти бинарӣ, хусусан дар ҳолатҳои номутавозинӣ, истифода мешаванд.

2. Нишондиҳандаҳо барои регрессия (Regression Metrics)

Барои вазифаҳои регрессия, ки дар он модел арзишҳои пайвастаро пешгӯӣ мекунад, нишондиҳандаҳои зерин истифода мешаванд:

- **Хатогии мутлақи миёна (Mean Absolute Error - MAE):** Миёнаи арзишҳои мутлақи фарқи байни арзишҳои пешгӯишуда ва воқеӣ. Он ба хатогии калон камтар ҳассос аст [1].
- **Хатогии квадратии миёна (Mean Squared Error - MSE):** Миёнаи квадратҳои фарқи байни арзишҳои пешгӯишуда ва воқеӣ. Он ба хатогии калон бештар ҷиддӣ муносибат мекунад [1].
- **Хатогии квадратии решаи миёна (Root Mean Squared Error - RMSE):** Решаи квадратии MSE. Он дар ҳамаи воҳидҳои арзиши баромад ифода ёфта, тафсири онро осон мекунад [1].
- **R-squared (R^2):** Нишондиҳандае, ки фоизи тағйирёбии тағйирёбандаи вобастаро, ки аз ҷониби модели мустақил шарҳ дода мешавад, чен мекунад. Қимати баландтари R^2 маънои мувофиқати беҳтари моделро дорад.

3. Нишондиҳандаҳои барои сегментатсияи тасвир (Image Segmentation Metrics)

Барои вазифаҳои сегментатсияи тасвир, ки дар он модел ҳар як пикселро ба синфи муайян тасниф мекунад, нишондиҳандаҳои зерин истифода мешаванд:

- **Индекси Якард (Jaccard Index / Intersection over Union - IoU):** Таносуби майдони буриш байни сегментатсияи пешгӯишуда ва сегментатсияи воқеӣ ба майдони иттиҳоди онҳо. Қимати баландтари IoU маънои сегментатсияи дақиқтарро дорад [1].
- **Индекси Дайс (Dice Coefficient):** Нишондиҳандаи шабоҳат, ки ба IoU монанд аст, аммо ба фарқиятҳои хурд ҳассосияти бештар дорад.

Ғайр аз нишондиҳандаҳои дар боло зикршуда, нишондиҳандаҳои дигар низ барои арзёбии моделҳои нейросетавӣ муҳиманд:

- **Вақти инференс (Inference Time):** Вақте, ки модел барои коркарди як вуруди ягона ва тавлиди баромад сарф мекунад. Ин барои барномаҳои воқеӣ, ки суръат муҳим аст, аҳамият дорад [9].
- **Ҳаҷми модел (Model Size / Parameter Count):** Шумораи параметрҳои омӯзишшаванда дар модел. Моделҳои хурдтар метавонанд дар дастгоҳҳои дорои захираҳои маҳдуд беҳтар кор кунанд [9].
- **Истеъмоли хотира (Memory Consumption):** Микдори хотирае, ки модел ҳангоми омӯзиш ё инференс истифода мебарад [9].
- **Умумӣ (Generalization):** Қобилияти модел барои иҷрои хуб дар маълумоти ноида. Ин одатан тавассути арзёбии модел дар маҷмӯи маълумоти санҷишӣ (test set) чен карда мешавад, ки ҳангоми омӯзиш истифода нашудааст.

Дар ин мақола, мо ба таври муфасссал архитектураҳои гуногуни шабакаҳои нейронии сунӣ (ШНС) ва методҳои арзёбии самаранокии онҳоро баррасӣ кардем. Аз Шабакаҳои нейронии пешбаранда (FNNs), ки барои вазифаҳои оддии таснифот ва регрессия мувофиқанд, то Шабакаҳои нейронии конволүтсионӣ (CNNs) барои коркарди тасвир, Шабакаҳои нейронии такроршаванда (RNNs) барои маълумоти пайдарпай ва Трансформерҳо барои коркарди забони табиӣ, ҳар як архитектура дорои хусусиятҳо ва афзалиятҳои хоси худ мебошад. Интихоби архитектураи мувофиқ ба намуни маълумот ва масъалаи ҳалшаванда вобаста аст [10-12].

Арзёбии самаранокии ин моделҳо тавассути нишондиҳандаҳои гуногун, аз қабили дақиқӣ, аниқӣ, бозхонд, F1-Score барои таснифот; MAE, MSE, RMSE барои регрессия; ва IoU, Dice барои сегментатсияи тасвир анҷом дода мешавад. Ин нишондиҳандаҳо ба мо имкон медиҳанд, ки кори моделро ба таври объективӣ чен кунем ва онро бо дигар моделҳо муқоиса кунем. Ғайр аз ин, омилҳои амалӣ ба монанди вақти инференс, ҳаҷми модел ва истеъмоли хотира низ дар арзёбии умумии самаранокии ШНС нақши муҳим мебозанд.

Фаҳмиши амиқи ин архитектураҳо ва нишондиҳандаҳои арзёбӣ ба муҳандисон ва муҳаққиқон имкон медиҳад, ки қарорҳои огоҳона қабул карда, моделҳои пурқувват ва самаранокро барои ҳалли мушкилоти ҷаҳони воқеӣ дар соҳаҳои мухталиф, аз ҷумла тиб, молия, истеҳсолот ва ғайра эҷод кунанд. Рушди минбаъдаи архитектураҳои нав ва методҳои арзёбӣ калиди пешрафти зехни сунӣ ва татбиқи он дар ҳаёти ҳаррӯза мебошад.

Адабиёт

1. GeeksforGeeks. Neural Network Architectures. – 2024. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/neural-network-architectures/> (дата обращения: 04.02.2026).
2. Functionize. Neural Network Architectures and Generative Models. – 2023. – URL: <https://www.functionize.com/blog/neural-network-architectures-and-generative-models-part1> (дата обращения: 04.02.2026).
3. SEOHEAD.PRO. Топ 30 нейросетей — обзор ведущих архитектур и их применение. – 2025. – URL: <https://seohead.pro/blog/top-30-neyrosetey-obzor-veduschih-arhitektur-ih-primeneniye/> (дата обращения: 04.02.2026).
4. OTUS. Типы нейронных сетей. Принцип их работы и сфера применения. – 2020. – URL: <https://otus.ru/nest/post/1263/> (дата обращения: 04.02.2026).
5. LeewayHertz. What are neural networks / performance assessment. – URL: <https://www.leewayhertz.com/what-are-neural-networks/> (дата обращения: 04.02.2026).
6. Tiwary S. Exploring the Wonders of Neural Network Architectures. – Medium, 2023. – URL: <https://sanjeebtwary.medium.com/exploring-the-wonders-of-neural-network-architectures-c0a5be039d38> (дата обращения: 04.02.2026).
7. Habr. Архитектуры нейросетей. – 2018. – URL: <https://habr.com/ru/companies/nix/articles/430524/> (дата обращения: 04.02.2026).
8. ScienceDirect. A comparative study of RNN, LSTM, GRU, and hybrid models. – 2025. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016125003073> (дата обращения: 04.02.2026).
9. Codecademy. Introduction to Neural Network Architectures Cheatsheet. – URL: <https://www.codecademy.com/learn/learn-neural-network-architectures/modules/introduction-to-neural-network-architectures/cheatsheet> (дата обращения: 04.02.2026).
10. Гафуров, М. Ӳ. Бадалсозии объекти матнӢ бо истифодаи символӲои забон / М. Ӳ. Гафуров // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – No. 4(52). – P. 31-35. – EDN SMXVKZ.
11. Каюмов, М. М. О цифровом портрете текстовой информации, основанном на частотности знаков пунктуации / М. М. Каюмов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 1(45). – С. 20-23. – EDN KZFCVH.

АРХИТЕКТУРА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ.

С.М. Каримов, М.Л. Мирзохасанов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. эта статья посвящена подробному рассмотрению различных архитектур искусственных нейронных сетей (ШНС) и основных методов оценки их эффективности. Мы описываем наиболее распространенные типы архитектур, такие как ведущие нейронные сети (FNN), сверточные нейронные сети (CNN), повторяющиеся нейронные сети (RNN) и преобразователи. Кроме того, обсуждаются ключевые показатели оценки для задач классификации, регрессии и сегментации изображений, а также показатели вычислительной эффективности. Целью данной статьи является обеспечение всестороннего понимания выбора подходящей архитектуры и объективной оценки моделей ШНС.

Ключевые слова: нейронные сети, архитектура нейронных сетей, машинное обучение, оценка эффективности, FNN (прямого распространения), CNN (сверточные нейронные сети), RNN (рекуррентные нейронные сети), трансформеры, метрики классификации, метрики регрессии, сегментация изображений.

ARCHITECTURE OF NEURAL NETWORKS AND EVALUATION OF THEIR EFFECTIVENESS.

S.M. Karimov, M.L. Mirzokhasanov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation: This article is devoted to a detailed review of various architectures of artificial neural networks (SNNS) and the main methods for evaluating their effectiveness. We describe the most common types of architectures, such as leading neural networks (FNNs), convolutional neural networks (CNNs), recurrent neural networks (RNNs), and converters. In addition, key evaluation indicators for classification, regression, and image segmentation tasks, as well as computational efficiency indicators, are discussed. The purpose of this article is to provide a comprehensive understanding of the choice of an appropriate architecture and an objective assessment of SNS models.

Keywords: neural networks, neural network architecture, machine learning, performance evaluation, FNN (feedforward neural networks), CNN (convolutional neural networks), RNN (recurrent neural networks), transformers, classification metrics, regression metrics, image segmentation.

Маълумот дар бораи муаллифон

Каримов Саъди Мирзоевич - муаллими калони кафедраи информатика ва техникаи ҳисоббарори Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Мирзоҳасанов Мирзоҳасан Лалҷубаевич - муаллими калони кафедраи информатика ва техникаи ҳисоббарори Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ.

УДК 504.06:614.8

МОДЕЛСОЗИИ ЗЕҲНИ СУНЪӢ БАРОИ ПЕШГӢИИ МАЪЛУМОТИ РАҚАМӢ: АСОСҲО, МЕТОДҲО ВА ИСТИФОДАБАРӢ

Т.В. Иброҳимова, М.Л. Мирзоҳасанов

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Ин мақола имкониятҳо, методҳо ва ҷалишҳои моделсозии зеҳни сунъиро (ИИ) барои пешгӯии маълумоти рақамӣ меомӯзад. Мақола ба таҳлили омӯзиши мошинӣ (Machine Learning – ML) ва зеҳни сунъии амиқ (Deep Learning), ки дар таҳлили пешгӯикунанда истифода мешаванд, бахшида шудааст. Ҳамчунин рамзҳои муваффақият ва монеаҳои татбиқи ин технологияҳо баррасӣ мешаванд. Мақола дар онҳое, ки барои инкишофи илмӣ, иқтисодӣ ва технологиявии кишвар дар мавзӯҳои маълумоти калон (Big Data) ва пешгӯии онҳо саҳм мегузоранд, муфид хоҳад буд.

Калидвожаҳо: Моделсозии пешгӯикунанда, зеҳни сунъӣ, омӯзиши мошинӣ, маълумоти калон (Big Data), маълумоти рақамӣ, Тоҷикистон, алгоритмҳои таҳлилӣ.

Муқаддима

Дар асри XXI, ҳангоми густариши ғайриҷаҳишҳои дигиталӣ ва зиёд шудани ҳаҷми маълумот, пешгӯӣ ба як қобилияти муҳим табдил ёфтааст, ки ба шахсӣ, ширкатҳо ва давлат имконияти қабули қарорҳои дурустро дар асоси иттилооти оқилона медиҳад. Моделҳои пешгӯикунанда, ки асоси онҳоро зеҳни сунъӣ ва омӯзиши мошинӣ ташкил медиҳад, метавонанд аз маълумоти таърихӣ ва ҷорӣ сохторҳои гуногун натиҷаҳои эҳтимолии ояндаро ҳисоб кунанд.

Мақсади ин таҳқиқ омӯзиши асосҳои назариявӣ ва амалии моделсозии пешгӯикунанда ва муайян кардани самтҳои асосии татбиқи он дар шароити Тоҷикистон мебошад.

Пешгӯӣ дар маънои умумиаш ҳисоб кардани эҳтимолиятҳо дар асоси таҳлили маълумоти мавҷуда аст. Маълумоти рақамӣ – ин ҳама гуна иттилооте, ки дар шакли ададӣ ифода мешаванд ва барои коркарди компютерӣ дастрасанд. Онҳо метавонанд сохторнок (масалан, ҷадвалҳои Excel) ё ғайрисохторнок (масалан, матнҳо, тасвирҳо) бошанд [1].

Барои пешгӯӣ маълумот бояд:

- Бисёр (ҳаҷман калон) бошанд,
- Сифати баланд дошта бошанд,
- Дар вақти дуруст гирд оварда шуда бошанд.

Ҷадвали 1 - Намунаҳои маълумоти рақамӣ барои пешгӯӣ

Соҳа	Намунаҳои маълумот	Масъалаҳои пешгӯшаванда
Молия	Нархи саҳмияҳо, таърихи транзакцияҳо	Пешгӯии нарх, таҳлили хатар
Кишоварзӣ	Маълумоти обухаво, ҳосил, хусусиятҳои замин	Пешгӯии ҳосил, эҳтимолии хусусии замин
Саноат	Самаранокии дастгоҳҳо, сатҳи истеҳсол	Пешгӯии харобшавӣ, талаботи таъминот
Тандурустӣ	Натиҷаҳои таҳқиқот, таърихи беморӣ	Эҳтимолии беморӣ, натиҷаи табобат
Энергетика	Истеҳсоли барқ, истеъмор, шароити обухаво	Пешгӯии талабот, идоракунии захираҳо

Омӯзиши машинӣ (Machine Learning – ML) як соҳаи зехни сунъӣ мебошад, ки ба системаҳо имкон медиҳад, ки бе дастурҳои мушаххаси барои ҳар як вазифа, «таҷриба» гиранд ва аз он дарс гиранд. Барои пешгӯӣ усулҳои зерин аҳамияти калон доранд:

1. Омӯзиши назоратӣ (Supervised Learning):** Модел аз маълумоти омӯзишӣ, ки ҳам вуруд (хатогиҳо) ва ҳам хуруҷи он (натиҷа) маълум аст, истифода мебарад. Баъд метавонад барои маълумоти нав пешгӯӣ кунад. Намунаҳо: регрессияи хаттӣ (Linear Regression), дарахти қарор (Decision Tree), дастгоҳи векторҳои дастгирӣ (Support Vector Machine – SVM).

2. Омӯзиши ғайриназоратӣ (Unsupervised Learning):** Модел маълумоти бе этикеткаро таҳлил мекунад ва худ ба таври худкор нақшаҳо, гурӯҳҳо ё вобастагӣҳоро меёбад. Намуна: кластеризатсия (Clustering), кам кардани андоза (Dimensionality Reduction).

3. Омӯзиш тавассути муқобила (Reinforcement Learning):** Модел тавассути таҷриба ва қабули мукофот ё ҷазо дар муҳити муайян омӯзиш мебинад.

Зехни сунъии амиқ (Deep Learning – DL) зерсоҳаи омӯзиши машинӣ мебошад, ки аз шабакаҳои нейрони сунъӣ истифода мекунад. Он барои коркарди маълумоти мураккаб (тасвирҳо, матнҳо, овоз) ва пешгӯиҳои дақиқ хеле мувофиқ аст [2-8].

Намунаҳо:

1. Басти шабакаҳои нейронии (CNN) барои тасвирҳо.

2. Шабакаҳои нейронии такрорӣ (RNN) ва механизми диққат (Attention Mechanism) барои матн ва забони табиӣ.

Тамоюлҳо (Trends) дар соҳаи моделсозии пешгӯикунанда-зехни сунъии ва моделҳои бузург (Large Language Models - LLM). Яке аз дастовардҳои охири соҳаи AI пайдоиши моделҳои генеративии монанд ба ChatGPT, DALL-E ва Stable Diffusion мебошад. Ин моделҳо на танҳо маълумотро таҳлил мекунанд, балки маълумоти нав (матн, тасвир, овоз) эҷод менамоянд. Дар контексти пешгӯӣ, ин технология метавонад барои:

1. Эҷоди сценарияҳои пешгӯишуда дар соҳаҳои гуногун (масалан, тасвир кардани раванди рушди шаҳр дар 10 сол);

2. Автоматизунонии гузоришгирӣ дар асоси маълумоти пешгӯишуда;

3. Такмили сифати маълумот тавассути пур кардани фосилаҳо бо маълумоти сунъӣ.

Моделсозии зехни сунъӣ барои пешгӯии маълумоти рақамӣ имконияти нави барои пешрафти илмӣ-техникӣ, ҳалли мушкилоти иқтисодӣ ва иҷтимоӣ Тоҷикистон медиҳад. Истифодаи он дар кишоварзӣ, энергетика, молия ва тандурустӣ метавонад самаранокиро ба назараш зиёд ва ба қабули қарорҳои стратегӣ кумак расонад.

Раванди сохтани модели пешгӯикунанда аз чанд марҳилаи асосӣ иборат аст:

Чадвали 2 - Марҳилаҳои асосии моделсозии пешгӯикунанда

Марҳила	Тавсиф	Аҳамият
Дарёфти маълумот	Гирифтани маълумот аз манбаҳои гуногун (базаҳои дода, файлҳо, API)	Ҳама чиз аз сифати маълумот оғоз меёбад.
Коркард ва тайёр намудани маълумот	Коркарди маълумоти нодуруст, пуркардани фосилаҳо, табдил додани формат	Маълумотҳои коркардашуда модели дурустро ташкил медиҳад
Таҳлили пешакӣ ва интиҳоби хусусиятҳо	Омӯзиши маълумот ва интиҳоби хусусиятҳои, ки ба пешгӯӣ таъсири бештар доранд	Кам кардани мураккабият ва баланд бардоштани дақиқии модел
Интиҳоби алгоритм	Интиҳоби алгоритми зехни сунъӣ мувофиқи намуди масъала (таснифкунӣ, регрессия, кластеризатсия).	Ҳар як алгоритм барои як навъи масъала мувофиқ аст
Омӯзиши модел	Омӯзиши модел дар маълумоти омӯзишӣ	Модел нақшахоро меомӯзад
Арзёбии модел	Санҷиши модел дар маълумоти санҷишӣ бо истифода аз меъёрҳо (RMSE, Accuracy).	Чен кардани дурустии пешгӯии модел.
Такмили модел	Беҳтар кардани модел тавассути танзими гиперпараметрҳо	Баланд бардоштани сифати натиҷаҳо
Татбиқ ва назорат	Вусъат додани модел дар системаҳои воқеӣ ва назорати доимии он	Дастрас кардани модел ба истифодабарандагон

Аммо барои татбиқи ин технологияҳо зарур аст, ки чораҳои зерин андешида шаванд:

1. Ташкили системаи ягонаи ҷамъоварӣ, нигоҳдорӣ ва таҳлили маълумоти давлатӣ.
2. Таҳсили мутахассисони баландихтисос дар соҳаи AI/ML дар донишгоҳҳои ҷумҳурӣ ва ташкили кӯрҳои тақмили ихтисос.
3. Сохтани заминаи қонунӣ барои танзими масъалаҳои махфӣ, амниятӣ ва ахлоқии истифодаи зехни сунъӣ.
4. Дар ҳамаи сатҳҳо дастгирии давлатӣ барои лоиҳаҳои пилотӣ дар соҳаи технологияҳои пешгӯикунанда.

Танҳо дар ҳолати таъмини заминаи техникӣ, қонунӣ ва кадрӣ мебарояд, ки моделсозии пешгӯикунанда метавонад ба воситаи муҳими рушди устуворӣ табдил ёбад.

Адабиёт

1. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. – Springer, 2009. – 764 p.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge, MA: MIT Press, 2016. – 775 p.
3. Chapman P. et al. CRISP-DM 1.0: Data Mining Guide. – SPSS, 2000. – 73 p.
4. Ahmad S., Asif M. Predictive Analytics with Machine Learning. – Wiley, 2021. – 420 p.
5. Rajaraman A., Ullman J. D. Mining of Massive Datasets. – Cambridge: Cambridge University Press, 2011. – 398 p.
6. Ғафуров, М. Ҳ. Бадалсозии объекти матнӣ бо истифодаи символҳои забон / М. Ҳ. Ғафуров // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – No. 4(52). – P. 31-35. – EDN SMXVKZ.
7. Каюмов, М. М. О цифровом портрете текстовой информации, основанном на частотности знаков пунктуации / М. М. Каюмов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 1(45). – С. 20-23. – EDN KZFCVH.

8. Худойбердиев, Х. А. Амсиласозии раванди шинохти нутқ дар заминаи нутқи забони тоҷикӣ / Х. А. Худойбердиев, Б. Х. Ашурзода // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – No. 2(58). – P. 39-42. – EDN VNMJGH.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ: ОСНОВЫ, МЕТОДЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Т.В. Иброхимова, М.Л. Мирзохасанов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В этой статье рассматриваются возможности, методы и проблемы моделирования искусственного интеллекта (ИИ) для прогнозирования цифровых данных. Статья посвящена анализу современных инструментов машинного обучения (ML) и искусственного интеллекта глубокого обучения (Deep Learning), используемых в прогнозной аналитике. Также рассматриваются символы успеха и препятствия реализации этих технологий в Таджикистане. Статья будет полезна тем, кто вносит свой вклад в научное, экономическое и технологическое развитие страны по темам больших данных (Big Data) и их прогнозирования.

Ключевые слова: прогностическое моделирование, искусственный интеллект, машинное обучение, большие данные, цифровые данные, Таджикистан, аналитические алгоритмы.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELING FOR DIGITAL DATA FORECASTING: BASICS, METHODS AND USAGE

T.V. Ibrokhimova, M.L. Mirzohasanov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article discusses the possibilities, methods, and challenges of artificial intelligence (AI) modeling for predicting digital data. The article is devoted to the analysis of modern machine learning (ML) and artificial intelligence (Deep Learning) tools used in predictive analytics. Symbols of success and obstacles to the implementation of these technologies in Tajikistan are also considered. The article will be useful to those who contribute to the scientific, economic and technological development of the country on the topics of big data and their forecasting.

Keywords: Predictive modeling, artificial intelligence, machine learning, big data, digital data, Tajikistan, analytical algorithms.

Маълумот дар бораи муаллифон

Иброхимова Тахмина Воҳидовна - ассистенти кафедраи информатика ва техникаи ҳисобарори Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.

Мирзохасанов Мирзохасан Лалчубаевич - муаллими калони кафедраи информатика ва техникаи ҳисобарори Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.

ТДУ.621

ИСТИФОДАИ КОРКАРДИ ҲАРОРАТӢ БАРОИ БЕҲТАР НАМУДАНИ РАНГИ САНГҲОИ ОРОИШӢ

Т.А. Хочаев, М.Ш. Эркабоев, М.Р. Амиршозода

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола таҳлили равандҳои коркарди ҳароратии сангҳои ранга оварда шудааст. Нақшаҳои гуногуни коркарди ҳароратии сангҳои дар соҳаи заргарӣ истифодашаванда, таҳлил карда мешаванд. Бозори муосир, усулҳои мувофиқи коркарди ҳароратии сангҳои қиматбаҳоро пешниҳод мекунад, ки имкон медиҳад сифатҳои ороишию эстетикӣ сангҳои қиматбаҳои табииро баланд бардоранд. Ҳамин тариқ, дар ин мақола усулҳои

асосии коркарди ҳароратии сангҳои заргарӣ, бо мақсади баланд бардоштани арзиши сангҳои ҷавоҳиротӣ пешниҳод мешавад.

Калидвожаҳо: Сангҳои ороишӣ, коркарди ҳароратӣ, шаффофкунӣ, берангкунӣ, ҷилодиҳии сангҳо.

Муқаддима

Коркарди ҳароратии сангҳои ранга ҳамчун усули зебо намудани намуди зоҳирии онҳо аз давраҳои қадим истифода мешавад. Ҳамин тавр, дар ороишоти заргари Мисри қадим, сангҳои қиматбаҳои бо роҳи ҳарорат коркардшуда ёфт мешаванд. Аввалин истинодҳои хаттӣ доир ба коркарди ҳароратии сангҳо аллакай дар адабиётҳои асри XI пайдо шудаанд. Аммо, сарчашмаи аввалини илмӣ, ки тавсифи усули коркарди ҳароратии аметистҳо ва ситринҳоро дар бар мегирад, ба нимаи дууми асри XIX рост меояд. Рушди истеҳсоли саноатии ороишҳои заргарӣ тақрибан солҳои 70-уми асри XX бо такмил додани ранги сапфирҳо ва ёқутҳо оғоз меёбад. Барои коркарди ҳароратии сангҳои рангаи ороишӣ печкаи вакуумӣ бо ҳарорати баланд истифода мешавад.

Бо истифодаи эффектҳои ҳароратӣ чунин натиҷаҳо ҳосил мешаванд:

Тағйирёбии ранг; такмил додани ранг ё берангнамӣ; зиёд намудани шаффофият; пайдоиши эффектҳои иризатсия ё астеризм; пайдоиши нақшҳо дар рӯи маъданҳо бо расми махсус.

Тағйирёбии ранг бештар ҳангоми иваз шудани панҷараи кристаллии ионҳои ибтидоӣ бо ионҳои оҳан, титан, магний ва ғайра, ки манбаҳои рангорангӣ ба ҳисоб мераванд, ба амал меояд. Ҳангоми сафедкунӣ (берангкунӣ) раванди баръакс ба амал меояд - манбаҳои рангорангӣ бароварда шуда, маъдан бе ранг мешавад. Масалан, дар табиат аметистҳое вомехӯранд, ки ранги онҳо аз бунафши баланд то кабудӣ беранг мебошанд. Аметистҳои беранг амалан истифода намешаванд, аммо бо истифодаи эффектҳои ҳароратӣ хосиятҳои баланди истифодабарии сангҳои заргариро ба даст овардан мумкин аст.

Ҳангоми дар ҳарорати аз 400 то 500°C гарм намудани аметист, онҳо ранги зарди баландро гирифта, ба хосияти ситринҳо монанд мешаванд (расми 2). Ҳангоми то 500-575°C гарм намудани аметист, он ранги норанҷӣ ё сурху норанҷиро ба даст меорад, ки ба аметистҳои табиӣ хос намебошад. Маҳз ҳамин хосиятҳои эстетикӣ мутаносибан нархи сангро хеле баланд мебардорад. Баъзе аметистҳо (масалан, аз қонҳои ИМА, Бразилия ва Замбия), ҳангоми ба ҳарорати то 400-450°C гарм кардан, ранги онҳо на зард, балки ба сабз мубаддал мешаванд.



а)

б)

Расми 1. Тағйирёбии ранги аметист дар ҳарорати аз 400 то 500°, а) то коркарди ҳароратӣ; б) баъд аз коркарди ҳароратӣ



Расми 2. Тағйирёбии ранги сабзҷатоби берилл ба ранги зард ҳангоми таъсири гармӣ

Боз як усули ҷолиб вучуд дорад. Агар танҳо як тарафи аметист гарм карда шавад (то ҳарорати 350-400°C), пас ҳангоми хунук шудан, санг ранги минтақавӣ пайдо мекунад: аз як тараф ранги табиӣ худро нигоҳ медорад ва аз тарафи сатҳи тафсонкардашуда зард мешавад. Чунин сангҳоро "аметринҳо" меноманд. Агар аметистро ба ҳарорати баландтар аз 600°C гарм кунанд, ранги сафеди шириро мегирад ва ба опали пастсифат монанд мешавад. Илова бар ин, аксар вақт ин гуна сангҳо метавонанд дурахшиши осмонӣ нишон диҳанд, пас чунин сангҳо метавонанд тақлидкунандаи санги моҳтобӣ бошанд.

Коркарди ҳароратӣ на танҳо барои аметистҳо истифода мешавад. Ҳамин тавр, бериллҳои ранги нарми сабздошта ҳангоми таъсири гармӣ (аз 400 то 700°C) ранги зардро мегиранд (расми 3).

Топазҳои қаҳваранг ва сурху қаҳваранги дар таркибашон хром дошта аз Бразилия, хангоми то ҳарорати 500°C гарм намуданашон (расми 4), аввал ранги зард ва пас аз оҳиста хунук намудан, ранги зебои гулобиро ба даст меоранд (топазҳои гулобӣ дар табиат хеле кам вомехӯранд). Чунин таъсирро барои баъзе топазҳои конҳои Россия, ИМА ва Ҷопон низ ба даст овардан мумкин аст. Мутаассифона, ранги зебои гулобии топазҳо, ки бо ин роҳ ба даст оварда шудаанд, ноустувор буда, зери таъсири нури офтоб боз беранг мешаванд.



а) б)
Расми 3. Ивасёбии ранги топаз вобаста аз гармии гуногуни минтақавӣ



а) б)
Расми 4. Ивасзавии қаҳварангии алмос бо ранги сафед дар натиҷаи коркард зери фишор ва ҳарорат. а) то коркарди ҳароратӣ; б) баъд аз коркарди ҳароратӣ

Баъди то 1000°C дар муҳити ҳаво гарм кардани сирконҳои қаҳваранг, онҳо дар аввал ранги тиллоии зардро мегиранд ва агар онҳоро дар муҳити беҳаво гарм намоянд, рангашон кабуд мешавад.

Коркарди ҳароратии алмосҳо тавассути коҳиш додани шиддатҳои дохилӣ дар кристаллҳо қувваи механикӣ онҳоро зиёд мекунад. Барои ин алмосро дар печи электрикӣ дар атмосфераи барқароркунанда (озон, аргон, гидроген) то ҳарорати додашуда гарм карда, дар ин ҳарорат муддати муайян нигоҳ дошта, баъд хунук мекунад (расми 5).

Хангоми дар ҳарорати $290-350^{\circ}$ гарм кардани санги фирӯза он микдори максималии обро гум мекунад, ки баъди тар кардани он дар мум ранги маъданро тадриҷан аз кабуд ба кабудии хокистарранг, сабз, хокистарранг, хокистарранг-сабз, хокистари тира ба кабудии баланд табдил медиҳад (расми 6).



Расми 5. Беҳтар намудани ранги фирӯза баъди тар кардани он дар мум



Расми 6. Сохти зумуррад пеш – а) ва баъди коркард бо раған – б)

Коркарди ҳароратӣ инчунин барои беҳтар намудани ранги мавҷудбуда, тақвият ё сусти кардани баландии ранг ба таври васеъ истифода мешавад. Пас, сапфир ва ёқут, ки дар таркибашон фоизи барзиёди оҳан доранд ва он метавонад хусусиятҳои оптикӣ онҳоро коҳиш диҳад, пас аз гармкунӣ (дар ҳарорати 700°C) ранги дилчасп ва шаффофро мегиранд. Сапфирҳои рангашон сиёҳ аз Австралия, дар ҳарорати 1500°C дар муҳити оксиген гарм карда шуда, қисман ранги кабудии баланд ва шаффофро пайдо мекунад. Коркарди ҳароратӣ, ранг ё шаффофии зумуррадҳоро беҳтар карда наметавонад. Принсипи рағанмолии зумуррад дар он аст, ки тарқишҳои аз ҳаво пуршуда баръало намоён мешаванд, аммо тарқишҳо аз рағани шаффоф ё дигар маводи мувофиқ хеле кам мушоҳида мешаванд. Раванди рағанкунӣ танҳо ба хусусиятҳои тозагии санги гаронбаҳо таъсир мерасонад ва бо коҳиш додани норасоӣҳои намоён, шаффофии онро беҳтар мекунад. Ба қавли Ал-Ақфонӣ, агар ба зумуррад рағани зағир бимоланд, дурахшон мешавад. Плиний навиштааст, ки зумурраде, ки ранги сабзи паст дорад, рангаш аз шароб ва раған беҳтар мешавад (расми 7).

Ба ғайр аз коркарди механикӣ, барои беҳтар кардани ранг, пайдо намудани рангҳои нав ё ба вуҷуд овардани тасвири сунӣ дар сангҳо, истифодаи усулҳои ҳароратии коркарди сангҳо низ кам нестанд. Сангҳои қиматбаҳо аз гурӯҳи корунд, ёқут ва сапфир – ҳангоми тафсонидани онҳо то ҳарорати хеле баланд тоб меоранд. Ранги сурхи онҳо устувор буда, бо ягон дараҷаи гармӣ аз байн намеравад. Ранги кабудро бо гармии тӯлонӣ беранг кардан мумкин аст. Ранги зард бисёр зуд аз байн меравад. Одатан дар як санги табиӣ майдонҳо ё қабатҳои ин ё он ранг мавҷуданд. Аксар вақт, ранги кабуд бо зард якҷоя мешавад. Рангҳои кабуд ва зард бо ранги сурх камтар омехта мешаванд, ки ин ба ёқут ранги сиёҳи номатлубро медиҳад. Абурайҳон Берунӣ, бо ишора ба ал-Киндӣ менависад: “Дар сангҳои ранги осмонӣ дошта, гоҳ-гоҳ ранги зард воমেҳӯрад, ки барои бартараф кардани зардӣ, сангро ба муддати кӯтоҳ дар оташ мегузоранд. Агар усто дар ин кор ба хатокорӣ роҳ диҳад, дар як вақт ранги кабуд ҳам аз байн меравад”. Ва ин, ба гуфтаи ӯ, далели он аст, ки ранги зард дар он нисбат ба кабуд устувории камтар дорад. Дар бораи ёқут низ ҳамин тавр гуфта мешавад. Чанд тафсилоти бештарро дар бораи ин амалиёт аз бахши сангҳои китоби «Ҳазинаи тиҷорат» (Ганҷ ат-таҷора) меомӯзем: “Дар ҷазираи Сейлон ва гирду атрофи он ёқутҳоро бо оташ чунин коркард мекунанд: дар аввал регро бо хоку об то ба даст овардани массаи яклухт молида, ҳамир тайёр мекунанд. Сангҳоро дар ҳамир ҷойгир намуда, баъди хушкондан онҳоро то аз байн рафтани доғҳои сиёҳи ёқут дар хумдон мепазанд (расми 8). Ба ҳамин монанд низ ранги доғи қариб сиёҳи морион низ нест карда мешавад. Пас аз бозҳитёт гармкунии онҳо шаффоф мешаванд ва танҳо ранги қаҳрабии-зард монанди забарҷад боқӣ мемонад”. Хунармандони Урал морионро дар гил печонида дар танӯр мепазанд.



a) б)

Расми 7. а) ёқут то коркард ва б) баъд аз коркарди ҳароратӣ



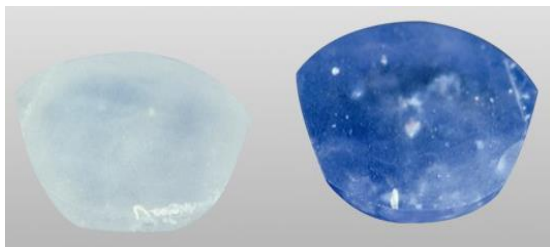
Расми 8. Беҳтар шудани сифати қаҳрабо баъди ғутонидани он дар рағани тафсон.

Берунӣ инчунин менависад, ки шаддаҳоро аз қаҳрабо “бо маҳлули зокоба” аввал дар маҳлули сандал (бакам) дар деги мисин, баъдан дар деги сангин ҷӯшонида, ранг мекунад, он гоҳ қаҳрабо ранги сурх ва зардро мегирад. Навъҳои сурхчатоби қаҳрабо нисбат ба рангҳои шаффоф баландтар арзёбӣ мешуданд.

Ҳангоми коркарди ҳароратӣ каҳраборо то ҳарорати 200-300°C гарм мекуннад. Ин боиси тағйир ёфтани ранги каҳрабо мегардад ва инчунин сифат ва шаффофияти онро беҳтар менамояд [1-4] (расми 9).

Одатан пеш аз тафсонидани санг дар рӯйяҳои он қирраҳоро мебуранд, ки бо ин роҳ аз нуқсонҳое, ки метавонанд боиси кафидани санг шаванд, озод карда мешаванд. Махсусан дохилшавии моеъ дар санг хатарнок аст, ки Берунӣ дар рисолаи худ дар бораи вазни хо менависад: “Азбаски ба санг ҳангоми гарм кардан ҳаво дохил мешавад, аз таъсири ҳаво он васеъ ва варам карда, роҳи баромад мечӯяд ва сангро пора мекунад, аз ин рӯ ҳар як хубобчаро барои безарар баромадани ҳаво бо пармаи алмосӣ сӯроҳ мекунад”. Берунӣ дар ин бора дар «Минералогия» низ менависад: “Ранги ақиқ дар натиҷаи омехтаи оксиди оҳани коллоидиро, ба воситаи найчаҳои капиллярӣ дар байни нахҳои халседонӣ ба худ гирифтани ба вучуд меояд. Коркарди ҳароратии ақиқ одатан равшании рангро зиёд мекунад ва агар халседони бе ранг ё агат бо маҳлулҳои намакҳои оҳан пешакӣ коркард шаванд, он гоҳ ба таври сунӣ ранги ақиқро гирифтанишон мумкин аст”. Дар Ҳиндустон, пас аз истихроҷи ақиқ ва агат аз конгломератҳо ва таҳшинҳои дарёӣ, онҳо одатан дар тӯдаҳо ҷойгир карда мешаванд, ки дар давоми сол дар зерини ӯ ҳаво, борон ва офтоб мемонанд. Баъд аз ин, онҳоро боэҳтиёт метафсонанд. Аз ҳарорати 350—400°C боло гарм кардани халседон боиси хушк ва хираю сафед шудан ва ба массаи чинимонанд табдил ёфтани он мегардад. Берунӣ дар бораи коркарди ҳароратии ақиқ аз суханони ал-Киндӣ

чунин менависад: “Санги ҷамъовардари дар танӯр мегузоранд, онро бо пору омехта карда, ба дараҷае, ки ба онҳо маълум аст, гарм мекунад, сипас баъди хунук шуданаш хориҷ мекунад. Дар Яман низ ҳамин тавр мекунад, поруҳои шутурро бо санг омехта, дар офтоби сӯзон мегузоранд. Санги ақиқ аз оташ кафида то андозае кам шавад ҳам, аммо боқимонда сифати баланд пайдо мекунад. Агар онро дубора дар оташ гузоранд, мисли устухони сӯхта мешавад”. Берунӣ бо истинод ба ал-Киндӣ менависад: “Дар сангҳои аз ақиқ барои нигини ангуштарин истеҳсолшуда, ба воситаи маҳлули ишқор ва навшодир ҳар чӣ хоҳанд, менависанд; баъд онро ба оташ наздик мекунад ва навиштаҷот ранги сафедро мегирад”. Тарзи кашидани нақши сафед дар ақиқ дар Ҳиндустон ҳанӯз дар се ҳазорсолаи пеш аз милод маълум буд. Зарфҳои ақиқӣ бо дуои кӯтоҳ ё ояте аз Қуръон, ки ба ин тарз навишта шудаанд, ҳамчун тӯмор дар Шарқи мусулмонӣ ва махсусан дар Эрон ба таври васеъ истифода мешаванд. Барои аз кафидан пешгирӣ кардани ақиқ, онро дар гил бо омехтаи маҳсулоти пахтагин мепечонанд. Дар рӯи сатҳи тоза ва сайқалёфтаи ақиқ расм ё навиштаҷот бо қалами тез бо массаи ниммояе таркибаш дар боло овардашуда, навишта мешавад. Тамоми амалиёти ҳароратӣ на бештар аз даҳ дақиқа давом мекунад. Агар барои паст кардани ҳарорати ғудохташавӣ ба сода намакҳои танакор ё сурб илова намоянд, натиҷаи хуб ба даст меояд”. Инчунин усулҳои дар сатҳи сафедшудаи ақиқ кашидани расми сиёҳ бо намакҳои оҳан маълум буданд. Аз сабаби зичии гуногун, баъзе қабатҳо рангҳоро ба воситаи сӯрохиҳои капиллярӣ ба таври фаровон мечаббанд, дар ҳоле ки дигар қабатҳо қариб бе ранг боқӣ мемонанд. Ин хосияти агатҳо дар Ҳиндустон ва Байнаннаҳрайн ҳадди ақал аз ҳазораи 3 пеш аз милод маълум буд. Аз оникси сунъии рангоранг шаддаҳо ва муҳрҳои давршакл сохташуда мавҷуд буданд. Ониксҳо бо қабатҳои ивазшавандаи қаҳваранг ва сафед бо роҳи тар кардани агатҳо дар асал ё қанд ва сипас сӯзондани онҳо дар ангишт ба даст оварда мешаванд. Берунӣ аз суханони ал-Киндӣ менависад, ки ониксро «як-ду рӯз дар асал мечӯшонанд, баъд аз он раҳҳояш бештар намоён мешаванд. Плиний, навишта буд: “Тамоми сангҳои қиматбаҳо аз пухтани онҳо дар асал, махсусан дар Корсикан (Фаронса), дурахшон мешаванд. Барои беҳтар кардани дурахши сангҳо, махсусан сангҳои нозук, онҳоро дар рағани растанӣ тар мекунад. Санги сулаймонӣ (оникс) пас аз рангкунии он коркард карда мешавад. “Дар санги аҳзар (малахит), - ба қавли Наср, - ранги сабз аз рағани зайтун шаффоф мешавад Маҳсулоте, ки аз санги нарми талқ сохта шудаанд, инчунин дар раған тар карда шуда, баъд аз тафсонидан саҳт мешаванд. Берунӣ ба таври тасодуфӣ зарфҳои аз талқ сохташударо чунин зикр мекунад: “Дар Эрон зарфҳоро аз санги талқ дар дастгоҳи ҳарротӣ метарошанд, ки деворҳои онро бо қандакорҳои беҳтарин мепӯшонанд”. Плиний санги талқро аз афташ бо номи санги сифӣ тавсиф мекунад, “он хосияти ҳосе дорад, ки ҳангоми бо раған тафсонданиаш сиёҳ мешавад ва саҳт мешавад, гарчанде ки табиатан санги нармтарин ба ҳисоб меравад, ки аз он барои пухтани хӯрок зарфҳо сохта мешаванд”. Дар расмҳои 10, 11 ва 12 бо усули ҳарорати гармӣ тағйирёбии ранги сангҳои сапфир ва агат нишон дода шудаанд [5-10].



Расми 9. Бо усули ҳароратӣ тағйир намудани ранги сапфири беранг ба ранги кабуд

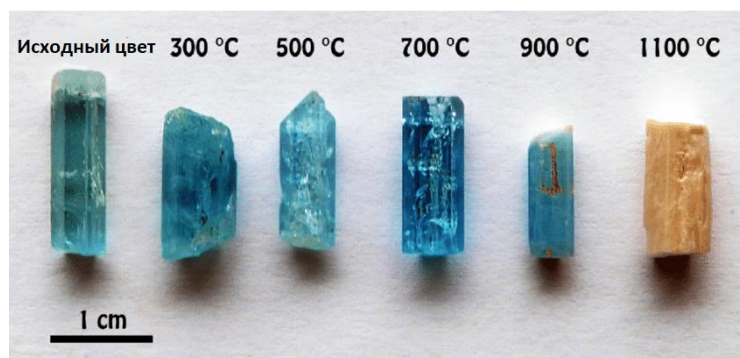


а)



б)

Расми 10. Тағйирёбии ранги сапфирҳои осмонӣ дар раванди гармӣ, а) то коркарди ҳароратӣ; б) баъд аз коркарди ҳароратӣ



Расми 11. Тағйирёбии ранги сапфирҳои осмонӣ аз ҳарорати гуногун



Расми 12. Тағйирёбии ранги агат дар ҳарорати гуногуни гармӣ

Хулоса

Беҳтар намудани ранги сангҳои ҷавохиротӣ як ҷанбаи муҳими саноати заргарӣ буда, он имкон медиҳад, ки маҳсулотҳои зебо ва беназир эҷод карда шаванд. Қисми ками сангҳои нимқиматбаҳо ва қиматбаҳо метавонанд бо намуди ҷалбкунанда ё пойдории худ фахр кунанд; аксари онҳо зудшикан, бенур ва умуман намуди эстетикӣ надоранд. Танҳо тавассути коркард, чунин сангҳо метавонанд "имконияти дуҷум" пайдо кунанд ва ба намунаҳои синфи баландтарин наздик шаванд - то барои дӯстдорони зебод дастрастар гарданд.

Барои харидор, фаҳмидани нозукиҳои тағйирёбии ранги санг асло муҳим нест, муҳимтар фаҳмидани чизҳои зерин мебошад: аз ҳама гаронбаҳо сангҳои ҷилонок ва рангоранги ёқути гаронбаҳо, сапфир, зумурради коркарднашуда ва ғайра мебошанд. Коркарди ҳароратӣ, намуди зоҳирии сангҳоро беҳтар намуда, ба намунаҳои гаронбаҳои табиӣ хеле монанд мешаванд, аммо нисбат ба онҳо хеле нархи арзонтар доранд.

Адабиёт

1. Ахмедшин Э.А., Бгашева Д.И. Особенности термообработки оранжево-красных сапфиров Мадагаскара // Новые идеи в науках о Земле. - М.: РГГРУ, 2007. - Т.4. - С. 29-32.
2. Балицкий В.С., Жижейко И.А. Способ окрашивания корунда: Пат. 2036984 Россия, МКИ6 С 30 В 31/02; Ин-т экспе-м. Минерал. РАН. — № 4939979/26; За-вл. 14.3.91; Оpubл. № 16
3. Высоцкий С.В., Баркар А.В. Сапфиры Приморья: геология, минеральные ассоциации и генезис. - Владивосток: Дальнаука, 2006. — 112 с.
4. Марьин А.А., Крылова Г.И., Ивичева С.Н., Махина И.Б., Кожбахтеева Е.М., Реу А.А., Репина О.В. Прикладное значение и стратегические задачи облагораживания некондиционного камнесамоцветно-го сырья // Разведка и охрана недр. - 2004. - С. 17-20.
5. Платонов А.Н. Природа окраски минералов. - Киев: Наук. думка, 1984. -263 с.
6. Романова Е.И., Хомрач М.В. Современные методы облагораживания корунда // Новые идеи в науках о Земле. -М.: РГГРУ, 2007. - Т.4. - С. 164-167.

7. Обработка изделий на галтовочном барабане усовершенствованной конструкции / А. И. Мирзоалиев, Т. А. Ходжаев, М. А. Умаров, С. Т. Амонов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 4-11. – EDN AUADJP.

8. Холов, Ф. Б. Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней / Ф. Б. Холов, И. Мирзоалиев, Н. Б. Имомов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 1(1). – С. 4-9. – EDN UDJLZF.

9. Имомов, Н. Б. Влияние режимов обработки на исправление формы шаровидных изделий из самоцветных камней при обработке на станке с направляющими пластинами / Н. Б. Имомов, И. М. Мирзоалиев, Н. Б. Холов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 3(3). – С. 4-8. – EDN EDQUSH.

10. Обработка изделий на галтовочном барабане усовершенствованной конструкции / А. И. Мирзоалиев, Т. А. Ходжаев, М. А. Умаров, С. Т. Амонов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 4-11. – EDN AUADJP.

УЛУЧШЕНИЕ ЦВЕТА ДЕКОРАТИВНЫХ КАМНЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Т.А. Ходжаев, М.Ш. Эркабоев, М.Р. Амиршозода
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В данной статье представлен анализ процессов температурной обработки цветных камней. Проанализированы различные схемы температурной обработки камней, используемые в ювелирной промышленности. Современный рынок предлагает подходящие методы температурной обработки драгоценных камней, позволяющие повысить декоративные и эстетические качества натуральных драгоценных камней. Таким образом, в данной статье представлены основные методы температурной обработки ювелирных камней с целью повышения их стоимости.

Ключевые слова: декоративные камни, термическая обработка, прозрачность, изменение цвета, полировка камней.

USING HEAT TREATMENT TO IMPROVE THE COLOR OF DECORATIVE STONES

T.A. Khojaev, M.Sh. Erkaboev, M.R. Amirshozoda
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation: This article presents an analysis of the processes of temperature treatment of colored stones. Various schemes of temperature treatment of stones used in the jewelry industry are analyzed. The modern market offers suitable methods of heat treatment of precious stones, allowing to enhance the decorative and aesthetic qualities of natural precious stones. Thus, this article presents the main methods of heat treatment of jewelry stones in order to increase the value of jewelry stones.

Keywords: Decorative stones, thermochemical treatment, transparency, color change, stone polishing.

Сведения об авторах

Ходжаев Таджиддин Авгонович – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Таджикского технического университета имени ак. М.С. Осими. E-mail: tojiddin167@gmail.com тел. +992934477381

Эркабоев Мухаммадюсуф Шохамбарович – магистр первого курса кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Таджикского технического университета имени ак. М.С. Осими.

Амиршозода Мухаммадрофёе Рахматулло – магистр первого курса кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Таджикского технического университета имени ак. М.С. Осими.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОСФОГИПСА В СОСТАВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ И БЕТОНОВ

У.А. Панджиев, А.А. Акрамов, Д.С. Рафиев, С.Ш. Рафиев
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье приводятся физические и химические свойства фосфогипса, способы их получения и влияние ее на механические характеристики гипсового вяжущего. Выявлено, что использование фосфогипса для получения строительных растворов и бетонов позволит сэкономить на утилизации отходов, упростить эксплуатацию предприятий, улучшить экологическую обстановку и получить высокопрочный строительный гипс.

Ключевые слова: фосфогипс, цемент, бетон, термическая обработка, прочность.

Введение

В настоящее время одной из острых проблем строительного материаловедения является утилизация гипсосодержащих отходов с территорий предприятий, что составляет большие затраты труда и средств. Одним из направлений решения этой задачи являются производство вяжущих и материалов на их основе из этих отходов промышленности. Одним из таких отходов является фосфогипс.

Фосфогипс представляет собой порошок или гранулы. Он содержит от 80 до 98% гипса и поэтому относится к гипсовому сырью; обладает достаточно высокой способностью поглощать влагу и способен удерживать на своей поверхности около 30% влаги, в добавок он не потеряет рассыпчатости, не слежится и не будет скомкиваться.

Фосфогипс содержит много кальция (Ca) и серы (S), поэтому его используют в сельском хозяйстве в качестве мелиоранта почвы, распространяя его по верхней части почвы. Имея высокий показатель схватываемости, из него изготавливают гипсовые вяжущие, которые затем применяют в строительной индустрии. При качественной промывке и обработке фосфогипса можно получить высококачественный гипс, который используется и для строительства дорог.

Из вяжущих, которые получают на основе фосфогипса, добавляя различные наполнители, получают акустические и декоративные плиты, перегородочные блоки и плиты, кирпичи, гипсокартонные листы. Кроме того, его можно применять при производстве цемента в качестве основного вяжущего, потому что он обладает для этого всеми нужными свойствами.

Известен способ получения гипсового вяжущего путем термической обработки гипсового сырья в гипсоварочном котле. Непосредственно до термической обработки фосфогипс смешивают с молотым мелом, чтобы нейтрализовать в нем примеси, и чтобы подсушить его.

Недостатком этого способа является проведение дополнительных операций подготовки сырья к термической обработке: измельчение добавки, смешивание с гипсом и подсушки [1].

Вышеописанный способ упрощает производство гипсового вяжущего из фосфогипса и дальнейшее использование полученного вяжущего в строительных растворах и бетонах.

Существует метод получения гипсового, вяжущего в ходе термической обработки фосфогипса при температуре 155-160°C в присутствии добавки этаноламина, добавку в количестве 0,001% - 0,005% от всей массы вводят в ходе термической обработки сырья в гипсоварочный котел. Этаноламин вводится в фосфогипс с целью нейтрализации растворимых фосфорнокислотных примесей, в результате чего образуется нерастворимая соль, и тем самым обеспечивается высокая прочность вяжущего.

Данный метод можно применять на гипсовых заводах, которые работают по общепринятым технологиям производства гипсового, вяжущего из природного гипсового сырья в гипсоварочных котлах.

Вместо добавки этаноламина используют триэтаноламин. Наиболее оптимальное количество добавки триэтанолламина составляет от 0,001% до 0,005% от всей массы. Этого вполне достаточно для нейтрализации вредного влияния растворимых фосфорнокислотных примесей в

фосфогипсе. Продолжительность загрузки котла измельченным фосфогипсом составляет 20-25 мин. Затем повышают температуру до 155-160°C в течение 55-60 минут. Длительность дегидратации до полуводного гипса составляет около 30-35 минут. Общий цикл термической обработки фосфогипса - 105-120 минут. Готовое вяжущее выгружается в бункер для томления, а после этого отправляется в емкости с целью хранения и использования. Из полученного вяжущего изготавливаются образцы, которые испытываются по ГОСТу 125-79 для сопоставления результатов с прототипом.

Прочности полученного гипсового вяжущего в предлагаемом способе и прототипе равноценны. Предложенный способ достаточно прост в исполнении и исключает подготовительные операции, которые связаны с нейтрализацией в фосфогипсе различных примесей: помол, тепловую обработку в водном растворе добавки, промывку, подсушку и измельчение.

Полученное гипсовое вяжущее можно применять для изготовления различных строительных растворов и бетонов [3-8].

Известен способ получения гранулированного фосфогипса, который применяется в качестве регулятора сроков схватывания цемента и других вяжущих взамен природного гипсового камня.

Данный способ заключается с тем, что в двухвальном смесителе изготавливается смесь сырьевых компонентов, которая содержит по массе 60-70% влажного фосфогипса и 30-40% пыли электрофильтров вращающихся цементных печей. Пыль электрофильтров вращающихся цементных печей, из-за своей высокой активности, обладает способностью связывать содержащуюся в фосфогипсе воду, в результате чего для того, чтобы обеспечить необходимую пластичность в смесь могут ввести дополнительное количество воды. Готовая смесь подается на грануляцию в дырчатые вальцы, в которых и происходит формирование гранул. На выходе из дырчатых вальцов гранулы сразу опудриваются тонкодисперсным минеральным порошком, который обладает вяжущими свойствами. В качестве опудривающего материала может быть использована пыль электрофильтров вращающихся цементных печей, сухая зола-унос ТЭЦ, известняковая или доломитовая мука, пыль-унос производства ферросилиция и др. По фазовому составу фосфогипс состоит в основном из дигидрата сульфата кальция и полугидрата сульфата кальция, в небольших количествах присутствуют примеси водорастворимых солей фосфорной и фтористоводородной кислот, кремнезема, солей Mg, Al и щелочных металлов.

В цементной пыли вращающихся цементных печей содержатся клинкерные минералы, карбонат и оксид кальция, а также значительное количество щелочей, т.е. цементная пыль содержит комплекс веществ, которых необходимо и достаточно для того, чтобы полностью нейтрализовать кислотные остатки, которые содержатся в фосфогипсе. Продукты нейтрализации представляют собой сложные водорастворимые комплексы и соли. Благодаря сочетанию физических и химических свойств фосфогипса, связующего и опудривающего материала в короткие сроки после завершения процесса гранулирования достигается высокая прочность гранул, нейтрализация кислотных остатков как внутри вещества гранул, так и полная их нейтрализация на поверхности гранул. За счет применения высокоактивных тонкодисперсных порошков для опудривания достигается высокая прочность сцепления опудривающего слоя с материалом гранул при минимальной его толщине, которая, в принципе, ограничивается 1-2 слоями микрочастиц порошка. Гранулированию подвергается фосфогипс с исходной влажностью 20-25%. Активность пыли электрофильтров вращающихся печей и ее водопотребность настолько высоки, что при реализации способа требуется введение в сырьевую смесь дополнительного количества воды, которая связывается полностью, что позволяет исключить из технологического процесса операцию сушки.

Полученные гранулы фосфогипса имеют начальную прочность на сжатие 2,0-2,4 МПа. С течением времени происходит дальнейший рост прочности, которая на третьи сутки достигает 7,0-9,0 МПа.

Опудривание гранул фосфогипса тонкодисперсным минеральным порошком препятствует их агрегатированию, а также связывает активные точки поверхности гранул, что делает их еще более прочными.

Высокая прочность в ранние сроки твердения позволяет использовать и транспортировать гранулированный фосфогипс непосредственно после изготовления.

Использование предложенного способа позволяет упростить технологический гранулирования фосфогипса, повысить прочность и транспортабельность гранул, а полученный продукт может применяться в строительных растворах и бетонах [2].

Заключение

На основе вышесказанного, можно сделать вывод, что процесс переработки отходов, содержащих фосфогипс, целесообразен для получения гипсовых вяжущих, которые в дальнейшем можно использовать в строительных растворах и бетонах. Использование фосфогипса для получения строительных растворов и бетонов позволит сэкономить на утилизации отходов, упростить эксплуатацию предприятий, улучшить экологическую обстановку и получить высокопрочный строительный гипс.

Литература

1. Пат. № 2 487 083 Российская федерация, МПК С 01F 11/46. Способ переработки фосфогипса [Текст] / Локшин Э.П., Тареева О.А., Калинин В.Т.; заявитель и патентообладатель ФГБУ науки Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук (ИХТРЭМС КНЦ РАН), 2012115129/05; заявл. 16.04.2012; опубл. 10.07.2013.
2. Пат. № 2 458 999 Российская федерация, МПК С22В 59/00. Способ переработки фосфогипса для производства концентрата редкоземельных элементов (рзэ) и гипса [Текст] / Локшин Э.П., Тареева О.А., Калинин В.Т.; заявитель и патентообладатель ФГБУ науки Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук (ИХТРЭМС КНЦ РАН) 2011117233/02; заявл. 28.04.2011; опубл. 20.08.2012.
3. Пат. KZ Республика Казахстан, МПК С 04В 11/02. Способ получения гипсового вяжущего [Текст] / Нестеренко Н. Г.; Сулейменов А. Т.; Манжиев П. В.; заявитель и патентообладатель ЮжноКазахстанский государственный университет им. М.О. Ауезова, - № 2001/0258.1; заявл. 26.02.2001; опубл. 15.03.2002, Бюл. №3.
4. Акрамов А.А. Повышения прочности и снижения водопоглощения гипсобетона минерально-химическими добавками / Шарифов А., Акрамов А.А., Умаров У.Х. // Журнал «Технологии бетона», серия 1-2 (№66-67), Москва: «Композит», 2012 – С. 68- 69.
5. Акрамов А.А. Исследование свойств гипсовых вяжущих с регулятором схватывания из щелочного экстракта стеблей хлопчатника / Шарифов А., Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Усмонов Б., Умаров У.Х. // VI Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования». тез., докл. часть I – Душанбе: ТТУ, 2012. – С. 348 -351.
6. Акрамов А.А. Модифицирование состава и свойства гипсовых вяжущих декстрином / Шарифов А., Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Умаров У.Х. // VI Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования». тез., докл. часть I – Душанбе: ТТУ, 2012. – С. 346 -348
7. Акрамов А.А. Щелочный экстракт стеблей хлопчатника – регулятор свойств строительного гипса / Шарифов А., Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Муминов А.К. // Доклады АН Республики Таджикистан, Т.57, №11-12-- , Душанбе: «Дониш», 2014. – С. 860-863
8. Акрамов А.А. Цементные растворы с комплексными добавками на основе подмыльного щелока / Шарифов А., Акрамов А.А., Шарипов Ф.Б. // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 4(40), Душанбе: «Шинос», 2017. – С. 75-79

ИСТИФОДАБАРИИ ФОСФОГИПС ДАР МАӢЛУЛӢОИ РЕГУ-СЕМЕНТӢ ВА БЕТОНӢО

У.А. Панчиев, А.А. Акрамов, Д.С. Рафиев, С.Ш. Рафиев
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола хосиятҳои физикӣ ва химиявӣи фосфогипс, усулҳои истеҳсоли онҳо ва таъсири он ба хусусиятҳои механикии пайвандкунандаи ғач оварда шудаанд. Муайян карда шудааст, ки истифодаи фосфогипс барои истеҳсоли маҳлули регу-сементӣ ва бетон хароҷоти партофтани партовҳоро кам мекунад, кори заводи осон мекунад, вазъияти экологиро беҳтар мекунад менамояд ва ғачи сохтмониро хеле мустаҳкам мекунад.

Калидвожаҳо: фосфогипс, семент, бетон, коркарди гармӣ, мустаҳкамӣ

USE OF PHOSPHOGYPSUM IN CONSTRUCTION MORTAR AND CONCRETE

A.A. Akramov, D.S. Rafiev, S.Sh. Rafiev, U.A. Pandzhiev
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The article presents the physical and chemical properties of phosphogypsum, methods for their production and its influence on the mechanical characteristics of gypsum binder. It has been found that the use of phosphogypsum to produce building solutions and concrete will allow savings on waste disposal, simplify the operation of enterprises, improve the environmental situation and produce high-strength building gypsum.

Keywords: phosphogypsum, cement, concrete, heat treatment, strength.

Сведения об авторах

Панджиев Умедҷон Аъзамович – магистрант 1-го курса специальности 1-700201 «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 934-06-54-45 E-mail: umedpanjiev03@gmail.com

Акрамов Авазжон Абдуллоевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 93-533-22-33 E-mail: akramov.avaz@mail.ru

Рафиев Додхудо Саъдуллоевич – магистрант 1-го курса специальности 1-700201 «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 931-14-48-41 E-mail: rafiev.dodkhudo@gmail.com

Рафиев Сафилох Шухратович – магистрант 1-го курса специальности 1-700201 «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 987-61-16-22 E-mail: rafiev.safioloh@gmail.com

ТДУ 677.051.153.75

ТАДҚИҚӢ ӢУДУДИ НАМНОКИИ ПИЛЛАӢОИ ӢУШК ӢАНГОМИ БОРӢАЛТАКУНӢ

¹ М.В. Изатов, ² С. Салимҷонов

(¹ ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон,
² Маркази ҷумҳуриявӣи тадқиқотӣ- илмӣи пиллапарварӣ)

Шарҳи мухтасар. Корхонаҳои коркарди аввалия ва нуқтаҳои қабули пиллаи кишвар дар муддати кутоҳ (дар давоми 5-8 рӯз) ба таври оммавӣ пиллаи зиндари қабул, бечонгардонӣ ва Ӣушк менамоянд. Барои нигоҳ доштани хосиятҳои табиӣи қабати абрешимноки пилла, донистани дараҷаи намнокии он аҳамияти калон дорад, зеро бо намнокии баланд нигоҳдорӣ намудани онҳо то раванди технологияи пиллакушӣ, хосиятҳои табиӣи пилла беҳтар ва тулонитар Ӣифз мешаванд. Аммо ҷуноне, ки амалия ва таҷрибаҳо нишон медиҳанд, Ӣангоми аз 15% боло будани ин

нишондиҳанда мағорбандӣ ва паст шудани ҳосиятҳои технологии пилла мушоҳида мегардад.

Калидвожаҳо: пилла, намноқӣ, бечонгардонӣ, хушккунӣ, борхалтакунӣ, пиллахушккунак.

Муқаддима

Дар нуктаҳои қабул ва коркарди аввалияи пиллаи ҷумхурий, пиллаи зиндаи қабулшуда дар агрегатҳои пиллахушккунии навъҳои КСК-4,5, СК-150, таҷҳизоти чинӣ, таҷҳизоти ҷопонии Ямато ва дигар дастгоҳҳои мавҷуда бо речаҳои бечонгардонӣ, нимхушккунӣ (бо хушккунии соягии минбаъда) ва пурра хушккунӣ коркард мешаванд.

Барои нигоҳ доштани ҳосиятҳои табиӣи қабати абрешимдори пилла дониستاني моҳияти дараҷаи (нишондиҳандаи) намноқии пиллаҳои якбора пурра хушкшуда ва пиллаҳои дар рафҳои хушккунаки соягӣ дар муҳлатҳои тӯлонӣ хушкшуда, ҳангоми борхалтакунӣ аҳамияти калон дорад.

Аз ин рӯ, дар ҚДММ «ВТ Силк» ва ҚСК «Пиллаи Тоҷик» таҷрибаҳои махсусро барои борхалтасозии пилла бо намии камтар аз 11 % гузаронида, сипас дар муҳлати муайяни нигоҳдорӣ ба сифати онҳо баҳодихӣ намудем. Меёри арзёбии сифат барои пиллаҳои бо намии гуногун борхалтасозишуда нишондиҳандаи асосии пиллакушоӣ – баромади абрешими хомро ҳисоб намудем.

Пиллаҳои навъҳои чинӣ ва тоҷикии ҳосили соли 2025 дар ҳар ду корхона, дар минтақаҳои гуногуни иқлимӣ, яъне дар вилояти Суғд ва дар шаҳри Душанбе 3-4 рӯз пеш аз борхалтасозӣ, дар давраи борхалтасозӣ ва 3-4 рӯз пас аз он, мавриди санҷиш қарор дода шуд. Дар вақти борхалтасозӣ 200 граммӣ се намуна барои муайян кардани намноқии пиллаи борхалташуда гирифта шуд. Намии ин намунаҳо дар дастгоҳҳои АК-2 муътадил карда шуданд. Барои ҳар як намуна, намай ба ҳисоби миёна се маротиба муайян карда шуд.

Пеш аз фиристодани пиллаи намунаҳои саноатӣ барои санҷиши технологӣ, ки ҳангоми қабул гирифта шуда буданд, пиллаҳои борхалташуда дар нуктаҳои қабули пилла дар пиллахушккунакҳои соягӣ дар шароити якхела нигоҳ дошта шуданд.

Дар баробари намунаҳои гирифташуда намунаҳои пиллаи дорои намноқии гуногуни борхалтасозишуда ба озмоишгоҳи истехсолӣ-озмоишии корхонаи фиристодашуда, ҳамаи онҳо дар як шароит дар анбор ду моҳ нигоҳ дошта шуданд. Сипас, таҳти роҳбарии мутахассисони корхонаи пиллакашӣ мувофиқи ГОСТ 8493-57 - барои пиллаҳои хушк, озмоишҳои технологӣ гузаронида шуданд. Дар вақти санҷиш дар коргоҳи банаъҷудокунии корхона пиллаҳои ҳар як намуна алоҳида ба навъҳо ҷудо карда шуданд: навъҳои олій, яқум, дуюм, сеюм, пиллаҳои карак ва нуксондор. Омехтаи пиллаи олій ва навъи I, навъҳои II ва III алоҳида дар шароити истехсолӣ дар мошини пиллакашӣ аз рӯи шартҳои дар стандарт муқарраргардида кушода карда шуданд.

Баромади абрешими хомро аз рӯи массаи конденсионии пилла ва абрешими хом муайян намудем. Пеш аз пиллакашӣ намии пилла дар ҳарду нуктаҳои коркарди аввалия 7,24—8,87%-ро ташкил дода ҳамаи пиллаҳо ба намноқии мувозинатӣ расонида шуда буданд. Яъне онҳое, ки дар намии баланд борхалтасозӣ карда шуда буданд, то намии мувозинатӣ хушк карда шуданд ва пиллаҳое, ки ҳангоми борхалтасозӣ намии паст доштанд, баръакс иловагӣ намай гирифтанд.

Натиҷаҳои ба даст овардашуда оид ба намноқии пиллаҳо ҳангоми борхалтасозӣ ва баромади абрешими хом дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1 – Таъсири намноқии пиллаҳо ба баромади абрешими хом

Намноқии миёнаи пиллаҳо ҳангоми борхалтакунӣ, %	Баромади абрешими хом аз рӯи навъи пилла, %		
	олӣ + I	II	III
ҚДММ «ВТ Силк»			
9,77	39,57	35,2	28,6
7,50	38,4	34,6	27,8
5,52	37,3	33,9	26,0
ҚСК «Пиллаи Тоҷик»			
10,45	40,5	38,3	29,9
8,71	39,7	37,6	28,6
7,75	39,1	36,8	28,1

Дар сурати камтар аз 10% будани намноқӣ ва паст шуда рафтани он, баромади абрешими хоми пиллаи навъҳои оӣ + I ва II хеле кам шуд.

Дар нуктаи қабули пиллаи ҚДММ «ВТ Силк» барои пиллаи навъи оӣ +1 аз 9,77 то 5,52% кам шудани намии пилла ҳангоми борхалтасозӣ боиси 2,27 фоиз кам шудани баромади абрешими хом, барои пиллаҳои навъи II – 1,3% ва барои пиллаҳои навъи III он 2,6% кам гардид.

Барои муайян кардани таъсири намноқии пилла ба баромади абрешими хом зароби коррелясионӣ ҳисоб карда шуданд (ҷадвали 2).

Ҳамин тарик, дар байни намноқии пилла дар давраи борхалтасозӣ ва баромади абрешими пиллаи хом алоқамандии мусбии коррелясионӣ, бахусус ҳангоми аз 10% пасттар будани намноқии пилла равшан дида мешавад.

Ин алоқамандии коррелясионӣ нишон медиҳад, ки ҳангоми бастабандии пилла бо намии камтар аз 10% баромади абрешими хом ҳам кам мешавад. Гарчанде пиллаи бо намии хеле паст борхалтасозишуда ҳангоми нигоҳдорӣ дар анбор намноқии иловагиро ба худ гирифта, то ба дараҷаи намноқии мувозинатӣ расида бошад ҳам, ҳосиятҳои қабаати абрешимдори пилла беҳтар нагардида, баромади абрешими хом паст монданд [1 - 5].

Ҷадвали 2 – Зароби коррелясионӣ байни намноқии пилла ва баромади абрешими хом

Корхона	Зароби коррелясионӣ байни намноқии пилла ва баромади абрешими хом аз рӯи навъҳои он		
	Оӣ + I	II	III
ҚДММ «ВТ Силк»	0,95 + 0,05	0,94 + 0,05	0,86 + 0,11
ҚСК «Пиллаи Тоҷик»	0,96 + 0,04	0,80 + 0,12	0,97 + 0,02

Хулоса, барои боз ҳам беҳтар нигоҳ доштани ҳосиятҳои табиӣ сатҳи абрешимдори пилла ва пешгирии пастшавии онҳо, тавсия дода мешавад, ки пиллаҳои хушқардашуда ҳангоми ба 10-12% расидани намноқиашон борхалтасозӣ карда шаванд.

Адабиёт

1. Изатов М.В. Совершенствование технологии первичной обработки коконов с целью сохранения природных свойств шелка-сырца в условиях Таджикистана. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Душанбе, 2019. – 154 с.

2. Рубинов Э.Б. «Справочник - шелкосырье и кокономотание». «Легпромбытиздат», М.: 1986. – 148 с.

3. Салимджанов С. и другие. Методическое пособие «По установлению и контролю оптимальных режимов замарывание и сушки коконов». Худжанд, 2009. –15 с.

4. Типовые правила и нормы по заготовке и первичной обработке коконов тутового шелкопряда. Москва: ЦНИИТЭИлегпром, 1969г. – 40с.

5. Салимджанов, С. Страницы истории шелководства / С. Салимджанов, М. В. Изатов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 4(4). – С. 25-31. – EDN FZEOLI.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛА ВЛАЖНОСТИ ПРИ ЗАТАРИВАНИИ ВОЗДУШНО- СУХИХ КОКОНОВ

¹ М.В. Изатов, ² С. Салимҷонов

(¹ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан,

²Республиканский научно-исследовательский центр птицеводства)

Аннотация. Предприятия по первичной обработке и пункты приема коконов в стране в короткие сроки (в течение 5-8 дней) принимают, замаривают и сушат живые коконы. Для сохранения природных свойств оболочек большое значение имеет знание параметров влажности, при которых следует затаривать их, так как при высокой влажности у затаренных коконов дольше сохраняются природные свойства оболочек. Однако, как показывает практика, при их хранении

с влажностью более 15%, происходит заплесневение оболочек и ухудшение технологических свойств коконов.

Ключевые слова: кокон, влажность, замаривания, сушка, затаривания, коконосушилка.

STUDY OF THE HUMIDITY LIMIT WHEN PACKING AIR-DRY COCOONS

¹ M.V. Izatov, ² S. Salimjonov

¹ *TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan,*

² *Republican Research and Scientific Center for Poultry Farming)*

Abstract. Primary processing plants and cocoon collection points across the country accept, marinate, and dry live cocoons within a short period of time (5-8 days). To preserve the natural properties of the shells, it is very important to know the humidity parameters at which they should be packaged, since at high humidity, the natural properties of the shells are preserved longer in packaged cocoons. However, as practice shows, when they are stored with humidity above 15%, mold forms on the shells and the technological properties of the cocoons deteriorate.

Keywords: cocoon, humidity, pickling, drying, packing, coconut dryer.

Маълумот дар бораи муаллифон

Изатов Мирали Валиевич – н.и.т, и.в. дотсенти кафедраи технология ва таҷҳизоти саноати нассочии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, E-mail: izatov.69@mail.ru

Салимҷонов Сангинҷон – доктори илмҳои кишоварзӣ, ходими пешбари илмии Маркази ҷумҳуриявии тадқиқотӣ- илмӣ пиллапарварӣ. почта: sanginjon51@mail.ru

УДК 677.21.051.152

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКА В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ

¹Ф.М. Сафаров, ¹Х.Д. Музафаров, ²Х.Г. Гулмуродзода

¹ *(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан),*

² *Технологический университет Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан)*

Аннотация. В данной статье анализируются основные показатели хлопководства в Республике Таджикистан, включая общий объем производства хлопка, посевные площади хлопчатника, урожайность хлопка, удельный вес площади хлопчатника по регионам республики и ряд других факторов, влияющих на производство хлопка. Предложен ряд рекомендаций по увеличению производства хлопка и повышению экономической эффективности в этом секторе.

Ключевые слова: Таджикистан, хлопок, хлопководство, средневолокнистый хлопок, длиноволокнистый, заготовка хлопка, урожайность, хозяйство, площадь.

Введение

Хлопководство было и остается ведущей отраслью агропромышленного комплекса Республики Таджикистан, а также важнейшим источником экспортной выручки страны.

В настоящий момент наша страна, как одна из производителей и экспортеров хлопкового волокна, заинтересована в дальнейшем увеличении валового сбора хлопка-сырца, развитии и модернизации отраслей промышленности по переработке хлопка, привлечении иностранных инвестиций в эту отрасль.

Вместе с тем возникшие за последнее десятилетие трудности с обеспечением населения продовольствием привели к некоторым изменениям в структуре посевных площадей хлопчатника. Так, если в 1991 году под хлопчатником было занято 298835 га, то в 2023 году этот показатель составил 166326 га, т.е. сокращение составило более чем на 45%. Очень тревожное состояние было зафиксировано с длиноволокнистым хлопком. Если площадь, отведенная

для длинноволокнистого хлопка в 1991 году, составила 62600 га, то в 2023 году оно было равно 185 га, т.е. посевные площади уменьшились на 99,7%. В 2023 году длинноволокнистый хлопок производился только в Вахшском районе, когда вся Хатлонская хлопковая зона могут выращивать этот ценный хлопок.

Факторы уменьшения площади посева хлопчатника являются крайне нежелательным, так как объем собираемого хлопка прежде всего зависит от площади высеваемого хлопка и от его урожайности. Необоснованно была уменьшена посевная площадь длинноволокнистого хлопка.

Удельный вес посевной площади хлопчатника по регионам республики составлял следующее: в 1991 году по Хатлонской области 63,4%, Согдийской области – 29,6% и районам республиканского подчинения – 7% (от всей площади 298835 га). Этот показатель в 2023 году составил по Хатлонской области – 69,9 %, Согдийской области – 28,9% и районам республиканского подчинения – 1,2% (соответственно от всей площади 166326 га).

Валовый сбор хлопка - сырца в 1991 году составил 819,6 тысяч тонн, в том числе по Согдийской области 237710 тонн, Хатлонской области – 528005 тонн и по районам республиканского подчинения – 53901тонн.

Урожайность хлопка-сырца по республике в 1991 году была 27,4 ц/га, а в 2023 году она уменьшилась до 21,1ц/га, в том числе по Согдийской области соответственно 26,9 и 24,5 ц/га, по Хатлонской области 27,9 и 19,7 ц/га и по районам республиканского подчинения – 25,8 и 23,3 ц/га.

Производство длинноволокнистых сортов хлопка в 1991 году составило 189,2 тысяч тонн, в том числе по Согдийской области 7406 тонн, по Хатлонской области – 181,872 тонн.

Соответственно урожайность хлопка-сырца по республике в 1991 году – 30,2 ц/га, а в 2023 году она уменьшилась до 25,4 ц/га, в том числе по Хатлонской области 30,7 и 25,4 ц/га. Необходимо отметить, что с 2018 года в Согдийской области и районах республиканского подчинения длинноволокнистые сорта хлопка не выращиваются. Следует отметить, что здесь приведены усреднение показатели урожайности по всем селекционным сортам.

Как известно, урожайность хлопка - сырца в зависимости от селекционных и промышленных сортов отличается друг от друга. Качественный анализ в разрезе селекционных и промышленных сортов даст полное представление этого показателя. Поэтому при посеве семян хлопчатника рекомендуется отобрать более высокоурожайные сорта, приспособленные к почвенно - климатическим условиям данного региона.

В 2024 году в Таджикистане собрали всего 253,3 тыс. тонн хлопка-сырца, что составило 58,2% от запланированных 434 тыс. тонн и оказалась значительно ниже прогнозов и показателей 2023 года, показав резкий спад производства.

Основной причиной снижения стали неблагоприятные погодные условия (сильные дожди), затянувшие посевную и нехватку рабочей силы. В 2025 году хлопководческие хозяйства смогли собрать 392,2 тысяч тонн хлопка-сырца, превысив намеченные показатели. Рост производства хлопка - сырца по сравнению с 2024 годом составил 139,5 тысяч тонн, которая свидетельствует о частичном восстановлении отрасли. При этом площадь, занятая хлопчатником согласно официальным данным Министерства сельского хозяйства и Агентства по статистике при Президенте Республики Таджикистан, в 2024 году была 175 тысяч га и в 2025 году она была увеличена до 180-186 тысяч га. При этом акцент был сделан на возвращение в оборот земель, которые ранее пустовали или использовались под зерновые. Основные площади сосредоточены в трех ключевых зонах: 65% хлопковых полей в порядке 120-123 тысяч га в Хатлонской области, 50-55 тысяч га в Согдийской области и 6-8 тысяч га в районах республиканского подчинения. Следует отметить, что в 2025 году более 21 тысячи гектаров земли было засеяно по технологии выращивания под пленку, что позволило эффективнее использовать имеющиеся площади и защитить всходы от весенних заморозков и дождей.

Известно, что выращивание длинноволокнистого хлопка требует больших затрат, долгий период выращивания, более благоприятные погодные условия и ряд других факторов чем средневолокнистого, отсюда и высокая себестоимость.

Анализ заготовки хлопка-сырца показал, что в большинстве случаев закупочная цена хлопка не оправдывает расходы с выращиванием того или другого вида хлопка. Падание мировых цен на хлопковое волокно тоже отражает на этот фактор. В результате, многие производители хлопка переходят на выращивание других культур, которые обеспечивают более быстрый и стабильный доход. Необходимо устанавливать закупочные цены хлопка-сырца в таких пределах, чтобы производители этой культуры были заинтересованными в дальнейшем его выращивании, т.е. закупная стоимость хлопка - сырца была больше стоимости производства килограмма хлопка. В обратном случае многие производители хлопка переходят на выращивание других культур, которые обеспечивают более быстрый и стабильный доход.

Анализ уровня технической оснащенности отрасли с 1991 до 2024 года показывает, что наряду с уменьшением посевных площадей происходит также сокращение уровня технической оснащенности в хлопководстве. В то же время темпы снижения парка сельскохозяйственной техники намного опережают динамику снижения урожайности хлопка-сырца. Так, за анализируемый период снижение урожайности составило 21,0 ц/га, а уменьшение количества тракторов - более чем в 3 раза. Эта проблема требует своего скорейшего решения, ибо без достаточного технического потенциала последующее развитие хлопководства затруднено.

Анализ показывает, что хлопкосеющим хозяйствам необходимо решать проблемы рационального использования резервов технического потенциала, таких как тракторов, сельскохозяйственных машин и др. Регулируя уровень использования этих средств, можно добиться увеличения объемов производства продукции с наименьшими затратами, и достичь роста эффективности развития аграрной экономики в целом.

Анализ показал, что причин низкой продуктивности сельского хозяйства, в том числе хлопководства республики и ее регионов несколько. В их числе - снижение технического потенциала аграрного сектора, недостаток кадров, умелых специалистов по применению сельскохозяйственной техники, трудности становления и развития всевозможных форм собственности и типов хозяйств, сложности в сфере рационального и эффективного руководства развитием сельскохозяйственного сектора страны.

Необходимо вернуть хлопководство региона в его естественное состояние, когда каждый труженик села мог бы заняться своим самостоятельным хозяйством. Альтернативный механизм возрождения села и сельских территорий в условиях их постоянного сокращения отсутствует. Однако дехкане, предприниматели села, многие заинтересованные горожане желают становиться самостоятельными владельцами на земле. Отсутствуют требуемые технические средства производства, инфраструктурные объекты для приватизации.

Причина этому, как показал анализ, заключается во влиянии следующих факторов. Во-первых, вслед за переходом страны на новую экономическую систему распалась существовавшая ранее специализация. Поэтому для обеспечения населения в хлебопродуктах республике было необходимо уменьшить площади под хлопчатник. Другим существенным фактором явилась дороговизна использования хлопкоуборочной техники из-за роста стоимости горюче-смазочных материалов и запасных частей.

Третьим, не менее важным, фактором являлось то, что большинство предприятий перестали функционировать, и масса рабочих рук была не востребована, что снизило ее стоимость, из-за чего ручной сбор хлопка-сырца стал экономичнее, чем машинный. Более 76% технического парка находится за пределами амортизационного срока эксплуатации и используются сверхнормативные сроки службы. Удельные нагрузки на машинотракторный парк возросли до уровня конца 50-60-х годов. Сейчас они составляют, например, в расчете на пахотные и пропашные тракторы, соответственно, 59,0 га, хлопкоуборочную машину - около 950 га. Тенденция ухудшения технической оснащенности и рост нагрузки на отдельные виды техники выглядят более наглядно [1 - 3].

На сегодняшний день несмотря на то, что проблемы технического регулирования в сфере производства и переработки хлопка находятся в центре внимания исследователей, все еще наблюдается значительный разрыв между научной и производственной базой отрасли, что требует тесного взаимодействия между ними.

Увеличение объема производства хлопка-сырца зависит от целесообразности расширения площадей возделывания хлопчатника и его урожайности, а это способствует возрастанию массы перерабатываемого сырья на хлопкоочистительных предприятиях, что в свою очередь приведёт к увеличению прибыли всех сторон.

Дальнейшее развитие хлопководства в республике во многом зависит от внедрения новых агротехнологий, направленных на повышение урожайности хлопка, при минимальных затратах, а также использования на практике научных разработок, в частности точечного посева, капельного орошения, рационального использования посевного материала и ряда других факторов.

В целях обеспечения надлежавших темпов развития хлопководства, хлопкоочистительной и текстильной отрасли необходимо наладить совместную работу всей цепочки, начиная от выращивания хлопка-сырца, его переработки и в конечном итоге, производства готовой продукции путем создания хлопково-текстильного кластера, который объединяет весь цикл работы, начиная от выращивания хлопчатника, сбора урожая хлопка, его первичной обработки на хлопкозаводах и дальнейшей переработки на текстильных предприятиях.

Заклучение

Анализ нынешнего состояния производства хлопка показывает, что вышеуказанные вопросы не до конца решены и требуют дальнейшего совершенствования.

Литература

1. Хлопководство в Республике Таджикистан за 1991, 2018-2023 г.г. Статистический сборник. Душанбе: Государственное учреждение «ГВЦ» Агентства по статистике при Президенте Республики Таджикистан, 2024.- 63 с.
2. Гулмуродзода Х. Основы комплексного решения проблемы совершенствования технологий производства и глубокой переработки хлопка-сырца в условиях индустриализации страны. Дисс. доктора технических наук. – Душанбе: ТУТ, 2023.
3. Салимджанов, С. Страницы истории шелководства / С. Салимджанов, М. В. Изатов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 4(4). – С. 25-31. – EDN FZEOLI.

ТАҲЛИЛИ ҲОЛАТИ ИСТЕҲСОЛИ ПАХТА ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН ДАР СОЛҲОИ ОХИР

Ф.М. Сафаров, Х.Д. Музафаров, Х. Гулмуродзода

⁽¹⁾ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон,
²Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола нишондиҳандаҳои асосии пахтакорӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, аз ҷумла ҳаҷми умумии истеҳсоли пахта, майдони кишти пахта, ҳосилнокии пахта, ҳиссаи майдони пахта аз рӯи минтақаҳо ва як қатор омилҳои дигаре, ки ба истеҳсоли пахта таъсир мерасонанд, таҳлил карда шудаанд. Барои зиёд кардани истеҳсоли пахта ва баланд бардоштани самараи иқтисодии ин соҳа як қатор тавсияҳо пешниҳод карда шудаанд.

Калидвожаҳо: Тоҷикистон, пахта, пахтакорӣ, пахтаи миёнаҳаҷмӣ, пахтаи дарозҳаҷмӣ, ҷамъоварии пахта, ҳосилнокӣ, хоҷагӣ, майдон.

ANALYSIS OF THE STATE OF COTTON PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN IN RECENT YEARS

F.M. Safarov, Kh.D. Muzafarov, Gulmurodzoda H.

⁽¹⁾TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan,
²Tajikistan University of Technology, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Anotation. The article analyzes the main indicators of cotton growing in the Republic of Tajikistan, including the total volume of cotton production, cotton sown area, cotton yield, the proportion of cotton area by region of the republic and a number of other factors influencing cotton production. A number of recommendations are proposed to increase cotton production and improve economic efficiency in this sector.

Keywords: Tajikistan, cotton, cotton growing, medium-staple cotton, long-staple cotton, cotton harvesting, yield, farm, area.

Сведения об авторах

Сафаров Фузайл Метинович – кандидат технических наук, доцент кафедры технология и оборудование текстильной промышленности ТТУ имени академика М.С. Осими, тел.: 918-74-05-92. E- mail: f.m.safarov@mail.ru.

Музафаров Хусрав Давляталиевич – старший преподаватель кафедры теоретическая механика и сопротивление материалов ТТУ имени академика М.С. Осими, тел.: 919-19-20-40. E-mail: khusrav_8787@mail.ru .

Гулмуродзода Хусейн Гулмурод – доктор технических наук, доцент кафедры технология текстильных изделий Технологического университета Таджикистана. тел.: 555-42-81-44.

УДК 677.055.54

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕКЦИОННОЙ СНОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ UKIL

Д. Рахимов, С. Вафоев, М. Ахрори
(ООО АРВИС, город Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье приведены устройство, принцип работы и способ применения новой сновальной машины марки UKIL. Секционная сновальная машина UKIL – текстильная машина для подготовки нитей основы к ткачеству, наматывая их с бобин на секционный валик для сложных узорчатых тканей. На машине применяется точная электронная система контроля натяжения и скорости, что позволяет создавать сложные рисунки и гарантировать качество готового полотна, она выполняет задачи по точному снованию нитей для сложных раппортов и синтетических нитей.

Ключевые слова: снование, нить, навой, ткань, основа, барабан, скорость, контроль.

Введение

Снование нитей — это подготовительный этап к ткачеству при котором множество нитей основы выравнивая по длине и натяжению, наматывают на сновальный вал (навой). Процесс обеспечивает параллельное расположение нитей для создания ткани определенной ширины и прочность.

В настоящее время в текстильной промышленности применяются разных видов снования и разных сновальных машин:

Партионное: общее число основных нитей, необходимых для формирования ткани наматываются на отдельные сновальные валы, которые составляют партию.

Секционное: нити наматываются частями на несколько бобин или валиков используемых в основном для выработки трикотажной материй с высокой скорости.

Ленточное: нити основы наматываются отдельными лентами на барабан что удобно для получения сложноузорчатых тканей.

Традиционное (ручное): осуществляется с помощью снования на колышках, рамах или на специальных приспособлениях.

После завершения снования основа переносится на ткацкий станок, где нити переплетаются с уточными нитями.

Секционная сновальная машина UKIL – это машина нового поколения XXI века и подходит для производства качественной основы для высокоскоростных ткацких станков и

высококачественных тканей. Сновальная машина UKIL может сновать любого типа пряжи для любого типа ткацких станков. Она также гарантирует высокую производительность и качество за счет повышения эффективности благодаря высокотехнологичному сервоуправлению. Сновальный барабан машины марки UKIL имеет прочную конструкцию, идеально цилиндрическую форму и оснащен фиксированной наклонной плоскостью. Фиксированный угол конуса определяется областью применения и типом используемой пряжи. Сновальный стол машины управляется с помощью запатентованной системы сервоуправления, которая позволяет автоматически и точно позиционировать начальные и последующие секции как по оси X, так и по оси Y. К параметрам процесса относятся число оборотов барабана, длина основы, количество секций, скорость вращения барабана и скорость процесса.

Рабочая ширина машины UKIL составляет от 1800 мм до 5500 мм, максимальная скорость сновки 800 м/мин., максимальное деформационное натяжение 80 кг, ширина сечения 350 мм, 500 мм и 800 мм, угол наклонной плоскости фиксированные 5°, 7°, 9,5°, 11° и диаметр барабана составляют 800 мм.

Секционная сновальная машина имеет 640 шпуляриков, столько нитей проходят из шпулярик одновременно и ровно.



Рисунок 1. Стойка выдачи лент

На машине установлено стойка для выдачи лент, которое обеспечивает автоматическую выдачу лент одним касанием. В комплект входят стойка для язычков шириною 1150 мм и пневматически поднимаемые стержни. С помощью этой конструкции осуществляется быстрый и простой способ выдачи лент от начала до конца в каждой полосе. Последовательность выдачи лент, количество лент и расстояние между лентами программируются программой. Также машина оснащено устройством для обдува воздуха и статическая планка для удаления лент.



Рисунок 2. Намоточный барабан

Для намотки нитей служит намоточный барабан, который изготовлен из прочной низкоуглеродистой стали толщиной 8 мм, имеет идеально цилиндрическую форму и оснащен неподвижной наклонной плоскостью. Рабочая ширина составляет от 1800 до 5500 мм, а угол конуса — 5°, 7°, 9°, 11°. Крюки расположены вдоль поверхности барабана для привязывания лент и на конце барабана для привязывания ленточных канатов.



Рисунок 3. Гидравлический дисковый тормоз

Для максимально быстрой остановки барабана при натяжении полотна используются два гидравлических дисковых тормоза, расположенных по обе стороны барабана. Эти тормоза, наряду с приводным двигателем, также используются для создания необходимого натяжения полотна при натяжении балок. Система привода управления автоматически регулирует давление в тормозной системе до заданного значения.



Рисунок 4. Управление движения рабочих органов машины (серводвигатели)

Столик для язычков используется для создания необходимой ширины ленты и ее позиционирования на барабане. Язычки могут быть одношаговыми, зигзагообразными или V-образными. Для управления движением по осям X и Y используются высокоточные серводвигатели, а система управления автоматически позиционирует язычок в нужной начальной точке и обеспечивает его перемещение в процессе работы ленты.

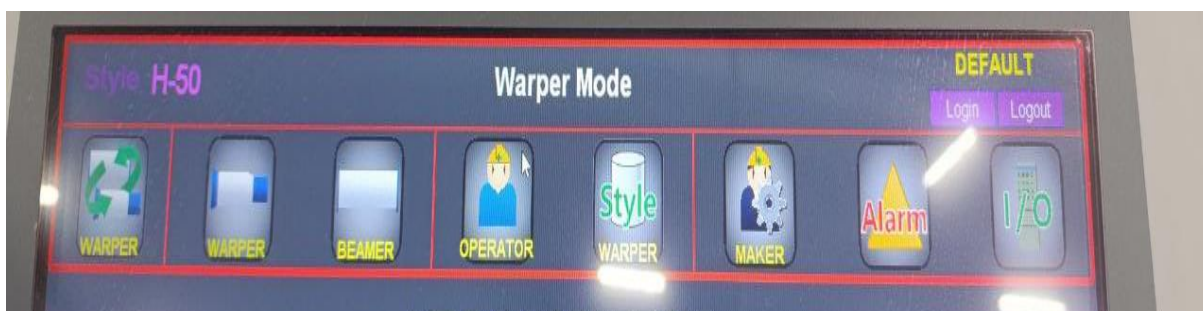


Рисунок 5. Верхняя зона экрана управления машины

Далее следует переход от снования к перегону, т. е. подготовка сновального валика к ткачеству для обеспечения правильной плотности, натяжение и устранение дефектов, что оптимизирует процесс ткачества и снижает обрывность. В процессе перехода контролируется длина и ширина будущей ткани, а также устраняются дефекты основных нитей.

Переход из процесса снование к перегон
Режим снование
Режим перегон
Режим оператор
Сохранить настройку
Техническая настройка
Техническая настройка
Информация

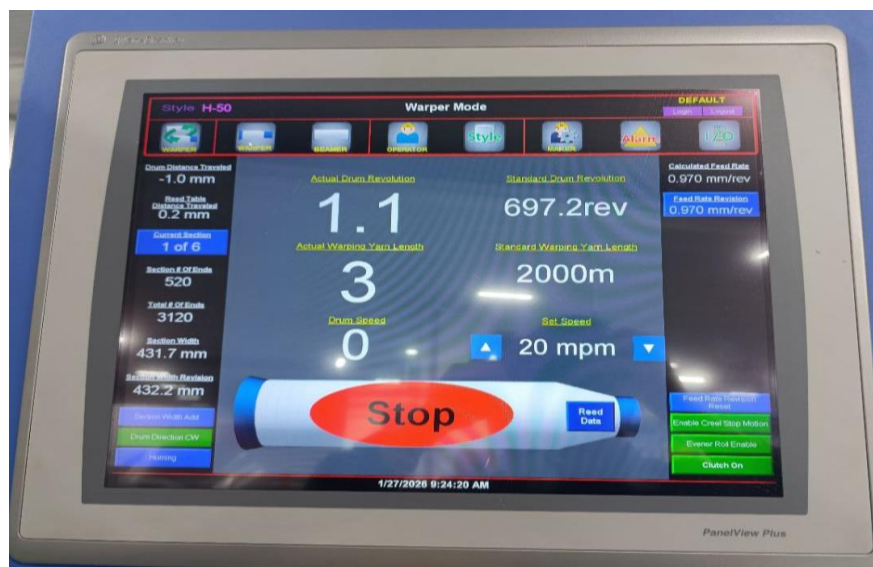


Рисунок 6. Экран управления сновальной машины

Экран машины (рис. 5.) является **основным рабочим элементом управления сновальной машины** в режиме **Warper Mode**, где показывается информации о состоянии машины, функции используемой операторами при вязании и предназначен для **контроля и управления процессом**:

Actual Drum Revolution – 1.1

Фактическое количество оборотов барабана.

Selected Drum Revolution – 697.2 rev

Заданное (расчётное) количество оборотов барабана.

Actual Warping Yarn Length – 3 m

Фактическая длина намотанной основы.

Standard Warping Yarn Length – 2000 m

Заданная стандартная длина основы.

Drum Speed – 0

Текущая скорость барабана (машина остановлена).

Set Speed – 20 mpm

Заданная скорость сновки (метров в минуту).



Рисунок 7. Режим перегона

- Контроль вращения барабана и намотки нитей.
- Отображение скорости, количества оборотов и длины намотанных нитей.
- Управление скоростью и направлением вращения барабана.
- Настройка секций и количества нитей.
- Кнопка **JOG** для вращения ручной процесс скоростью 10 м/мин.
- Кнопка **SLOW** для медленного вращения скоростью 30 м/мин.
- Кнопка **FAST** для быстрого вращения скоростью 70-90 м/мин.
- Контроль важных параметров для качества намотки и безопасности работы.

Таким образом, сновальные машины UKIL считаются высокоэффективными машинами благодаря интеллектуальному управлению (система автоматического контроля скорости, определения обрывов нити и защиты от сбоев электропитания), автоматическому контролю натяжения и диаметра навивки, а также точному воспроизведению параметров балок. Они обеспечивают надежность, безопасность и высокую скорость работы, обрабатывают различные виды пряжи, обеспечивают гибкость и повышение производительности производства [1 - 4].

Литература

1. Севостьянов А.Г. и др. Механическая технология текстильных материалов, М., Легпромбытиздат, 1986, – 504 с.
2. Смирнова Т. В. Технологическая схема сновально-шлихтовального агрегата новой конструкции, М., ИГТА, 2015, –185с.
3. Технические руководства: Инструкция по эксплуатации и паспорт сновальной машины UKIL
4. Макаренко С.В. Технология трикотажа. Трикотаж рисунчатых и комбинированных переплетений: учебное пособие / Макаренко С.В. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. — 85 с. — ISBN 978-5-7937-1759-5.

ТАҶРИБАИ ИСТИФОДАБАРИИ МОШИНИ ТОРПЕЧОНИИ UKIL

Д. Раҳимов, С. Вафоев, М. Аҳрорӣ
(ҶДММ ARVIS, Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола сохт, тарзи кор ва усули истифодабарии мошини нави торпечонии тамғаи UKIL оварда шудааст. Мошини торпечонии қитъавии UKIL – мошини насосии омодакунии риштаҳои тор барои бофандагӣ тавассути печонидани онҳо аз калобаҳо ба навардҳои торпечонӣ барои матоъҳои мураккаби гулдор мебошад. Дар ин мошин системаи дақиқи электронии назорати тарангӣ ва сифати риштаҳо истифода мешавад, ки он барои гулпартоии мураккаб имкон дода, сифати матои тайёро кафолат медиҳад, печонидани дақиқи риштаҳоро барои намунаҳои мураккаб ва риштаҳои синтетикӣ иҷро мекунад.

Калидвожаҳо: торпечонӣ, ришта, ғалтак, матоъ, тор, устувона, суръат, назорат.

OPERATING EXPERIENCE OF THE UKIL SECTIONAL WARPING MACHINE

D. Rakhimov, S. Vafoev, M. Akhrori
(LLC ARVIS, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article describes the design, operating principle, and application of the new UKIL warping machine. The UKIL sectional warping machine is a textile machine for preparing warp threads for weaving by winding them from bobbins onto a sectional roller for complex patterned fabrics. The machine uses a precise electronic tension and speed control system, allowing for the creation of complex patterns and ensuring the quality of the finished fabric. It also performs precise warping of threads for complex patterns and synthetic yarns.

Keywords: warping, thread, beam, fabric, warp, drum, speed, control.

Сведения об авторах

Диловар Рахимов - инженер-технолог, начальник смены подготовительного цеха ООО АРВИС. э-почта: info@arvis.tj, тел.:002225420.

Сунатулло Вафоев - инженер-программист, начальник подготовительного цеха ООО АРВИС э-почта: marketing@arvis.tj., тел.:446106677.

Ахрори Мухаммаджон - кандидат технических наук, начальник департамента производства ООО АРВИС. э-почта: muhammadjon-90@mail.ru, тел.: 93 184 88 83

ТДУ 677.055.54

ПАЙДОИШИ АВВАЛИН КОНДИТСИОНЕР ВА СИСТЕМАҲОИ МУЪТАДИЛГАРДОНИИ ҲАВО

Ю.С. Азизов
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола таърихи пайдоиши кондитсионер ва системаҳои кондитсионерии (муътадилгардонии) ҳаво баррасӣ гардидааст.

Калидвожаҳо: кондитсионер, система, муътадилгардонӣ, хунуккунӣ, намнокӣ, ҳаво, компрессор, фреон, сплит-система.

Муқаддима

Таърихи кондитсионерии (муътадилгардонии) ҳаво ба замони қадим рост меояд. Одамон ҳамеша ба муҳити зисти худ мутобиқ мешуданд ва дар замони хеле қадим, ҳангоми зиндагӣ дар ғорҳо, онҳо на танҳо худро аз душманон (даррандаҳо ва ба монанди онҳо), балки аз шамол, борон, барф, офтоб ва дигар сарборихои иқлимӣ муҳофизат мекарданд. Одамон аз ғорҳо баромада, воқеаҳои оддӣ муҳофизатӣ: соябонҳо, чатрҳо, ва бодбезакҳо месохтанд.

Бо гузашти вақт, усулҳои гуногуни хунуккунии бухоркунанда истифода мешуданд. Дар расмҳои деворӣ Мисри ба 2500 сол пеш аз милод тааллуқ дошта, ғуломонро, ки кӯзаҳои обдорро барои хунук нигоҳ доштани об бо бодбезак бод медоданд, тасвир шудаанд. Барои хунук кардани ҳавои биноҳо, кӯзаҳои обдор дар наздикии тиреза гузошта мешуданд. Хунуккунии бухоркунандаи сусти бо ҳавокашии табиӣ (PDEC- passive downdraught evaporative cooling) дар Миср пайдо шуда, ба ҳамаи кишварҳои, ки иқлими хушк ва гарм доранд, паҳн шуданд. Дар минтақаи Форс (Эрони қадим) расми пӯшонидани хаймаҳо (соябонҳо) бо намади тар вучуд дошт. Манзилҳои истиқомати доимӣ нимагон дар зерин рафта сохта мешуданд ва одамон кӯшиш менамуданд, ки онҳоро дар наздикии манбаҳои об ҷойгир кунанд. Об тавре равона карда мешуд, ки он мустақиман ба ҳавзи хурди дар пеши дари даромадгоҳ сохта шуда мерехт, ки дар болои он сутуни вентилятсионӣ барои хориҷ кардани ҳавои гарми хушк насб карда шуда буд. Ҳавои болои об хунук шуда, қисме аз гармии худро барои бухоршавии об медод ва намнок шуда

муҳити хунукро ба вучуд меовард. Ин усул ба варианти(намуди) меъмории атриум бо фаввора, табдил меёфт

Дар шаҳри қадимии Моҳенҷо-Дарои Ҳиндустон (2-3 ҳазор сол пеш аз милод) хонаҳои баланд ва бетиреза сохта мешуданд, ки дар бомҳои ҳамвори онҳо таҷҳизоти шамолкашӣ дар шакли қуттиҳо бо сӯроҳиҳои ба баҳр нигаронида шуда ҷойгир карда мешуданд. Сӯроҳиҳо бо сарпӯшҳои оддӣ муҷаҳҳаз карда шуда, вобаста ба қувва ва самти шамол кушода ё пӯшида мешуданд. Ҳамин тариқ, ҳаво ба болохонаи паст, ки чалакҳои ҳамвор бо об ҷойгир буданд, ворид мешуд. Дар ин ҷо, ҳавои гармӣ хушк бо сатҳи об расида, аз ҳисоби самараи бухоршавӣ хунук шуда, сипас тавассути каналҳои дорои деворҳои ғафс ба бино мефаромад. Дар биноҳои паст дар фасли тобистон ба сифати дари даромад ҷаҳорҷӯбаи (қолиби) бо нахи кокосии ҳиндӣ “тати” (алафи дорои ҳосиятҳои капиллярӣ буда) печонида шуда, истифода мешуданд. Болои он зарфе гузошта мешуд, ки оҳиста-оҳиста аз ҳисоби боло рафтани об бо капиллярҳои “тати” пур мешуд. Вақте ки он ба сатҳи муайяни пуршавӣ мерасид, зарф чаппа гашта обро ба дар мепошид ва сипас ба ҳолати аввалии рости худ бармегашт ва ин даврӣ такрор мешуд. Ин усул, ки бо номи “банадурӣ- banadoori” маъруф буд ва тӯли асрҳои зиёд истифода шудааст.

Ҳам дар Эрони қадим ва ҳам дар Ҳиндустон бухоршавӣ барои истехсоли ях истифода мешуд. Дар ҷоҳҳои наонқадар чуқур, ки бо коҳ пур (барои изолятсия) карда шуда буданд, зарфҳои ҳамвор бо об ҷойгир карда мешуданд, ки шабона аз ҳисоби бухоршавӣ ва афканишот яхӣ ғафсии 1,5 дюйма ҳатто дар ҳарорати паст то 6°C ба вучуд меомад. Дар Чопон дар пойтахти императории Киото барои хунуккунии хонаҳо, тарабхонаҳо ва марказҳои компютерӣ усули хунуккунии бухоршавандаи “uchimizu” – барои пошидани об ба бомҳо ва роҳравҳо – ба вучуд омад ва то ҳол истифода мешавад.

Гузаштаи қадимро паси сар намуда, системаҳои мутадилкунӣ ҳаворо дар асрҳои XIX дар Россия дида мебароем. Дар Россия театри операи Одесса, ки соли 1887 сохта шудааст, системаи хунуккунии ҳаво дошт ва дар он асбоби захиракунии хунукӣ дар намуди ҷоҳ истифода мешуд, ки дар тобистон ба он ях (бо коҳ омехта) мерехтанд дар чуқурии 11 метр дар замин ҷойгир шуда буд. Ҷоҳ ба канали вентилятсионии бо сангҳои базалтӣ печонида шуда, пайваست карда шуда буд. Ҳавои хунук аз ҳисоби кашиши ҷараёни табиӣ ба толори театр баромада дар он ҷо зерӣ ҳар як ҷойи нишаст тақсим мешуд. Ин мисолҳо нишон медиҳанд, ки фароҳам овардани шароити бароҳат ҳамеша инсонро ба худ ҷалб мекард. Бо вучуди ин пешрафтҳои асосӣ дар ташкили техникаи сунъии иқлим дар раванди рушди истехсолоти саноатӣ ба даст оварда шуданд. Аммо, инқилоби техникии дар асри XIX оғоз ёфта, тасаввуроти одамонро дар бораи иқлим зуд тағйир дод. Ҷолиб он аст, ки калимаи “кондитсионер” бори аввал дар соли 1815 эълон шудааст. Махсусан ҳамон вақт Жан Шабаннеси фаронсавӣ патенти бритониёиро барои усули “муътадилкунии ҳаво ва танзими ҳарорат дар манзилҳои истиқоматӣ ва дигар биноҳо”-ро гирифт. Аммо татбиқи амалии ин идея вақти зиёдро талаб кард.

Кондитсионер (аз калимаи англисии *conditioner*) - дастгоҳест барои нигоҳ доштани шароити муътадили иқлимӣ дар биноҳо, воситаҳои нақлиёт ва дигар таҷҳизот таъин шудааст. Тибқи як назарияи маъмул, аввалин кондитсионер соли 1902 дар шаҳри Нью-Йорк Иёлоти Муттаҳидаи Америка, дар ҷопхонаи Бруклин пайдо шудааст. Чизи аз ҳама аҷиб ин аст, ки аввалин кондитсионер на барои фароҳам овардани муҳити муътадили гуворо барои коргарон, балки барои мубориза бо намӣ ки сифати ҷопро ба таври назаррас коҳиш дода буд, тарҳрезӣ шудааст [1 – 3]

Дар тобистон, ҳангоми ҳарорати баланд ва намӣ дар шароити тағйирёбии доимии онҳо дар раванди ҷоп ба даст овардани рангузаронии баландсифат ғайриимкон буд. Муҳандиси ширкати Буффало Виллис Ҳавиланд Карриер, аппаратеро таҳия кард, ки хунук ва хушккунии ҳаворо мунтазам то дараҷаи 55% таъмин мекард ва он дастгоҳи худро “аппарати коркарди ҳаво” номид.

В.Х. Карриер соли 1901 дар озмоишгоҳи тадқиқотии ширкати Buffalo Forge, ҳамчун истехсолкунандаи пешбари гармкунакҳои вентиляторӣ ба қор қабул карда шуд. Пас аз як сол, ба масъалаи нигоҳ доштани шароити ҳарорат ва намӣ барои ҷопи ранга дар қорҳои типографӣ

машғул шуда дастгоҳи худро барои "коркарди" ҳаво - моҳиятан ҳамчун камераи обпошӣ - таҳия кард.

Аз рӯи навиштаҷоти таърихӣ, дар охири тирамоҳи соли 1901 В.Х. Карриер дар истгоҳи роҳи оҳан мунтазири омадани поезд меистод. Ҳарорати ҳаво тақрибан 1°C буд ва тамоми истгоҳи роҳи оҳанро тумани ғафс фаро гирифта буд. Карриер пайдоиши туманро бо ҳарорати ҳаво алоқаманд намуда фикр кард, ки шароити монандро барои назорат ва идора кардани ин раванд дар таҷҳизоти муҳандисӣ ташкил диҳад. Ў аз ҳисоби тағйир додани ҳарорати оби пошидашуда ба ҷараёни ҳаво ва таъсири намӣ ба серии ҳаво, муваффақ шуд. Хунуккунӣ ва хушк кардани ҳаво дар як дастгоҳ имконият дод, ки ҳарорат ва намии нисбии ҳаво дар биноҳои истеҳсолии ширкати наشري китоб "Sackett & Wuhelms" дар Бруклин назорат ва сифати чопи чорранга таъмин карда шавад. Ин ихтироъ ва дар навбати худ 17 июли соли 1902 ҳамчун санаи муаррифии агрегати коркарди ҳаво нуқтаи гардиш дар рушди саноати кондитсионерсозӣ ҳисобида мешавад.

Пас аз як сол, ашрофони аврупоӣ ба шаҳри Кёлен ташриф оварда, боздид аз театри маҳаллиро вазифаи худ ҳисобиданд. Ғайр аз ин, таваҷҷуҳи тамошобинонро дар театр на танҳо (ва на он қадар зиёд) намоиши як гурӯҳи доимии эҷодии актёрҳо, сарояндагон ва мусиқчиён, балки хунукии форами ҳавои дар толор ҳукмрон буда, ки дар моҳҳои гармтарин - дар театр кондитсионер кор мекард, ба вучуд овард.

Дар солҳои 1902-1903 Карриер таҳқиқоти худро дар соҳаи хушккунии ҳаво идома дод ва оиди ҷаббиши намӣ бо истифода аз маҳлулҳои оби хлориди калсий кор кард. Соли 1906 ӯ барои дастгоҳи худ "коркарди" ҳаво патенти ИМА гирифт.

Соли 1908 В.Х. Карриер вобастагҳои асосии "Формулаҳои психометрии оқилона"-ро барои ҳисобҳои муҳандисии равандҳои муътадилгардонии ҳаво пешниҳод кард ва инчунин диаграммаи психометриро таҳия кард, ки дар Осорхонаи ширкати Буффало нигоҳ дошта мешавад. Ин маводҳо соли 1911 дар шакли ду мақолаи хаттӣ ба Ҷамъияти муҳандисон - механикони Амрико пешниҳод карда шуданд.

Кӯшишҳои ширкат ба таҳияи ҳамаи қисматҳои системаи муътадилгардонии (кондитсионеронии) ҳаво, аз ҷумла таҷҳизоти хунуккунӣ равона карда шуд. Ҳамин тариқ, дар соли 1921 турбо-компрессори хунуккунӣ таҳия гардид.

Истилоҳи кондитсионеронии ҳаво, яъне "муътадилгардонии ҳаво" соли 1906 аз ҷониби муҳандис Стюарт Крамер пешниҳод шудааст, ки ин мафҳумро бо истеҳсоли маҳсулоти кондитсионӣ алоқаманд кард. Ў дастгоҳи Карриерро барои ташкили дигар шароитҳои микроклим, ба монанди сатҳи устувори намӣ, ки технологияи истеҳсолоти насосҷӣ талаб мекунад, истифода бурд.

Такони минбаъда барои рушди техникаи кондитсионеронии ҳаво тараққиёти босуръати чунин соҳаҳо, ба монанди мошинсозӣ, саноати радиотехника ва ғайра гардид. Алақай соли 1908 на танҳо коркарди гармӣ ва намии ҳаво, балки зарурати тозакунии он аз ҷанг ва дигар олудаҳои азрозоӣ ба амал омад. Ин боиси пайдоиши мафҳуми системаи кондитсионеронии (муътадилгардонии) ҳаво (СКХ), яъне занҷири пайдарпайи технологияи дастгоҳҳои коркарди ҳаво гардид.

Тафсири муосири системаи кондитсионеронии (муътадилгардонии) ҳаво (СКХ), ҳамчун системае, ки барои ташкил ва нигоҳдории автомати параметрҳои дилҳои ҳаво тарҳрезӣ шудааст, аз соли 1920 вучуд дорад. Аз ин вақт дар ИМА, Ҷопон ва Олмон аввалин таҷҳизоти автомати кондитсионеронии ҳаво (КХ) дар нақлиёт (дар киштиҳои баҳрӣ, қатораҳо), системаи кондитсионеронии ҳавои (СКХ) таъйиноти бароҳат (дар синамоҳо, меҳмонхонаҳо, беморхонаҳо ва ғайра) пайдо шуданд.

Соли 1921 турбокомпрессор бо истифода аз дихлорэтилен сохта шуд, ки имкон дод лоиҳаҳои системаи кондитсионеронии (муътадилгардонии) ҳаво бо иқтидори баланд амалӣ карда шаванд. Такмилдиҳии дастгоҳҳои миёна ва хурд (аз ҷумла автономӣ) танҳо дар соли 1930 пас аз кашфи фреони дифтормонохлорметан 12 аз ҷониби Томас Мидгли имконпазир гардид. Аввалин кондитсионери автомобилӣ бо иқтидори хунуккунии 370 Вт аз ҷониби фирмаи Kelvinator Co соли 1930 сохта шуда, дар мошини Кадиллак насб карда шуд.

Насли қадимаи ҳамаи сплит-системаҳои муосир ва назди тирезагӣ аввалин кондитсионери хучравӣ ҳисобида шуд, ки ширкати General Electric соли 1929 истеҳсол намудааст. Азбаски дар ин таҷҳизот аммиак ҳамчун агенти хунуккунӣ истифода шуда буд ва буғи он барои саломатии инсон хатарнок буд, компрессор ва конденсатори кондитсионер берун аз бино ҷойгир карда шуд. Дар асл, ин таҷҳизот як сплит-системаи ҳақиқӣ буд!

Аммо, аз соли 1931 сар карда, вақте ки фреон ҳамчун моддаи беҳатар барои организми инсон синтез карда шуд, тарҳкашон чамъ кардани ҳамаи ҷузъҳо ва васлкуниҳои кондитсионерро дар як корпус фикри хуб ҳисобиданд. Ҳамин тавр аввалин кондитсионерҳои тирезагӣ пайдо шуданд, ки наслҳои дури онҳо то ҳол бомуваффақият кор мекунанд. Ғайр аз ин, дар Иёлоти Муттаҳида, Амрикои Лотинӣ, Ховари Миёна, инчунин Тайван, Ҳонконг, Ҳиндустон ва аксари кишварҳои Африқо, кондитсионерҳои тирезагӣ то ҳол маъмултарин намуди кондитсионер мебошанд.

Сабабҳои муваффақияти онҳо равшананд: онҳо тақрибан ду маротиба арзонтар аз сплит-системаҳои аз рӯи иқтидор монанд буда ва насби онҳо малакаҳои махсус ё асбобҳои гаронбаҳоро талаб намекунад.

Ҳавохунуккунакҳои истеҳсоли ширкати General Electric (солҳои 1930) дар офисҳо ё биноҳои истиқоматӣ гузошта шуда, бо корпуси ҷубии ба радио монанд оро дода мешуданд. Азбаски ин кондитсионерҳо бо аммиаки захролуд кор мекарданд, агрегати компрессорӣ - конденсаторӣ бо сабаби беҳатарӣ дар беруни бино ҷойгир карда шуданд. Дар асл, ин аввалин системаи тақсимшуда (сплит-система) буд.

Аз соли 1946 истифодаи тарҳҳои насосӣ-гармидиҳӣ шуруъ гардида, кондитсионерҳо бо таҷҳизоти хунуккунии ҷаббанда бо гармкунии газӣ ва компрессорҳои фреонии герметикӣ пайдо шудаанд.

Соли 1961, як рӯйдоде ба амал омад, ки рушди минбаъдаи системаҳои кондитсионери маишӣ ва нимсаноатиро ба таври назаррас, яъне оғози истеҳсоли оммавии кондитсионерҳои сплит-системаро муайян кард. Аз ин сол саркарда, вақте ки ширкати ҷопонии Toshiba бори аввал истеҳсоли оммавии кондитсионери ба ду агрегат тақсим шударо ба роҳ монд, маъруфияти ин намуди таҷҳизоти иқлимӣ мунтазам афзоиш ёфт. Аз сабаби он, ки қисми баландовози кондитсионер - компрессор ҳоло дар беруни ҷойгир шудааст, дар биноҳои бо кондитсионерҳои сплит-система мучаҳҳазонида шуда нисбат ба биноҳои дорои тиреза хеле ором ва шиддати садо ба таври назаррас коҳиш ёфтааст! Боз як бартарии бузург имконияти ҷойгир кардани агрегати дохилии кондитсионери сплит-система дар ҳама ҷое, ки қулай аст, мебошад.

Бо мурури замон, усулҳои идоракунии кондитсионер беҳтар шуданд. Ҳалли масъалаи сарфаи энергия гузаришро аз танзими сифатӣ (системаҳо бо ҳосилнокии доимии ҳаво) ба танзими миқдорӣ (системаҳо бо ҳосилнокии тағйирёбанда) зарур гардонид. Дар солҳои 1980-ум, як усули комилан нави идораи компрессори системаҳои инверторӣ аз ҳисоби тағйир додани басомади ҷараёни таъминоти барқӣ таҳия карда шуд. Талаботҳои экологӣ ба зарурати иваз намудани фреонҳои таркиби фтор хлордорро ба маводи кории агентҳои хуноки алтернативии - R 407 с, R 134 а ва R 410 а (омехтаҳои фреонҳои R 32, R 125 ва R 134), ки дорои потенциали сифрии вайронкунандаи қабати озон мебошанд, оварда расонид.

Имрӯзҳо, лоиҳаҳои кондитсионеронии (муътадилгардонии) ҳавои биноҳо одатан дар марҳилаи тарроҳии меъморӣ таҳия карда мешаванд. Концепсияҳо ба монанди "Биноҳои интеллектуалӣ" ва "Биноҳои сабз" бо истифодабарии пурраи потенциали муҳити зист (ҳавотозакунӣ, равшании табиӣ, хунуккунии бухоршаванда, энергияи офтоб ва ғайра) фаъолона таҳия карда мешаванд.

Кондитсионеронии (муътадилгардонии) ҳаво аз ҷониби Академияи миллии муҳандисии Америка (АММА - NAE) ҳамчун яке аз муҳимтарин технологияҳои асри гузаштаи XX дар байни 105 технологияе, ки барои унвони "Технологияи аср" пешниҳод шудаанд, эътироф шуда ва дар ҷои 10-ум қарор дорад.

Дар изҳороти АММА чунин омадааст: "Муътадилгардонии ҳаво ва технологияҳои хунуккунӣ дар айни замон технологияҳои маъмулии оддӣ васеъ паҳн гардида буда, онҳо ба афзоиши назарраси ҳосилнокии меҳнати коргарон ва иқтисодиёт оварда расониданд. Ин

технологияҳо шароити бароҳати зиндагӣ ва меҳнат ва кори самаранокро барои одамон дар кишварҳо ва минтақаҳо, ки иқлими гарм ва намнок доранд, фароҳам оварда ба тақсимот ва нигоҳдории маҳсулоти хӯрокворӣ таъсири амиқ расонидаанд, шароити устувори кори қисматҳои ҳассосро, ки асоси технологияи иттилоотиро ташкил медиҳанд, таъмин кардаанд".

Имрӯз, саноати кондитсионерсозӣ яке аз соҳаҳои босуръат рушдбанда мебошад. Таваҷҷуҳи доимиро ба кондитсионеронии (муътадилгардонии) ҳаво мавҷудияти ду комиссия Е1 ва Е2 дар таркиби Институти байналмилалӣи хунук (қароргоҳаш дар Париж), инчунин конфронсиҳои илмӣ, симпозиумҳо ва намоишгоҳҳои ҳамасола тасдиқ мекунанд.

Масъалаҳои асосӣ, ки вазифаҳои кондитсионеронии (муътадилгардонии) ҳаворо дар асри XXI муайян мекунанд, ин сифати ҳавои дохили бино (мушкилоти IAQ Indoor Air Quality меноманд) ва сарфаи энергия буда, таъмини сифати ҳаво бошад бо назардошти бад шудани экологияи муҳити зист яке аз афзалиятҳои бебаҳс аст.

Адабиёт

1. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х ч. Под ред. И. Г. Старовойта. // Авт.: В. Н. Богословский, И. А. Шепелев, В. М. Эльтерман и др. Изд. 2-е перераб. и доп. Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. — Москва: Стройиздат, 1977—502с.(Справочник проектировщика), С. 126. — УДК 697.9.001.2(031)

2. Стефанов Е. В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. — СПб.: АВОК «Северо-Запад», 2005. — 391.: ил. — УДК 697.9 (075.8)

3. Богословский В. Н., Кокорин О. Я., Петров Л. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. — М.: Стройиздат, 1985. — 367 с.

ПОЯВЛЕНИЕ ПЕРВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ И СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

С.Ю. Азизов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье рассматривается история появления первых кондиционеров и систем кондиционирования воздуха.

Ключевые слова: кондиционер, система, кондиционирование, охлаждение, влажность, воздух, компрессор, фреон, сплит-система.

THE EMERGENCE OF THE FIRST AIR CONDITIONERS AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

S.U. Azizov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article examines the history of the first air conditioners and air conditioning systems.

Keywords: air conditioner, system, air conditioning, cooling, humidity, air, compressor, freon, split system.

Сведения об авторе

Азизов Юсуф Самиевич — к.т.н., доцент кафедры технологии и оборудования текстильной промышленности Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. E-mail: usuf60@mail.ru;

УДК 004.934.2

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПОЗНАВАНИЯ ТАДЖИКСКОЙ РЕЧИ В МОБИЛЬНЫХ И ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ: КРОССПЛАТФОРМЕННЫЙ ПОДХОД

¹Б.Х. Ашурзода, ²А.С. Бобоев

(¹ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ²Университет инновации и цифровых технологий Таджикистана)

Аннотация. В статье рассматривается задача распознавания таджикской речи и её интеграция в мобильные и веб-приложения с использованием кроссплатформенных технологий. Проведен обзор существующих методов и моделей распознавания речи, выделены особенности таджикского языка, рассмотрены возможности использования математических моделей (акустической и языковой). Предложена архитектура системы кроссплатформенного распознавания речи, а также приведены результаты экспериментов. Работа ориентирована на развитие национальных технологий обработки речи и их внедрение в сферу цифровых сервисов.

Ключевые слова: распознавание речи, таджикский язык, кроссплатформенные технологии, мобильные приложения, веб-приложения, математическая модель.

Введение

Развитие технологий искусственного интеллекта, машинного обучения и обработки естественного языка привело к широкому внедрению систем автоматического распознавания речи (АСР). Сегодня такие системы используются в поисковых сервисах, голосовых помощниках, системах «умного дома», банковских и образовательных приложениях. Однако для многих национальных языков, включая таджикский, полноценные решения остаются недостаточно развитыми.

В условиях цифровизации экономики Таджикистана возникает потребность в разработке систем распознавания речи на национальном языке, что позволит расширить доступ граждан к государственным услугам, образовательным ресурсам и современным технологиям. Важным направлением является создание кроссплатформенных решений, обеспечивающих работу как на мобильных устройствах, так и в веб-приложениях.

Целью настоящего исследования является разработка и описание подхода к интеграции технологий распознавания таджикской речи в мобильные и веб-приложения с использованием кроссплатформенных средств [1 – 6].

Обзор существующих технологий распознавания речи

Классические методы распознавания речи строились на основе вероятностных моделей, таких как **скрытые марковские модели (HMM)** и **смеси гауссовых распределений (GMM)**. Эти методы позволяли эффективно моделировать последовательности акустических признаков и учитывать вариативность речи.

С развитием вычислительных мощностей и больших данных появились **нейросетевые подходы**:

- **RNN (Recurrent Neural Networks)** и **LSTM** применяются для обработки последовательностей признаков;
- **CNN (Convolutional Neural Networks)** используются для анализа спектрограмм;
- **Transformer-модели** (например, wav2vec 2.0, Whisper) обеспечивают высокую точность благодаря механизмам внимания.

Среди готовых решений можно выделить:

- **Kaldi** — инструмент для построения HMM/DNN-моделей;
- **Vosk** — библиотека для встраивания локального распознавания речи;
- **DeepSpeech (Mozilla)** — реализация на основе рекуррентных сетей;
- **Whisper (OpenAI)** — универсальная модель на базе Transformer.

Для таджикского языка основными проблемами являются:

- недостаток размеченного речевого корпуса;
- сложная морфология и богатая система словоформ;
- влияние диалектов и акцентов.

Математическая модель распознавания речи

Задача распознавания речи формализуется как поиск наиболее вероятной последовательности слов (W^*) по заданному акустическому сигналу (X):

1. Основная задача распознавания речи:

$$W^* = \arg \max_W P(W | X)$$

2. По формуле Байеса:

$$P(W | X) = \frac{P(X | W) \cdot P(W)}{P(X)}$$

3. Упрощение (так как $P(X)$ не зависит от W):

$$W^* = \arg \max_W P(X | W) \cdot P(W)$$

Здесь:

- $(P(X|W))$ — **акустическая модель**, описывающая вероятности появления последовательности признаков при произнесении слов;
- $(P(W))$ — **языковая модель**, определяющая вероятность слов в данной последовательности.

Для таджикского языка акустическая модель может строиться на основе **спектральных признаков** (например, MFCC, PLP), а языковая модель — на базе **биграмм и триграмм**. В современных подходах вероятности моделируются нейросетевыми архитектурами, такими как **DNN, LSTM, Transformer**.

Кроссплатформенные технологии и их роль

Современные системы разработки предоставляют возможность реализации кроссплатформенных приложений:

- **Flutter** (Dart) — удобен для мобильных и веб-приложений;
- **React Native** (JavaScript/TypeScript) — интеграция с существующими сервисами;
- **.NET MAUI** — единый код для Android, iOS и Windows.

Распознавание речи может интегрироваться двумя способами:

1. **Локально**, через встроенную библиотеку (например, Vosk).
2. **Удалённо**, через серверную API (REST, WebSocket).

Архитектура предлагаемого решения

Система кроссплатформенного распознавания речи включает следующие этапы:

1. Речевой ввод (микрофон устройства).
2. Предобработка (шумоподавление, нормализация).
3. Извлечение признаков (MFCC).
4. Работа математической модели (HMM/DNN).
5. Декодирование и формирование текста.
6. Передача результата в мобильное или веб-приложение.
- 7.

Таблица - Эксперименты показали

№	Название текст	Диктор	Количество слов	Распознании слов		Распознании слов с ошибкой		Не распознании слов	
1.	Эмомалӣ Раҳмонов: Соле, ки ба қарнҳо баробар аст Абдуфаттоҳ Шарипов Садриддин Шамсиддинов	Ж	145	91	62,7%	45	31,0%	9	6,2%
		М		85	58,6%	47	32,4%	13	8,9%
2.	Қуръон бо забони тоҷики	Ж	156	98	62,8%	50	32,0%	8	5,1%
		М		86	55,1%	49	31,4%	21	13,4%
3.	Таърихи халқи тоҷик Нозим Ҳ.	Ж	170	107	62,9%	53	31,1%	10	5,8%
		М		99	58,2%	54	31,7%	17	10,0%
4.	Сулҳ Эмомали Раҳмон	Ж	189	113	59,7%	61	32,2%	15	7,9%
		М		108	57,1%	59	31,2%	22	11,6%
Итог:		Ж	660	409	61,9%	209	31,7%	42	6,3%
		М		378	57,2%	209	31,7%	73	11,1%

Особое внимание уделяется **оптимизации моделей** для мобильных устройств:

- квантизация весов нейросети;
- сокращение параметров (model pruning);

- использование ускорителей (GPU/NNAPI).

Экспериментальная часть

В качестве корпуса таджикской речи использовались записи, включающие более 50 часов дикторских и спонтанных данных.

Результаты и обсуждение

Результаты демонстрируют, что кроссплатформенный подход позволяет обеспечить универсальность и доступность систем распознавания таджикской речи. Локальная реализация более устойчива к сетевым проблемам, но требует оптимизации модели. Серверное решение более гибкое, однако зависит от качества интернет-соединения.

Возможные сферы применения:

- государственные онлайн-сервисы;
- системы образования (голосовые тесты, диктанты);
- бизнес-приложения (чат-боты, голосовые помощники).

Заключение

В работе рассмотрены методы и модели распознавания таджикской речи, предложен кроссплатформенный подход к их реализации в мобильных и веб-приложениях. Разработанная архитектура и проведённые эксперименты показывают перспективность данного направления.

Перспективы будущих исследований включают:

- расширение речевого корпуса таджикского языка;
- разработку диалоговых систем и голосовых помощников;
- интеграцию синтеза речи для двустороннего взаимодействия.

Литература

1. Rabiner L., Juang B. Fundamentals of Speech Recognition. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993. – 507 p.
2. Povey D. et al. The Kaldi Speech Recognition Toolkit // IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop (ASRU). – 2011. – P. 1–6.
3. Baevski A. et al. wav2vec 2.0: A Framework for Self-Supervised Learning of Speech Representations // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2020. – P. 12449–12460.
4. Radford A. et al. Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision. – OpenAI, 2022. – 68 p.
5. Каюмов, М. М. О цифровом портрете текстовой информации, основанном на частотности знаков пунктуации / М. М. Каюмов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 1(45). – С. 20-23. – EDN KZFCVH.
6. Каюмов, М. М. О распознавании автора текста на основе частотности $\alpha\beta$ - кодов словоформ / М. М. Каюмов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2(50). – С. 29-36. – EDN VEVGLV.

ТАТБИҚИ ТЕХНОЛОГИЯҲОИ ШИНОХТИ НУТҚИ ТОЧИҚӢ ДАР БАРНОМАҲОИ МОБИЛӢ ВА ВЕБ: РАВИШИ БАЙНИПЛАТФОРМАВӢ

¹Б.Х. Ашурзода, ²А.С. Бобоев

(¹ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ²Донишгоҳи инноватсия ва технологияҳои рақамии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Ин мақола мушкилоти шинохти нутқи тоҷикӣ ва ҳамгироии он ба барномаҳои мобилӣ ва веб бо истифода аз технологияҳои кросс-платформаро баррасӣ мекунад. Дар он усулҳо ва моделҳои мавҷудаи шинохти нутқ таҳлил карда, хусусиятҳои хоси забони тоҷикӣ нишон дода шуда, имкониятҳои истифодабарии моделҳои математики (акустики ва лингвистӣ) таҳқиқ карда мешавад. Меъморӣ системаи шинохти нутқи байниплатформавӣ пешниҳод карда мешавад ва натиҷаҳои таҷрибавӣ пешниҳод карда мешаванд. Ҳадафи ин кор таҳияи технологияҳои миллии коркарди нутқ ва татбиқи онҳо дар хидматҳои рақамӣ мебошад.

Калидвожаҳо: шинохти нутқ, забони тоҷикӣ, технологияҳои кросс-платформа, замимаҳои мобилӣ, замимаҳои веб, модели математикӣ.

APPLYING TAJIK SPEECH RECOGNITION TECHNOLOGIES IN MOBILE AND WEB APPLICATIONS: A CROSS-PLATFORM APPROACH

¹B.Kh. Ashurzoda, ²A.S. Boboev

(¹TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan, ²University of Innovation and Digital Technologies of Tajikistan)

Abstract. This article examines the problem of Tajik speech recognition and its integration into mobile and web applications using cross-platform technologies. It reviews existing speech recognition methods and models, highlights the specific features of the Tajik language, and explores the potential of using mathematical models (acoustic and linguistic). An architecture for a cross-platform speech recognition system is proposed, and experimental results are presented. This work aims to develop national speech processing technologies and implement them in digital services.

Keywords: speech recognition, Tajik language, cross-platform technologies, mobile applications, web applications, mathematical model.

Сведения об авторах

Ашурзода Баҳром Хайриддин - к.т.н., старший преподаватель, ТТУ имени академика М.С. Осими

Бобоев Ахмаджон Сафаралиевич - старший преподаватель Университет инновации и цифровых технологий Таджикистана

ТЕХНОЛОГИИ ХИМИИ В МЕТАЛЛУРГИИ - ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И
МЕТАЛЛУРГИЯ - CHEMICAL ENGINEERING AND METALLURGY

УДК 541.64:543.422.2

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЛИСТЬЕВ РЕПЕЙНИКА (ARCTIUM TOMENTOSUM MILL.) И
ПОДОРОЖНИКА ЛАНЦЕТНОГО (PLANTAGO LANCEOLATA. L) ПРИ
РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ РАДИАЦИОННОГО ФОНА**¹Р.А. Султонов, ¹С.Дж. Юсуфи, ¹У.Р. Раджабов, ²Ш.А. Мингбоев, ²Х.К. Махкамов
¹ГОУ «ТГМУ им. имени Абуали ибни Сино», ²НОУ «Институт промышленности и сервиса»

Аннотация. Различные растения поглощают радиацию по-разному; кроме того, радионуклиды накапливаются в растениях и, очевидно, воздействуют на процессы структурообразования изнутри. Количество накопленных радионуклидов в растениях зависит от типа почвы и степени загрязнённости места произрастания. Известно также, что радиация воздействует на растения на клеточном уровне, что сопровождается деструкцией молекул. Методом ЭПР-спектроскопии изучена вращательная подвижность нитроксильного радикала и свойства дикорастущих лекарственных растений — репейника (*Arctium tomentosum* Mill.) и подорожника ланцетного (*Plantago lanceolata* L.).

Ключевые слова: подорожник ланцетный, репейник, ЭПР-спектроскопия, спиновые метки, лекарственные растения, листья, молекулярная динамика, *Arctium tomentosum*, *Plantago lanceolata*.

Введение

В настоящее время изучение парамагнитных характеристик объектов растительного происхождения представляет не только научный, но и практический интерес, поскольку позволяет получить важную информацию о механизмах структурообразования веществ в составе растений.

Воздействие радиации на растения зависит от величины поглощённой дозы. Лекарственные растения в настоящее время являются ценным средством для лечения и профилактики хронических заболеваний. Важным преимуществом большинства растений является их низкая токсичность. Кроме того, считается, что наибольшей эффективностью обладают лекарственные растения, произрастающие в экологически чистых условиях.

Однако из литературных данных известно, что наиболее чувствительными к радиационному воздействию являются дикорастущие растения, в том числе репейник и подорожник ланцетный.

Целью данной работы является количественный анализ ЭПР-спектров спин-меченых образцов и изучение спектроскопических свойств листьев подорожника ланцетного и репейника при различных уровнях радиационного фона.

В работе представлены результаты ЭПР-спектроскопического исследования листьев и стеблей дикорастущего подорожника ланцетного (ПЛ), собранного в различных районах (Гафуров, Исфара, Спитамен), в зависимости от места произрастания.

Приведены ЭПР-спектры стабильного нитроксильного радикала (I) в этаноловом растворе с концентрацией 4×10^{-3} моль/л и временем корреляции $\tau_c < 10^{-7}$ с, а также спектры спин-меченого лекарственного растения девясила высокого при воздействии перекиси водорода (ПВ) различных объёмных концентраций.

Как видно из рис. 1, с увеличением концентрации перекиси водорода в спектрах ЭПР наблюдается уширение линий между компонентами, что свидетельствует о снижении подвижности (заторможенности) спиновой метки. Это указывает на структурные изменения в

исследуемых образцах, сопровождающиеся изменением вращательной диффузии радикала и усилением межмолекулярных взаимодействий.

ЭПР-спектры листьев и стеблей подорожника из различных мест произрастания представлены на рис. 1. При комнатной температуре спектры характеризуются синглетным сигналом с шириной линии $\Delta H_0 = 39\text{--}51$ Гс. Интенсивность сигнала от листьев значительно выше, чем от стеблей. Спектральные параметры ЭПР-сигнала для листьев и стеблей приведены в табл. 1. Образцы были собраны в районах Гафурова, Исфара и Спитамена. По полученным данным установлено, что наибольшая интенсивность сигнала J_0 наблюдается у образцов из Спитамена (рис. 1). В зависимости от места произрастания ширина линии ΔH_0 варьирует от 37,2 до 48 Гс, что свидетельствует о различной степени стабильности и устойчивости радикальных центров в составе исследуемых растений.

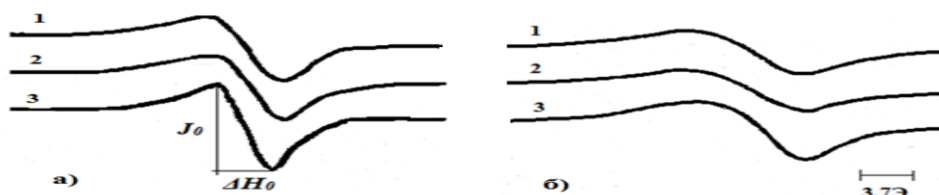


Рисунок 1. ЭПР-спектры подорожника: 1– Гафуров; 2– Исфара; 3– Спитамен; а) – листья; б) – стебли

В зависимости от места произрастания, в таблице 1 приведены сравнительные данные о количестве парамагнитных центров в сухих образцах составных частей подорожника ланцетного (ПЛ) при комнатной температуре. Определение наличия парамагнитных центров проводилось для установления влияния места произрастания составных частей ПЛ на их структурные и физико-химические свойства.

Таблица 1 - Параметры спектров ЭПР составных частей подорожника при комнатной температуре

№	Название составных частей	Место сбора образцов					
		Гафуров		Спитамен		Исфара	
		J_0 , мм	ΔH_0 , мм	J_0 , мм	ΔH_0 , мм	J_0 , мм	ΔH_0 , мм
1	Листья	38	29	51	32	43	33
2	Стебли	22	39	30	31	26	37

Таблица 2 - Сравнительные данные о количестве парамагнитных центров в составных частях подорожника ланцетного ПЛ в зависимости от места произрастания

№	Место сбора образцов	Количество свободных радикалов $C_R \cdot 10^{12}$, спин/мг	
		Листья	Стебли
1	г. Гафуров	43.7	23.5
2	Спитаменский район	45.3	24.8
3	г. Исфара	25.5	19.8

Полученные результаты свидетельствуют о том, что место произрастания подорожника ланцетного (ПЛ) оказывает существенное влияние на накопление биохимических продуктов жизнедеятельности растения и формирование структуры его органов.

В связи с анизотропией сверхтонкого взаимодействия и g-фактором, а также из-за невозможности разделения сигналов от радикалов различной химической природы, при исследовании парамагнитных центров растений возникают трудности расшифровки ЭПР-спектров, связанные с близкими значениями магнитно-резонансных параметров. Для определения молекулярно-динамических параметров и конформации молекул целесообразно применять методы спиновых меток и зондов.

В качестве объектов исследования были выбраны листья репейника, собранные в местах с различным уровнем радиационного фона и модифицированные спиновой меткой (I) согласно методикам [1-3].

На радиоспектретре РЭ-1306 в стандартных молибденовых ампулах с внутренним диаметром 3,0 мм снимались спектры, в которые помещали по 30 мг спин-меченого образца при комнатных условиях. На рис. 2 представлены ЭПР-спектры спин-меченых образцов листьев репейника. Как видно из рисунка с повышением радиационного фона проникновение спин-метки (R) в образцы уменьшается (кривая г). С помощью уравнения

$$R_{обр} = R_{эт} \frac{h_{обр} (\Delta H_{обр})^2}{h_{эт} (\Delta H_{эт})^2} \quad (1)$$

вычислена концентрация спин-меток путём сравнения интенсивностей спектров образца и эталонного водно-глицеринового раствора радикала (I) при 77 К.

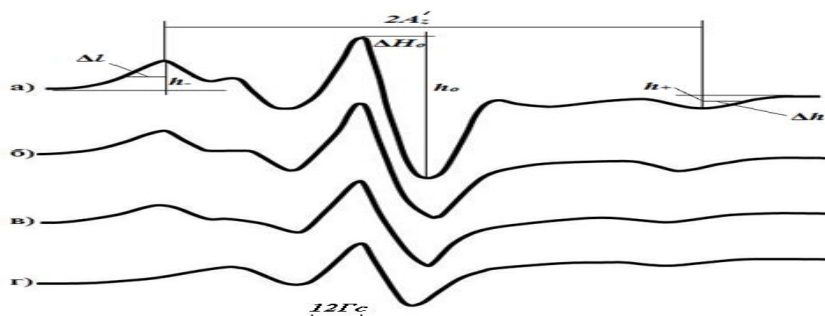


Рисунок 2. ЭПР-спектры спин-меченых листьев репейника в зависимости от радиационного фона места произрастания в мкЗв/час: а) 0.2, б) 0.7, в) 2.7, г) 8.4

Из рис. 2 видно, что ЭПР-спектры радикалов листьев репейника при слабом радиационном фоне зависят от степени заторможенности радикалов. Свободные радикалы вращаются быстрее, так как в структуре листьев присутствуют жёсткие упорядоченные и неупорядоченные области. Радикал же с очень низкой подвижностью вращается слабо, что, вероятно, объясняется наличием микропустот в структуре растения, куда нитроксильный радикал проникает в первую очередь.

Внешняя форма ЭПР-спектров образцов из разных мест произрастания идентична, однако с увеличением уровня радиационного фона интенсивность сигнала уменьшается, а при мощностях выше 8,4 мкЗв/час сигнал полностью исчезает. Вероятнее всего, это происходит в результате реакции рекомбинации с активными радикалами.

На рис. 3 представлена зависимость количества гидроксильных групп от числа присоединившихся спин-меток к молекулам репейника. Видно, что между этими параметрами существует линейная зависимость. Это указывает на то, что в результате изменений структуры растения под действием радиационного фона и уменьшения числа групп, способных к присоединению радикала, параллельно сокращается число участков или групп молекул, которые могут служить местом присоединения радикала в процессе его диффузионного внедрения в образец.

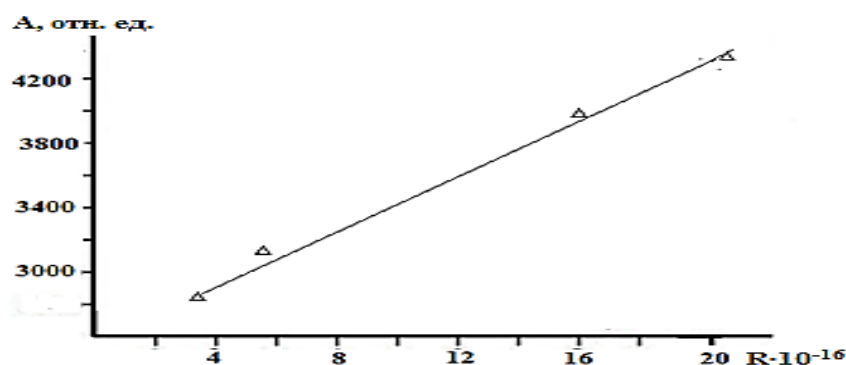


Рисунок 3. Зависимость интегральной интенсивности гидроксилных групп от количества присоединившихся спин-меток (R)

Возможно, для радикала эти участки недоступны в силу уменьшения количества гидроксильных групп и парамагнитных центров в структуре растений. Концентрацию спиновых меток можно оценить по вкладу диполь-дипольного взаимодействия между спиновыми нитроксильными метками в форму ЭПР-спектров. С увеличением радиационного фона местности повышается подвижность меток и уменьшается микророжѣсткость матрицы.

Оценка частот и активационных параметров вращения спин-меток модифицированных растений позволяет определить, как радиационный фон влияет на молекулярно-динамические свойства растений. Время корреляции вращений τ_c спин-меток определяется по относительным изменениям спектрального параметра $2A'_{zz}$ с помощью уравнения (13) [5], которое применимо для изотропного вращения нитроксильного фрагмента спиновой метки по механизму броуновской диффузии. Однако реальное вращение фрагмента спиновой метки в матрице репейника может быть анизотропным. Выбор модели вращения в рамках данных ЭПР в трёхсантиметровом диапазоне представляет собой сложную и во многих случаях трудно решаемую задачу.

Как показано в [5–10], существует прямая пропорциональность между теоретически рассчитанными значениями τ_c и значениями, заложенными в расчёт для анизотропного вращения. При исследовании образцов листьев репейника было установлено общее сходство ЭПР-спектров со всех точек сбора. Однако, как видно из рис. 3, при изменении параметров местности ЭПР-спектры для спин-меченых образцов отличаются друг от друга.

ЭПР-спектры спин-меченых образцов репейника при комнатной температуре представляют собой суперпозицию двух сигналов — от быстро и медленно вращающихся меток — и показывают значительную заторможенность вращательной подвижности спиновой метки с временем корреляции $\tau_c \leq 10^{-8}$ с. Это свидетельствует о неоднородности аморфных областей в образцах в местах присоединения метки и об изменениях системы меж- и внутримолекулярных водородных связей в области частот гидроксильных групп, что подтверждается данными ИК-спектроскопии.

На рис. 3 представлены ЭПР-спектры свободного НР (I) в спиртовом растворе (а), эталона (50% водно-глицериновый раствор НР) (б) и спин-меченых образцов репейника (в).

Как видно из рис. 4 а, в спектрах ЭПР спиртового раствора метки присутствует компонент I, что свидетельствует о высокой подвижности радикала и свободной вращательной подвижности с временем корреляции $\tau_c \leq 10^{-7}$ с.

ЭПР-спектр спин-меченого репейника имеет сильно заторможенный вид, что указывает на суперпозицию двух радикалов с разной вращательной подвижностью.

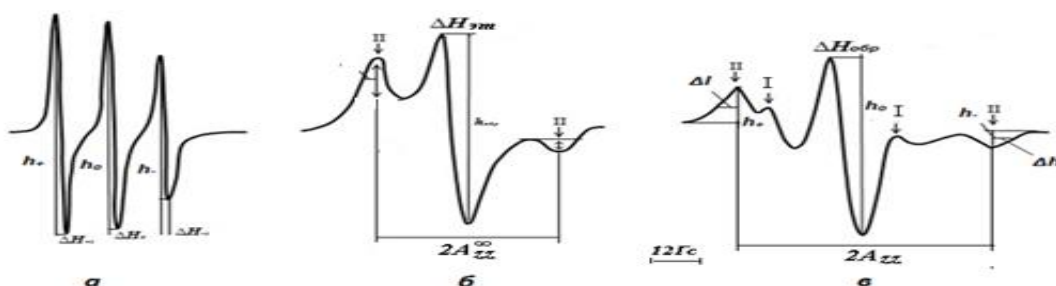


Рисунок 4. ЭПР-спектры: а- свободного нитроксильного радикала (I) в спиртовом растворе концентрации 0,004 моль/литр; б-эталона (50 % водно-глицериновый раствор при 77 К; в-спин-меченного листа репейника при 293К

Компонент спектра I относится к быстро вращающемуся радикалу, а компонент II — к медленно вращающимся компонентам. Из этих данных [11–15] были определены следующие параметры ЭПР-спектров спин-меченых образцов при комнатной температуре:

- $2A'_{zz}$ — расстояние между внешними экстремумами;
- Δl и Δh — полуширины линий в низком и высоком поле соответственно;

- h'/h — отношение амплитуд низкочастотных линий слабо иммобилизованных меток;
- ΔH_c — ширина линии центрального компонента спектра;
- а также времена корреляции τ_c .

Параметры ЭПР-спектров спин-меченых листьев репейника приведены в таблице 3 в зависимости от радиационного фона места произрастания. Для листьев репейника параметры ΔI и Δh изменяются в зависимости от радиационного фона (табл. 1), при этом параметры быстро и медленно вращающихся меток, относящиеся к быстро вращающемуся радикалу, указаны стрелками I на рис. 3.

Появление нового компонента сигнала ЭПР h'/h является особенно чувствительным и также относится к быстро вращающемуся радикалу (указано стрелками I на рис. 4).

Таблица 3 - Параметры ЭПР-спектров спин-меченых листьев репейника в зависимости от радиационного фона места произрастания. Радиоактивный фон в точках А, Б, С и Д указан в подписях под рис. 2

Место Произрастания	ΔI , Гс	Δh , Гс	ΔH_0 Гс	$2A'_z$, Гс	h'/h	$\tau_c \cdot 10^{-8}$ с	$R_{обр} \cdot 10^{16}$ спин/г
точка А	15	11.2	27	223	0.6	0.52	27
точка В	8.7	11	24.3	217	0.36	0.49	18
точка С	7.8	8.7	15	210	0.19	0.39	6.8
точка D	8.9	7.9	17.6	183	-	0.32	4.8

Примечание: $R_{обр}$ - количество присоединившихся спин-меток

На рис. 5 представлен график изменения относительного параметра h'/h в зависимости от уровня радиационного фона. Видно, что с ростом уровня фона параметр h'/h нелинейно уменьшается и в пределе стремится к нулю.

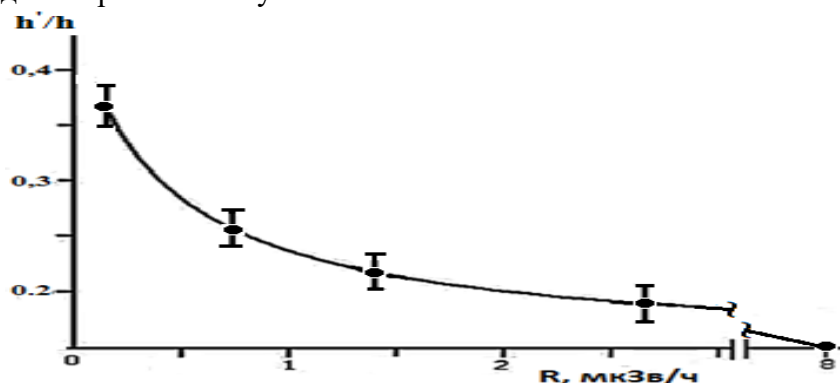


Рисунок 5. Зависимость параметра h'/h от радиационного фона места произрастания листьев репейника.

Заключение

Таким образом, на основании полученных результатов можно заключить:

Изменения ЭПР-параметров и появление сверхтонкой структуры листьев репейника и подорожника ланцетного зависят от радиационного фона и реакций активных радикалов. При повышенном радиационном фоне уменьшаются сигналы ЭПР и ширины компонент, отражая ускорение вращения меток и изменение подвижности молекул. Накопление парамагнитных центров зависит от места произрастания, экологического состояния среды и состава частей растения.

Литература

1. Садыкова А.Ш., Ходжаев Н.К., Орманов Т.Н., Дильбарханова Д.А. Влияние фитопрепарата лопуха гладкосемянного на морфологические изменения и содержание аскорбиновой кислоты в надпочечниках при воздействии циклофосфамида - Наука и мир 2014, 3, 3(7), 127-129.

2. Садыкова А.Ш., Ходжаев Н.К., Темирбеков А.Н., Дильбарханова Д.А. Влияние фитоадаптогена - сока листьев лопуха гладкосемянного на морфологические изменения тимуса при иммунодефиците, индуцированного циклофосфамидом - Наука и мир 2014, 1, 6(10), 20-22.
3. Содержания кислоты аскорбиновой и суммы кислот органических в сырье и густых экстрактах корня и листа лопуха большого - Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології 2011, 6(108), 367-371.
4. Савина А.А., Шейченко В.И., Петрова А.Л., Калинин К.Ю., Сокольская Т.А., Быков В.А., Бабаева Е.Ю., Ласская О.Ф. Фенольные соединения листьев лопуха - Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии 2013, 11, 1, 9-13.
5. Марупов, Р. Изучение ЭПР-спекроскопических свойств составных частей одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) в зависимости от места его произрастания / Р. Марупов, И.Х. Юсупов, Т. Шукуров, А.Д. Бахдавлатов // ДАН РТ.- 2012.- Т.55.- №1.- С.30-34.
6. Исследование молекулярной динамики дикорастущих лекарственных растений произрастающих в различных регионах Таджикистана методом спиновых меток / И.Х. Юсупов, А.Д. Бахдавлатов, Т.М. Алидов, Р. Марупов // Научно-теоретический и практический журнал.- Современный Научный Вестник.- 2014.- №46(242).- С. 65-72.
7. Ahangarpour A., Oroojan A.A., Heidari H., Ghaedi E., Taherkhani R. Effects of Hydroalcoholic Extract from *Arctium lappa* L. (Burdock) Root on Gonadotropins, Testosterone, and Sperm Count and Viability in Male Mice with Nicotinamide/ Streptozotocin-Induced Type 2 Diabetes - Malays. J. Med. Sci. 2015, Mar-Apr., 22(2), 25-32.
8. Amish Burn Study Group, Kolacz N.M., Jaroch M.T., Bear M.L., Hess R.F. The effect of Burns & Wounds (B&W)/burdock leaf therapy on burn-injured Amish patients: a pilot study measuring pain levels, infection rates, and healing times - J. Holist. Nurs. 2014, Dec., 32(4), 327-340.
9. Carlotto J., da Silva L.M., Dartora N., Maria-Ferreira D., Sabry D. de A., Filho A.P, de Paula Werner M.F., Sassaki G.L., Gorin P.A., Iacomini M., Cipriani T.R., de Souza L.M. Identification of a dicaffeoylquinic acid isomer from *Arctium lappa* with a potent anti-ulcer activity - Talanta 2015, Apr., 135, 50-57.
10. Carlotto J., de Souza L.M., Baggio C.H., Werner M.F., Maria-Ferreira D., Sassaki G.L., Iacomini M., Cipriani T.R. Polysaccharides from *Arctium lappa* L.: Chemical structure and biological activity - Int. J. Biol. Macromol. 2016, Oct., 91, 954-960.
11. Султонов Р.А. Раджабов У.Р. Юсуфи С.Дж., Рахими Ф., Навруззода Г.Ф., Юсуфов И.Х., Бахтдавлатов А.Д. Исследование и влияние экологических факторов на вращательную подвижность спин-меченного лекарственного растения ферулы вонючей (*FERULA ASS – FOETIDA* L.) Наука и инновация. - 2023. №1. - С.87-79
12. Султонов Р.А. Раджабов У.Р. Юсуфи С.Дж., Рахими Ф., Навруззода Г.Ф., Юсуфов И.Х. Исследование антиоксидантных свойств суммы флавоноидов, прополиса и мумий лекарственного методом ЭПР. Наука и инновация. - 2023. №1. - С.75-79
13. Султонов Р.А. Раджабов У.Р. Юсуфи С.Дж., Рахими Ф., Навруззода Г.Ф., Юсуфов И.Х., Бахтдавлатов А.Д. Влияние влажности на молекулярную динамику структуры матрицы листьев лекарственных растений ферулы вонючей (*FERULA FOETIDA (BUNGER) REGEL*) Наука и инновация. - 2023. №1. - С.93-97
14. Султонов Р.А. Раджабов У.Р. Юсуфи С.Дж., Навруззода Г.Ф., Юсуфов И.Х. Исследование молекулярной структуры девясила высокого в зависимости от концентрации перекиси водорода методом спиновых меток Наука и инновация. - 2023. №1. - С.62-66
15. Раджабов У.Р., Султонов Р.А., Юсупов И.Х., Хайдаров К.Х. Синтез и биологические свойства цинкаса и его исследование методом спиновых меток. Известия АН РТ 2017. №4 - с.97-106. – 189 с.

**ТАҲЛИЛИ МИҚДОРӢ ВА ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКО ХИМИЯВИ БАРГҲОИ
РАСТАНИҲОИ ДОРУВОРИИ МУШХОР (*ARCTIUM TOMENTOSUM* MILL.) ВА
РОҶДАВАК (*PLANTAGO LANCEOLATA*. L)**

¹Р.А. Султонов, ¹С.Ҷ. Юсуфӣ, ¹У.Р. Раджабов, ²Ш.А. Мингбоев, ²Ҳ.Қ. Маҳкамов

Шарҳи мухтасар. Растаниҳои шифобахш радиатсияро бо роҳҳои гуногун тоза мекунад, ки радионуклеидҳо аз ҷониби растаниҳо ҷаббида мешаванд ва бешубҳа, ба раванди ташаккули сохторӣ аз дарун таъсир мерасонанд. Микдори радионуклеидҳои ҷамъшуда дар растаниҳо аз навъи хок ва дараҷаи ифлосшавии майдони рушд вобаста аст. Маълум аст, ки радиатсия дар бораи растаниҳо дар сатҳи ҳуҷайрави, ки то бо нест кардани молекулаҳо ҳамроҳӣ карда мешавад. Усули РЭП -спектрҳои ҳаракатдиҳандаи мавҷи нитроксилиро рад карда ва ҳосиятҳои таъсири таъбобати растаниҳои мушхор (*Arctium tomentosum* Mill.), и роҳдавакро (*Plantago lanceolata* L.) зиёд мекунад.

Калидвожаҳо: мушхор, роҳдавак, ЭПР - спектрҳо, нишонаи спинӣ, растани доруворӣ, барг, динамикаи молекулавӣ, *Arctium lappa*, *plantago lanceolata*.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE SPIN-LABELED AND SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF THE LEAVES OF BURDOCK (*ARCTIUM TOMENTOSUM* MILL.) AND LANCEOLATE PLANTAIN (*PLANTAGO LANCEOLATA* L.)

¹R.A. Sultonov, ¹S.Dj. Yusufi, ¹U.R. Radjabov, ²Sh.A. Mingboev, ²H.Q. Mahkamov

Abstract. Various plant species absorb radiation differently. Moreover, radionuclides accumulate in plant tissues and may affect structural organization at the molecular level. The amount of accumulated radionuclides in plants depends on the soil type and the degree of environmental contamination at the site of growth. It is well established that radiation affects plants at the cellular level, which is accompanied by molecular damage. Using electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy, the rotational mobility of a nitroxyl radical and the physicochemical properties of the leaves of wild medicinal plants—burdock (*Arctium tomentosum* Mill.) and lanceolate plantain (*Plantago lanceolata* L.)—were investigated.

Keywords: *Plantago lanceolata*, burdock, EPR spectroscopy, spin labels, medicinal plants, leaves, molecular dynamics, *Arctium tomentosum*, *Plantago lanceolata*.

Сведения об авторах

Султонов Рауфджон Азизкулович - Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино, кандидат фарм. наук, и.о. доцента кафедры фармацевтической и токсикологической химии, E-mail: raufsultonov@mail.ru

Юсуфи Саломуддин Джаббор - Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино, доктор фармацевтических наук, профессор., академик НАНТ

Раджабов Умарали Раджабович - Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино, профессор кафедры фармацевтической и токсикологической химии, доктор химических наук, профессор, E-mail: umarali55@mail.ru

Мингбоев Шерозджон Абдуворисович – НОУ «Институт промышленности и сервиса», кандидат химических наук, адрес: Республика Таджикистан, г. Худжанд. Sheroz.mingboev@mail.ru

Махкамов Хилолиддин Кахрамонович - НОУ «Институт промышленности и сервиса», кандидат химических наук, Адрес: Республика Таджикистан, г. Худжанд.

УДК 669.017.11

ПРОГНОЗ И ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ Eu-Sc

Ф.К. Рахимов, М.И. Халимова, Ш.З. Шарипов, Б.С. Саидзода
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В настоящей работе с помощью статистических, термодинамических критериев и зонной теории растворов произведён расчет строения диаграммы состояния системы Eu-Sc. Согласно статистическим и термодинамическим прогнозам в системе Eu-Sc происходят два нонвариантных

превращения: монотектическое – со стороны тугоплавкого и эвтектическое – со стороны легкоплавкого компонентов, а также появляются области гомогенного сплавообразования со стороны блоков обоих компонентов.

Ключевые слова: диаграмма состояния, система, статистика, термодинамика, прогноз, монотектика, эвтектика, область гомогенности.

Введение

Анализ литературных данных по системам европия с другими элементами периодической системы Д.И. Менделеева показал, что диаграмма состояния европия с скандием не построена [1]. Основаны на учете разницы в энергии между двухвалентным и трехвалентным Eu, дает возможность предполагать, что в системе Eu-Sc не существуют стабильные фазы. Однако, согласно статистическим и термодинамическим расчетам [2-3] в системе Eu-Sc прогнозируются неинвариантные превращения типа монотектики со стороны тугоплавкого компонента (Sc) и эвтектики со стороны легкоплавкого компонента (Eu), и появляются области гомогенного сплавообразования (см. рис. 1), о чём в работе [1] не приведено никаких данных.

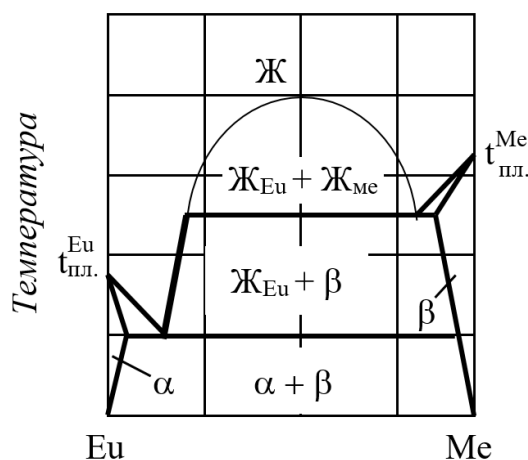


Рисунок 1. Типовая диаграмма состояния системы Eu-Me (Sc) с монотектическим равновесием блока тугоплавкого и эвтектическим равновесием блока легкоплавкого компонентов

В связи с этим, перед нами стояла задача по уточнению координат узловых точек областей гомогенности на диаграмме состояния Eu-Sc для её окончательного построения. С этой целью мы выбрали расчетный метод, который приведён в работах [4-7]. Исходя из теории двухзонной модели твердых растворов первые и вторые концентрационные границы компонентов в двойных системах определяли выражениями:

$$a_1 = \frac{(P_1 - P_2)^2 \cdot R_1 R_2^3}{k \cdot R_2^3} \quad \text{и} \quad x_1 = \frac{100}{a_1 + 1}, \quad (1)$$

$$a_2 = \frac{(P_1 - P_2)^2 \cdot R_2 R_1^3}{k \cdot R_1^3} \quad \text{и} \quad x_2 = \frac{100}{a_2 + 1}, \quad (2)$$

где: P_i – внутренний потенциал компонентов, R_i – атомные радиусы, k – предельная энергия электронов.

Величину внутренних (контактных) потенциалов (P) можно вычислить по равенству (3):

$$P = \frac{h^2}{2m} \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (3)$$

где: h – постоянная Планка, n – удельная плотность электронов, m – масса электрона.

Предельная энергия k определяется из выражения:

$$k = 16\pi e(C_{пр.}^{эл.} - z), \quad (4)$$

где: e – элементарный заряд, $C_{\text{пр}}^{\text{эл.}}$ – предельная электронная концентрация металла-растворителя, z – число свободных электронов на атом.

Температуры невариантных равновесий со стороны европия определялись по известному уравнению Шредера-Ван-Лаара с учётом образования твёрдых и жидких растворов:

$$T_{\text{э}} = \left[\frac{T_1^{\text{пл}}}{1 - \left(RT_1^{\text{пл}} \ln \frac{x_{\text{ТВ}}}{x_{\text{ж}}} / \Delta H \right)} \right], \quad (5)$$

где: T_1 – температура плавления основного компонента; $x_{\text{ТВ}}$ и $x_{\text{ж}}$ – значения концентраций твёрдых и жидких растворов; ΔH – теплота фазового перехода и R – газовая постоянная.

Используя вышеуказанную методику, нами рассчитаны координаты узловых точек прогнозируемой диаграммы состояния. Исходные данные для расчетов приняты по справочным данным, которые приведены в таблице 1. Следует отметить, что значения k определены из опытных данных по существующим диаграммам состояния системы Eu-Sc [1]. Результаты расчетов по уравнениям (1-5) значений узловых точек диаграммы состояния системы европий-скандий приведены в таблице 2. На основании этих данных на рис. 2 приведена построенная полная диаграмма состояния системы Eu-Sc. Можно видеть, что система характеризуется не смешиваемостью компонентов в жидком состоянии и весьма ограниченной растворимостью в твёрдом состоянии. Со стороны блока тугоплавкого компонента (Sc) наблюдается образование монотектики, а со стороны блока легкоплавкого компонента (Eu) – эвтектики. На диаграмме состояния с понижением температуры при 3410°С наблюдается распад гомогенного раствора на две жидкие фазы ($J_{\text{Eu}} + J_{\text{Sc}}$).

Таблица 1 - Исходные данные к расчету диаграммы состояния системы европий-скандий

№	Элемент	P, эв.	R, Å	$k \cdot 10^8$, эв.	$t_{\text{пл}}$, °C	ΔH , Дж/г·ат.
1	Eu	2.76	2.00	0.868	822	10467
2	Sc	1.62	1.77	0.868	1541	16119

Таблица 2 - Координаты узловых точек (x_1 , x_2 , x_3 , x_1' , x_2' , x_3' , t_m и t_3) диаграммы состояния двухкомпонентной системы европий-скандий

Система	Концентрация второго компонента, % ат.						Температура	
	x_1	x_2	x_3	x_1'	x_2'	x_3'	t_3 , °C	t_m , °C
Eu-Sc	0.02	0.04	1.13	97.5	95.9	98.9	683	1498

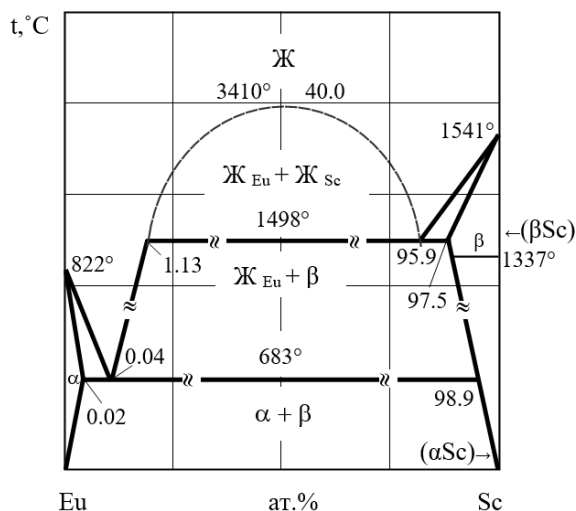


Рисунок 2. Диаграмма состояния двойной системы европия с скандием

Следует отметить, что при расчетах не учтены низкотемпературные аллотропные переходы для скандия, так как они не влияют на общий вид диаграммы состояния. Полученные результаты имеют как теоретическое, так и прикладное значение при научно-обоснованной разработке новых сплавов. Все расчеты выполнены на ЭВМ по заранее составленной программе.

Литература

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем / Под ред. ак. РАН Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 2001. – т.1-3, 970, 1024, 992 с.
2. Воздвиженский, В.М. Прогноз двойных диаграмм состояния / В.М.Воздвиженский. – 1975.- 224 с.
3. Рахимов Ф.К. диаграммы состояния и термодинамика сплавов европия и иттербия: диссертация кандидата химических наук: 02.00.04 / Рахимовой Фарруха Каюмовича. – Д., 2015. –163 с.
4. Бескровный А.К. Определение границ растворимости в сплавах. Ростов-на-Дону: Ростовский университет. – 1964. – С. 37
5. Джураев Т.Д. К расчету взаимной растворимости щелочноземельных и редкоземельных металлов в твердом состоянии // Докл. АН. Тадж. ССР. – 1989. – Т. 32. – №10. – С. 681-684.
6. Расчёт двойных диаграмм состояния щелочноземельных металлов, европия и иттербия с кремнием / Т. Д. Джураев, Ф. К. Рахимов, Э. Р. Газизова, И. Ш. Муслимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 68-71. – EDN ZCKLRR.
7. Изучение диаграммы состояния трёхкомпонентной системы иттербий-алюминий-кальций / Т. Д. Джураев, Ф. К. Рахимов, Э. Р. Газизова, У. С. Джумаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 2(38). – С. 27-32. – EDN YFPVOP.

ПЕШГӢИ ВА СОХТАНИ ДИАГРАММАИ ӲОЛАТИ СИСТЕМАИ Eu-Sc

Ф.Қ. Рахимов, М.И. Ӳалимова, Ш.З. Шарипов, Б.С. Саидзода
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, ӲумӲурии Тоҷикистон)

ШарӲи мухтасар. Дар мақолаи мазкур бо ёрии меъёрҳои статистиқӣ, термодинамиқӣ ва назарияи минтақавии махлулҳо ҳисоби сохтани диаграммаи ҳолати системаи Eu-Sc баррасӣ карда шудааст. Тибқи пешгӯии омории статистиқӣ ва термодинамиқӣ дар системаи Eu-Sc реаксияҳои монотектиқӣ аз тарафи компоненти душворғудоз ва эвтектика аз тарафи компоненти зудғудоз мегузарад ва қитъаи гомогении ҳӯлаҳосилшавӣ аз ҳар ду тарафи компонентаҳо пайдо мешаванд.

Калимаҳои калидӣ: диаграммаи ҳолат, система, статистика, термодинамика, пешгӯи намудан, монотектика, эвтектика, минтақаи гомогенӣ.

FORECASTING AND CONSTRUCTING A STATE DIAGRAM FOR THE Eu-Sc SYSTEM

F.K. Rakhimov, M.I. Khalimova, Sh.Z. Sharipov, B. S. Saidzoda
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. In this paper, statistical and thermodynamic criteria and the band theory of solutions are used to calculate the structure of the state diagram for the Eu-Sc system. According to statistical and thermodynamic predictions, two invariant transformations occur in the Eu-Sc system: a monotectic transformation on the refractory side and a eutectic transformation on the low-melting side. Regions of homogeneous alloy formation also appear on the sides of the blocks of both components.

Keywords: state diagram, system, statistics, thermodynamics, prediction, monotectic, eutectic, homogeneity region.

Сведения об авторах

Рахимов Фаррух Каюмович – кандидат химических наук, доцент кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 988-37-18-83.

Халимова Мавджуда Искандаровна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 987-29-28-53.

Шарипов Шокирджон Зоҳриддинович – магистрант кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 900-02-54-58.

Саидзода Бахриддин Саид – к.т.н. и.о. доцент, кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 988-97-72-12.

ТДУ 669.017.11

СОХТАНИ САТҲИ ЛИКВИДУСИ СИСТЕМАИ СЕЧУЗЪАИ Au-Ge-Sb БО УСУЛИ БАНАҚШАГИРИИ СИМПЛЕКСӢ

Ф.Қ. Раҳимов, Б.М. Мирзоева, Н.М. Сафаров, Ф.Н. Қурбонов

(¹ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон) ²Филиали
Донишгоҳи миллии тадқиқоти технологӣ «МИСИС» дар ш.Душанбе)

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур сатҳи ликвидуси системаи сечузъаи тилло-германий-сурма бо усули банақшагирии симплексии таҷрибавӣ омӯхта ва сохта шудааст.

Калидвожаҳо: тилло, германий, сурма, банақшагирии симплексӣ, диаграмма, сатҳи ликвидус, ҳарорати гудошиш, эвтектика.

Муқаддима

Ҳулаҳои тилло бо германий ҳосиятҳои хуби рехтагарӣ доранд, дар вақти сахтшавӣ ҳаҷмашон зиёд мешавад ва бинобар ин барои тайёр кардани маснуотҳои дақиқ истифода мешавад. Таркиби эвтектикии ҳулаи тилло-германий, ки бо саҳтии баланд хос аст, барои татбиқ кардани рӯйпӯшҳои сахт ба тилло ё ба маҳсулоти тиллопӯшшуда пешниҳод карда шудааст.

Таҳлилҳо нишон медиҳанд [1], ки диаграммаҳои ҳолати дукомпонентаи системаҳои Au-Ge, Au-Sb ва Ge-Sb сохта шудаанд. Дар системаи тилло-германий табдилёбии эвтектикӣ дар ҳарорати 361°C ва таркиби он 28% (ат.) германий мушоҳида мешавад (ниг. расми 1). Дар ҳолати сахт ҳалшавандагии ниҳоят зиёди Ge дар Au 3,0% (ат.) ташкил медиҳад.

Муайян карда шудааст, ки тилло бо сурма диаграммаи ҳолатро бо эвтектика ташкил медиҳад, ки дар ҳарорати 360°C гудохта мешавад ва 34,8% (ат.) сурма дорад [2]. Ҳангоми кристаллизатсия дар система пайдоиши реаксияи перитектикӣ дар ҳарорати 460°C пайвастагии AuSb₂ мушоҳида мешавад, ки минтақаи маҳдуди гомогенӣ дорад (ниг. расми 1). Ҳалшавандагии Sb дар ҳолати саҳти Au дар ҳароратҳои гуногун ба ҳисоби % (ат.): 1,12, 1,10, 0,91, 0,64 ва 0,34, дар ҳарорати 600, 500, 400, 360 ва 300°C.

Ҳулаҳои системаи Ge-Sb омехтаи механикии эвтектикиро ташкил медиҳанд. Дар система мувозинати эвтектикӣ дар байни Ge-Sb муқарар карда шудааст, ки он дар ҳарорати 592°C ва таркиби 85,5% (ат.) Sb ба даст меояд (ниг. расми 1).

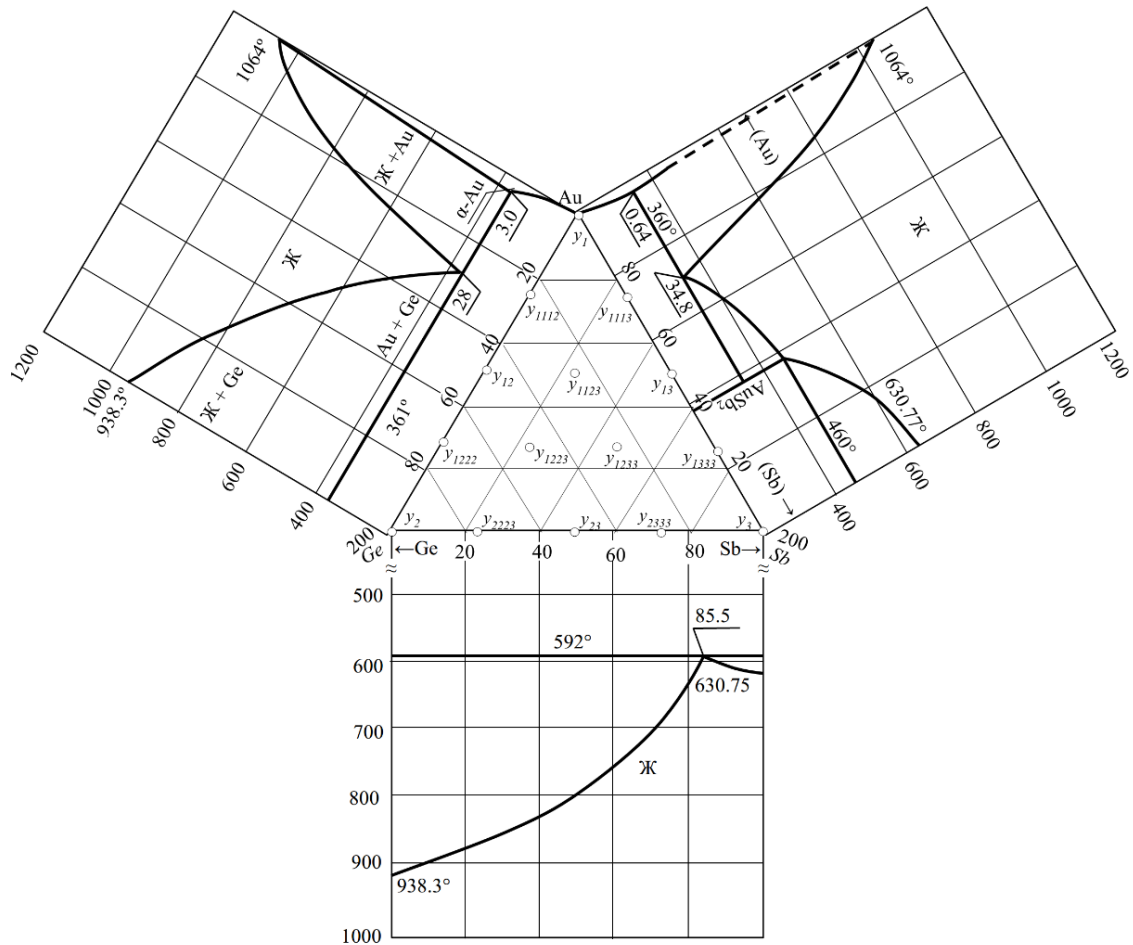
Дар айни замон усулҳои математикии банақшагирии таҷрибаҳо аҳамият доранд, ки барои кам кардани хароҷоти моддӣ ва ба даст овардани натиҷаҳои зарурӣ имконият медиҳанд [1-4]. Моҳияти яке аз ин усулҳоро Шеффе пешниҳод кардааст [2].

Барои сохтани сатҳи ликвидуси системаи Au-Ge-Sb мо модели математикӣ ва формулаҳои ҳисобкунии коэффисиентҳои ба кор монандро ба даст овардем [3]. Модели дараҷаи чорум барои системаи се компонента интиҳоб карда шуд:

$$y = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i < j < k \leq q} \gamma_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \delta_{ij} x_i x_j (x_i - x_j)^2 + \\ + \sum_{1 \leq i < j < k \leq q} \beta_{ijk} x_i^2 x_j x_k + \sum_{1 \leq i < j < k \leq q} \beta_{ijk} x_i x_j^2 x_k + \sum_{1 \leq i < j < k \leq q} \beta_{ijk} x_i x_j x_k^2 + \sum_{1 \leq i < j < k < l \leq q} \beta_{ijkl} x_i x_j x_k x_l,$$

ки дар он y - ҳосияти система, яъне ҳарорати гудохташавӣ; β_i , β_{ij} , γ_{ij} , δ_{ij} ва β_{ijk} - коэффисиентҳои регрессия ва x_i , x_j ва x_k - рақами компонентҳо.

Матрисаи банақшагирӣ ва натиҷаҳои маълумотҳои таҷрибавӣ (ниг. ба ҷадвал 1) барои диаграммаҳои ҳолати системаи Au-Ge-Sb аз маълумотҳои расми 1 гирифта шуданд. Ҳарорати ғудозиши ҳулаҳое, ки дар маркази секунҷаи консентрасионӣ қарор доранд (нигаред ба расми 1) аз рӯи маълумотҳои таҳлили термикӣ муайян карда шуданд [5 - 7].



Расми 1. Буриши системаи секомпонентаи Au-Ge-Sb

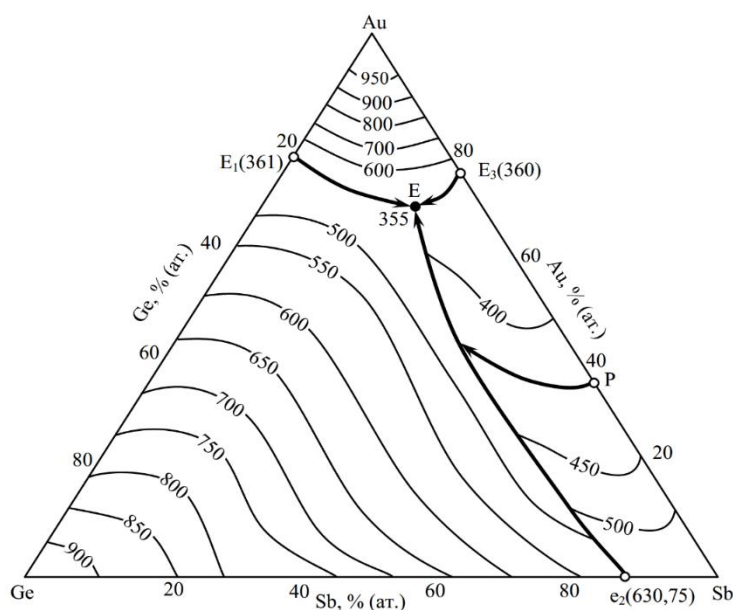
Аз рӯи натиҷаҳо муайян кардани ҳарорати ғудохташавии ҳулаҳо аз рӯи таносубҳои зерин, коэффитсиенти муодилаи регрессия ҳисоб карда шудааст:

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= y_1 = 1064; \\
 \beta_2 &= y_2 = 938; \\
 \beta_3 &= y_3 = 630; \\
 \beta_{12} &= 4y_{12} - 2y_1 - 2y_2 = -1544; \\
 \beta_{13} &= 4y_{13} - 2y_1 - 2y_3 = -1628; \\
 \beta_{23} &= 4y_{23} - 2y_2 - 2y_3 = 104; \\
 \gamma_{12} &= 8/3 (-y_1 + 2y_{1112} - 2y_{1222} + y_2) = -1482.67; \\
 \gamma_{13} &= 8/3 (-y_1 + 2y_{1113} - 2y_{1333} + y_3) = -2037.33; \\
 \gamma_{23} &= 8/3 (-y_2 + 2y_{2223} - 2y_{2333} + y_3) = -5.333; \\
 \delta_{12} &= 8/3 (-y_1 + 4y_{1112} - 6y_{1222} + 4y_{1223} - y_2) = -938.667; \\
 \delta_{13} &= 8/3 (-y_1 + 4y_{1113} - 6y_{1333} + 4y_{1333} - y_3) = -1584; \\
 \delta_{23} &= 8/3 (-y_2 + 4y_{2223} - 6y_{2333} + 4y_{2333} - y_3) = -549.333; \\
 \beta_{1123} &= 32 (3y_{1123} - y_{1223} - y_{1233}) + 8/3 (6y_1 - y_2 - y_3) - 16 (y_{12} + y_{13}) - 16/3 (5y_{1112} + 5y_{1113} - \\
 & 3y_{1222} - 3y_{1333} - y_{2223} - y_{2333}) = 12266.66; \\
 \beta_{1223} &= 32 (3y_{1223} - y_{1123} - y_{1233}) + 8/3 (6y_2 - y_1 - y_3) - 16 (y_{12} + y_{23}) - 16/3 (5y_{1222} + 5y_{2223} - \\
 & 3y_{1112} - 3y_{2333} - y_{1113} - y_{1333}) = -1109.33;
 \end{aligned}$$

$$\beta_{1233} = 32 (3y_{1233} - y_{1123} - y_{1233}) + 8/3 (6y_3 - y_1 - y_2) - 16 (y_{13} + y_{23}) - 16/3 (5y_{1333} + 5y_{2333} - 3y_{1113} - 3y_{2223} - y_{1112} - y_{1222}) = -2325.33.$$

Ҷадвали 1 – Матритсаи банақшагирӣ ва натиҷаҳои таҷрибавии системаи Au-Ge-Sb

Рамзи хӯла	Таркиби хӯлаҳо						Ҳарорати ликвидус, °C
	Дар масштаби рамзӣ, як хиссаи воҳид			Дар ифодаи пурра ат.%			
	x ₁	x ₂	x ₃	Au	Ge	Sb	
y ₁	1.0	0.0	0.0	100	0	0	1064
y ₂	0.0	1.0	0.0	0	100	0	938
y ₃	0.0	0.0	1.0	0	0	100	630
y ₁₂	0.5	0.5	0.0	50	50	0	615
y ₁₃	0.5	0.0	0.5	50	0	50	440
y ₂₃	0.0	0.5	0.5	0	50	50	810
y ₁₁₁₂	0.75	0.25	0.00	75	25	0	560
y ₁₂₂₂	0.25	0.75	0.00	25	75	0	775
y ₁₁₁₃	0.75	0.00	0.25	75	0	25	385
y ₁₃₃₃	0.25	0.00	0.75	25	0	75	550
y ₂₂₂₃	0.00	0.75	0.25	0	75	25	870
y ₂₃₃₃	0.00	0.25	0.75	0	25	75	717
y ₁₁₂₃	0.50	0.25	0.25	50	25	25	550
y ₁₂₂₃	0.25	0.50	0.25	25	50	25	670
y ₁₂₃₃	0.25	0.25	0.50	25	25	50	610



Расми 2. Проексияи сатҳи ликвидуси системаи секомпонентаи Au-Ge-Sb

Ҳамин тавр, модели дараҷаи чоруми сатҳи ликвидусии системаи тилло-германий-сурма, аз рӯи маълумоти ҷадвал чунин шакл дорад:

$$y = 1064x_1 + 938.3x_2 + 630x_3 - 1544x_1x_2 - 1628x_1x_3 + 104x_2x_3 - 1482.67x_1x_2(x_1 - x_2) - 2037.33x_1x_3(x_1 - x_3) - 5.333x_2x_3(x_2 - x_3) - 938.667x_1x_2(x_1 - x_2)^2 - 1584x_1x_3(x_1 - x_3)^2 - 549.33x_2x_3(x_2 - x_3)^2 + 12266.66x_1^2x_2x_3 - 1109.33x_1x_2^2x_3 - 2325.33x_1x_2x_3^2. \quad (1)$$

Муодилаи регрессионии бадастовардашуда (1) имкон медиҳад, ки на танҳо ҳарорати кристаллизатсияи хӯлаҳои системаи додашуда бидуни таҷрибаҳои иловагӣ пешгӯӣ карда мешавад, балки минтақаҳо, хатҳо ва нуқтаҳои мувозинати фазаҳо низ муайян карда мешаванд.

Барои тасвири геометрии сатҳи ликвидуси ба даст овардашуда дар ҳар як 50°C изотермии ликвидус сохта шудааст (ду хати ликвидус дар ҳар як 25°C, ниг. расми 2). Ҳама ҳисобҳо дар МЭХ анҷом дода шуданд.

Проексияи бадастовардашудаи системаи Au-Ge-Sb (расми 2) тасвири геометрии сатҳи ликвидусро хуб нишон медиҳад. Се минтақаи кристаллизатсияи ибтидоии ҳулаҳои дукомпонентаи омехтаҳои эвтектикӣ мушоҳида карда шудаанд. Муайян карда шудааст, ки кристаллизатсияи ҳар се минтақаи ҳулаҳо ($\text{Ж} \rightleftharpoons \alpha\text{-Au} + \beta\text{-Ge} + \gamma\text{-Sb}$) бо пайдоиши омехтаи механикии секомпонентаи эвтектикӣ, ки аз се маҳлули саҳт дар асоси компонентҳои ҳолис иборат аст, ба анҷом мерасад. Мувозинат дар ҳарорати 355°C ва миқдори он 92% ат. Au, 7,5% ат. Ge ва 0,5% ат. Sb ба амал меояд.

Адабиёт

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. акад. РАН Н.П. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996, 1997, т. 1,2, 992, 1024 с.
2. Новик Ф.С. Математические методы планирования экспериментов в металловедении. Раздел IV М., 1970, 149 с.
3. Джураев Т.Д., Рахимов Ф.К., Исмоилов И.Р. Муслимов И.Ш. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №1 (49), 2020. – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2020. – С. 79-82.
4. Рахимов Ф.К. // Сохтани диаграммаи ҳолат ва сатҳи ликвидуси системаи сечузъаи Au-Ge-Tl бо усули банақшагирии симплексӣ / Рахимов Ф.К., Мирзоева Б.М., Курбонов Ф.Н., Сафаров Н.М. Конференсияи II-юми байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «масъалаҳои мубрами соҳаи металлургия дар шароити саноатикунони босуръати кишвар» баҳшида ба солҳои рушди саноат ва 20-солагии омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф. Қисми 1. Душанбе, 2025. – С. 7-12.
5. Джураев, Т.Д. Разработка универсальной установки для определения теплофизических свойств веществ / Т.Д. Джураев, М.Б. Акрамов, Ф. Мирзоев, Ф.К. Рахимов // Материалы VI-ой международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования», посвящённой 20-летию XVI сессии Верховного совета Республики Таджикистан. Душанбе: ТТУ им.М.С. Осими, 2012.
6. Расчёт двойных диаграмм состояния щелочноземельных металлов, европия и иттербия с кремнием / Т. Д. Джураев, Ф. К. Рахимов, Э. Р. Газизова, И. Ш. Муслимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 68-71. – EDN ZCKLRR.
7. Изучение диаграммы состояния трёхкомпонентной системы иттербий-алюминий-кальций / Т. Д. Джураев, Ф. К. Рахимов, Э. Р. Газизова, У. С. Джумаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 2(38). – С. 27-32. – EDN YFPVOP.

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛИКВИДУСА ТРОЙНОЙ СИСТЕМЫ Au-Ge-Sb МЕТОДОМ СИМПЛЕКСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

¹Ф.К. Рахимов, ²Б.М. Мирзоева, ¹Н.М., Сафаров ¹Ф.Н. Курбонов

(¹ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ²Душанбинского филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСИС»)

Аннотация. В статье изучена и построена поверхность ликвидуса трёхкомпонентной системы золото-германий-сурьма методом симплексного планирования экспериментов.

Ключевые слова: золото, германий, сурьма, симплексная планирования, диаграмма, поверхности ликвидуса, температура плавления, эвтектика.

CONSTRUCTION OF THE LIQUID SURFACE OF THE TERMINAL SYSTEM Au-Ge-Sb USING THE SIMPLEX PLANNING METHOD

¹F.K. Rahimov, ²B.M. Mirzoeva, ¹N.M. Safarov, ¹F.N. Kurbonov

(¹TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan), ²Dushanbe branch of the National University of Science and Technology "MISIS")

Abstract. In this article, the liquidus surface of the ternary system gold-germanium-antimony is studied and constructed using the experimental simplex planning method.

Keywords: gold, germanium, antimony, simplex planning, diagram, liquidus surface, melting temperature, eutectic.

Маълумот дар бораи муаллифон

Раҳимов Фаррух Қаюмович – номзади илмҳои химия, доденти кафедраи «Металлургия» ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, тел. 919-62-35-99 *E-mail:* rahimov_83F@mail.ru;

Мирзоева Бибисоро Музаффаровна – ассистенти кафедраи “Технологияҳои сарфаҷуии энергетикӣ ва захиравӣ” дар Филиали Донишгоҳи миллии тадқиқоти технологӣ «МИСИС» дар ш.Душанбе тел. 985-16-15-79 *mirzoeva.bibisoro@mail.ru*;

Сафаров Нодир Муҳаммадсодирович – магистранти кафедраи «Металлургия» ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, тел. 112-77-11-11.

Қурбонов Фараҳманд Начмиддинович – магистранти кафедраи «Металлургия» ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, тел. 110-10-55-00;

УДК 669.017.11.56.57.87

ПРОГНОЗ ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТИ В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ ДЛЯ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ Cu (Ag, In)-ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА (ПТ)

¹Т.Д. Джураев, ²К.Б. Нуров, ¹Р.А. Нимонов, ²А.С. Джафари, ¹Э.Р. Газизова
(¹ТТУ имени акад. М.С. Осими, ²ТГПУ имени С. Айни, город Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Проведена статистическая оценка взаимодействия меди (серебра, индия) с 80-ю элементами ПТ, которая позволила уточнить для изученных систем, а для неизученных систем спрогнозировать растворимость в жидком состоянии.

Ключевые слова: медь, серебро, индий, элементы периодической таблицы Д.И.Менделеева, растворимость в жидком состоянии, статистический анализ.

Необходимой предпосылкой изучения взаимодействия компонентов в жидком состоянии, прежде всего, является образование жидких растворов или несмешиваемость при расплавлении [1-7]. В данном случае применяется критерий В.М. Воздвиженского [3], когда учитываются значения поверхностной энергии (σ_i) элементов. Тенденция компонентов к возникновению несмешиваемости в жидком состоянии возрастает с увеличением различия их поверхностной энергии. При оценке взаимодействия в жидком состоянии в сплавах электроотрицательных и электроположительных элементов предварительно выделяются системы с устойчивыми интерметаллидами, в которых несмешиваемость, как правило, исключается. Другие системы сплавов подвергаются анализу с помощью статистического расчета.

В целях применения данного положения нами были получены расчетные значения температурного фактора (π_T) и фактора поверхностного натяжения и ионизационного потенциала ($\pi_{\sigma,u}$) для определения вероятности смешиваемости в жидком состоянии в двойных системах Cu-Э, Ag-Э и In-Э, где Э – элементы ПТ. Результаты расчетов приведены на рисунках 1 и 2, а также в таблице для соответствующих систем.

Значения температурного фактора вычисляли по формуле (1):

$$\pi_T = 1 - T_1 : T_2, \quad (1)$$

при $T_1 < T_2$, где T_1 и T_2 – температуры плавления компонентов, К.

Фактор поверхностного натяжения и ионизационного потенциала исчислялся по уравнению (2):

$$\pi_{\sigma,u} = (\sigma_1 : \sigma_2) : (U_1 : U_2), \quad (2)$$

где σ – поверхностное натяжение элементов и U – их ионизационный потенциал.

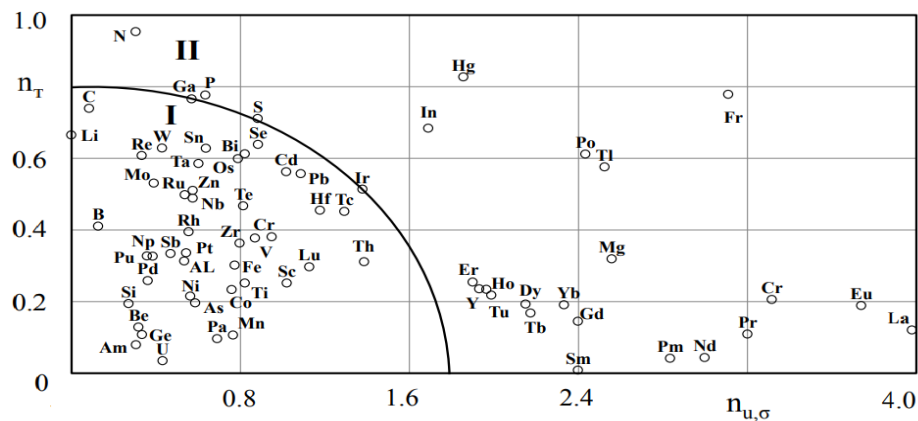


Рисунок 1. График зависимости температурного (n_T) и объединённого ($n_{\sigma,u}$) факторов для прогноза растворимости меди с элементами ПТ в жидком состоянии

Можно видеть (рис. 1), что смешиваемость в жидком состоянии для сплавов меди должна наблюдаться в двойных системах со следующими элементами: Li, Be, Sc, Lu, Th, Pa, Np, Pu, Am, U, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Tc, Re, C, Mn, Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ni, Pd, Pt, Ag, Au, B, Zn, Cd, Al, Si, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Se и Te. Точки координат этих элементов расположились во внутри дуги эллипса (ближе к центру), описываемой уравнением $n_T = 0.37n_{\sigma,u}$. К расслаивающимся системам, согласно графику, относятся системы меди с: Fr, Mg, La, Pr, Nd, Pm, Sm, Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Cr, Hg, In, Tl, P и Po. Координаты их точек расположились со внешней стороны эллипса.

В ходе выполнения поставленной задачи и установления склонности к взаимодействию серебра с элементами ПТ в жидком состоянии был произведен расчет по равенству (1) величин температурного фактора (n_T) и по формуле (2) значений двойного фактора поверхностного натяжения и ионизационного потенциала ($n_{\sigma,u}$). Результаты расчетов, которые приведены в таблице, показали, что серебро в жидком состоянии смешивается с элементами, образующими с ним системы, где выполняются условия $n_T \leq 0.45-0.60$ и $n_{\sigma,u} \leq 1.6$. К таковым, согласно прогнозам, относятся двойные системы серебра с 68-ю элементами ПТ: Ac, Al, As, Am, Au, B, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Dy, Eu, Er, Fe, Fr, Gd, Ge, Hf, Ho, In, Ir, La, Lu, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, Nd, Np, Os, Pa, Pb, Pm, Pd, Po, Pr, Pt, Pu, Ra, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Ta, Tb, Tc, Te, Th, Tl, Tm, Ti, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr.

При условиях $n_T > 0.45-0.60$ и $n_{\sigma,u} > 1.2$ компоненты полностью не смешиваются в жидком состоянии, что характерно для 9 двойных систем серебра с Li, Na, K, Ca, Rb, Sr, Cs, Ba, Hg. Частично смешиваются с серебром в жидком состоянии P и Ga, для которых не выполняются вышеуказанные неравенства.

В соответствии с выше рассмотренной методикой была определена зависимость факторов для прогноза растворимости в расплавах систем In-Э. Результаты анализа показали (рис. 2), что смешиваемость в жидком состоянии для сплавов индия должна наблюдаться в двойных системах со следующими элементами: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, Be, Mg, Sr, Ba, Ra, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Ac, Np, Pu, Am, Mn, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Al, Ga, Tl, Si, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi, S, Se, Te и Po. Точки координат этих элементов расположились во внутри дуги эллипса (ближе к центру), описываемой вышеупомянутым уравнением $n_T = 0.37n_{\sigma,u}$. К расслаивающимся системам, согласно графика, относятся системы индия с: Ca, Sc, Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu, Th, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Tc, Re, Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt и B. Координаты их точек расположились со внешней стороны эллипса.

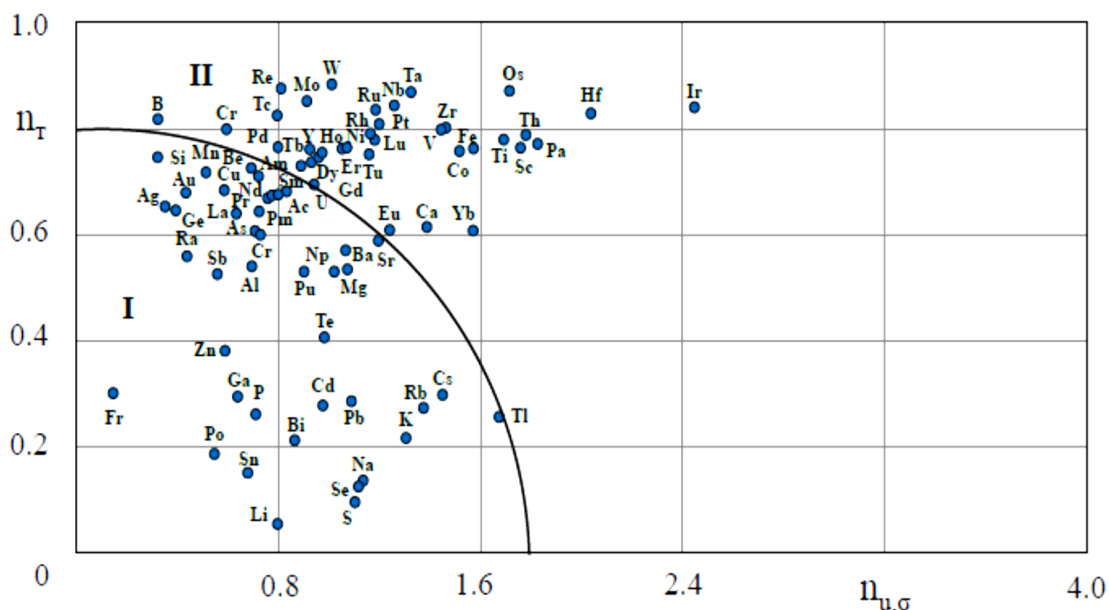


Рисунок 2. График зависимости температурного (пт) и объединённого (пс, и) факторов для систем индия с элементами ПТ

Таблица 1 - Прогноз взаимодействия по значения температурного (nT) и объединённого (nσ, u) факторов для определения смешиваемости серебра с элементами ПТ в жидком состоянии

Атомный номер	Система	nT	nσ,u	Ожидаемый тип взаимодействия: C1, ЧC2, HC3
1	2	3	4	5
3	Ag-Li	0.6333549	1.6310	HC
4	Ag-Be	0.2080666	0.2426	C
5	Ag-B	0.4740646	0.1126	C
11	Ag-Na	0.7002344	3.2338	HC
12	Ag-Mg	0.2554568	0.5865	C
13	Ag-Al	0.2457559	0.2434	C
14	Ag-Si	0.2667457	0.1125	C
15	Ag-P	0.7436540	0.2488	ЧC
16	Ag-S	0.6861681	0.3975	C
19	Ag-K	0.7281730	3.8885	HC
20	Ag-Ca	0.1010509	1.8632	HC
21	Ag-Sc	0.3180816	0.5270	C
22	Ag-Ti	0.3626996	0.4866	C
23	Ag-V	0.4281091	0.6168	C
24	Ag-Cr	0.4192488	0.5935	C
25	Ag-Mn	0.1845748	0.5128	C
26	Ag-Fe	0.3150609	0.5518	C
27	Ag-Co	0.3003394	0.5319	C
28	Ag-Ni	0.2833140	0.4063	C
29	Ag-Cu	0.0877581	1.1986	C
30	Ag-Zn	0.4401132	0.2062	C
31	Ag-Ga	0.7552304	0.2235	ЧC
32	Ag-Ge	0.0218270	0.1376	C
33	Ag-As	0.1188359	0.2479	C
34	Ag-Se	0.6038804	0.3918	C

Продолжение табл.1

37	Ag-Rb	0.7478658	3.9179	HC
38	Ag-Sr	0.1576395	3.1211	HC
39	Ag-Y	0.3108635	0.6485	C
40	Ag-Zr	0.4178824	0.5062	C
41	Ag-Nb	0.5487049	0.4413	C
42	Ag-Mo	0.5719723	0.3198	C
43	Ag-Tc	0.4940695	0.7941	C
44	Ag-Ru	0.5255082	0.4155	C
45	Ag-Rh	0.4475212	0.4205	C
46	Ag-Pd	0.3221918	0.2797	C
48	Ag-Cd	0.5198868	0.3421	C
49	Ag-In	0.6527001	0.4698	C
50	Ag-Sn	0.5917785	0.2376	C
51	Ag-Sb	0.2694099	0.1957	C
52	Ag-Te	0.4159256	0.3442	C
55	Ag-Cs	0.7563460	4.1332	HC
56	Ag-Ba	0.1932094	3.0384	HC
57	Ag-La	0.0371867	0.6017	C
58	Ag-Ce	0.1341956	0.5865	C
59	Ag-Pr	0.0266774	0.5734	C
60	Ag-Nd	0.0440495	0.5641	C
61	Ag-Pm	0.0593156	0.5515	C
62	Ag-Sm	0.0816630	0.5132	C
63	Ag-Eu	0.1147939	0.7864	C
64	Ag-Gd	0.2200504	0.5259	C
65	Ag-Tb	0.2406384	0.5020	C
66	Ag-Dy	0.2658754	0.5033	C
67	Ag-Ho	0.2919290	0.4802	C
68	Ag-Er	0.3135405	0.4882	C
69	Ag-Tm	0.3195820	0.4796	C
70	Ag-Yb	0.1172191	0.6204	C
71	Ag-Lu	0.3623711	0.4768	C
72	Ag-Hf	0.5052000	0.7147	C
73	Ag-Ta	0.6215968	0.4645	C
74	Ag-W	0.6641325	0.3544	C
75	Ag-Re	0.6417608	0.284	C
76	Ag-Os	0.6281936	0.6015	C
77	Ag-Ir	0.5389489	0.8585	C
78	Ag-Pt	0.3951100	0.4080	C
79	Ag-Au	0.0747943	1.2333	C
80	Ag-Hg	1.1892724	0.5565	HC
81	Ag-Tl	0.5339531	0.6684	C
82	Ag-Pb	0.5145513	0.3819	C
83	Ag-Bi	0.5599838	0.3027	C
84	Ag-Po	0.5739693	0.1912	C
87	Ag-Fr	0.7574778	0.4118	C
88	Ag-Ra	0.2134196	1.2438	C
89	Ag-Ac	0.0650038	0.7342	C
90	Ag-Th	0.3885319	0.7268	C

Окончание табл.1

91	Ag-Pa	0.3395622	0.7378	C
92	Ag-U	0.119573	0.3300	C
93	Ag-Np	0.261924	0.3486	C
94	Ag-Pu	0.261115	0.3486	C
95	Ag-Am	0.146307	1.2835	C
Примечание: 1 – смешиваемость; 2 – частичная смешиваемость; 3 – несмешиваемость.				

Заключение

Следует отметить, что для исследуемых двойных систем меди (серебра, индия) с элементами ПТ прогнозируемые взаимодействия подтверждаются ранее полученными экспериментальными данными, например, для систем Cu-Ni, Ag-Pd и In-Pb опытным путем установлено, и уже нами подтверждено статистическим анализом, образование неограниченной растворимости как в жидком, так и в твердом состояниях.

Однако не для всех систем результаты прогноза совпадают с уже установленными взаимодействиями. Это порой связано с неизоморфностью структурных типов участвующих компонентов, близостью атомно-кристаллического строения компонентов или ошибкой эксперимента.

Таким образом, достоверность совместного учета критериев температурного фактора (пт) и фактора поверхностного натяжения и ионизационного потенциала (пс,и) для определения вероятности смешиваемости в жидком состоянии в двойных системах меди (серебра, индия) с элементами ПТ выполняется на 92%.

Литература

1. Аптекарь И.Л. Анализ возможных типов диаграмм состояния двухкомпонентных систем / И.Л. Аптекарь, Л.Г. Исаева // Журн. физ. химии, 1977. – № 9. – С. 2353-2355.
2. Курнаков Н.С. Избранные труды / Под ред. О.Е. Звягинцевой. – М.: Изд. АН СССР, 1960, 1961, 1963. – Т. I-III. – 595, 611, 567 с.
3. Воздвиженский В.М. Статистический метод прогноза взаимодействия компонентов (прогноз по критериям). В сб.: Общие закономерности в строении диаграмм состояния металлических систем / В.М. Воздвиженский. – М.: Наука, 1973. – С. 103-108.
4. Нимонов Р.А. Расчёт взаимной растворимости компонентов в жидком и твердом состояниях в системах серебра с некоторыми элементами (Sn, Ge, Pb, Si, Yb, Ca, Eu, Sr, Ba и Ra) / Р.А. Нимонов // Политехнический вестник, 2022. – №3(59). – С. 47-52.
5. Нуров К.Б. Прогноз образования химических соединений в двойных системах меди с другими элементами / К.Б. Нуров, Т.Д. Джураев, М.Т. Тошев // Материалы Международной конференции «Физические и технические науки в пространстве СНГ: проблемы и перспективы развития». Душанбе: Физико-технический институт имени С.У.Умарова НАНТ, 2024. – С. 77-79.
6. Джураев Т.Д. Прогноз типа взаимодействия и расчёт диаграмм фазовых равновесий в системах индия с бором, углеродом и ниобием / М.Т. Тошев, К.Б.Нуров, А.С. Джафаров // Материалы республиканской научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа». Душанбе: Таджикский государственный педагогический университет им. С.Айни, 2023. – С. 48-51.
7. Расчёт двойных диаграмм состояния щелочноземельных металлов, европия и иттербия с кремнием / Т. Д. Джураев, Ф. К. Рахимов, Э. Р. Газизова, И. Ш. Муслимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 68-71. – EDN ZCKLRR.

ПЕШГУИИ БОҲАМҲАЛШАВИИ КОМПОНЕНТАҲО ДАР ҲОЛАТИ МОЕЪ ДАР СИСТЕМАҲОИ ДУҶУЗЪАИ Cu (Ag, In)-ЭЛЕМЕНТҲОИ ҶАДВАЛИ ДАВРИИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ (ҶД)

¹Т.Д. Джураев, ²К.Б. Нуров, ¹Р.А. Нимонов, ²А.С. Джафаров, ¹Э.Р. Газизова

(¹ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ²ДДОТ ба номи С. Айни, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар натиҷаи баҳодихии омории таъсири мутақобилаи мис (нукра, индий) бо 80 элементҳои ҶД гузаронида шуд, ки он ба мо имкон дод, ки ҳалшавиро дар ҳолати моеъ барои системаҳои таҳқиқшуда муайян намоем.

Калидвожаҳо: мис, нукра, индий, элементҳои ҷадвали даврии Д.И. Менделеев, ҳалшавӣ дар ҳолати моеъ, таҳлили статистикӣ.

FORECAST OF MUTUAL SOLUBILITY IN THE LIQUID STATE FOR BINARY SYSTEMS Cu (Ag, In) - ELEMENTS OF THE PERIODIC TABLE OF D.I. MENDELEEV (PT)

¹T.D. Juraev, ²K.B. Nurov, ¹R.A. Nimonov, ²A.S. Jafari, ¹E.R. Gazizova

(¹TTU named after acad. M.S. Osimi, DDOT named after S.Aini, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. A statistical assessment of the interaction of copper (silver, indium) with 80 PT elements was conducted, which allowed us to refine the solubility in the liquid state for the studied systems and predict it for unstudied systems.

Keywords: copper, silver, indium, elements of the periodic table of D.I. Mendeleev, solubility in liquid state, statistical analysis.

Сведения об авторах

Джураев Тухтасун Джураевич – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 919-94-89-24.

Нуров Курбонали Бозорович – кандидат химических наук, доцент кафедры экспериментальной физики ТГПУ им. С.Айни, тел. 93-823-65-65.

Нимонов Ривож Амирович – кандидат технических наук, заведующий лабораториями кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 918-39-09-90.

Джафари Амиршо Сайобид – кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры технологии и машиноведения ТГПУ им. С.Айни, тел. 918-53-51-73.

Газизова Эльвира Рашитовна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 907-74-40-86.

УДК 536.75

РОЛЬ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ИЗМЕНЕНИИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА Pb+0,03%Ag

М. Маджиди, М. Махмудзода

(ГНУ Институт химии имени В.И. Никитина, НАН Таджикистана, г. Душанбе)

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования теплофизических свойств сплава Pb+0.03%Ag в условиях действия микросейсм и изоляции от них. Показано, что под действием микросейсма коэффициент конвективного теплообмена и теплового излучения увеличиваются.

Ключевые слова: вибрация, микросейсм, охлаждение, конвективный теплообмен, тепловое излучение, температурная зависимость.

Введение

В работе приведены результаты исследования механических свойств и электропроводность отливок свинца, полученных в условиях действия микросейсм и изоляции от них. Выявлено, что микротвёрдость и прочность на равномерное растяжение слитков, полученных в условиях повышенных уровней микросейсм, снижаются в среднем на 15%. Удельное электрическое сопротивление оксидного слоя слитков, полученных в условиях изоляции от микросейсма, оказывается примерно в 2 раза больше, чем полученных в условиях без изоляции [1].

Целью данной работы является выяснение действия микросейсм на теплофизические свойства сплава Pb+0.03%Ag в широком интервале температур методом охлаждения [2].

Измерены зависимости температуры сплава Pb+0.03%Ag от времени охлаждения в интервале 300 – 580 К. Точность измерения температуры около 1% в исследованном интервале температур.

Экспериментально полученные временные зависимости температуры образцов с достаточно хорошей точностью (с коэффициентом регрессии не менее 0,9998) описываются уравнением вида [3]

$$T = T_0 + \Delta T_{01} e^{-\frac{\tau}{\tau_1}} + \Delta T_{02} e^{-\frac{\tau}{\tau_2}} \quad (1)$$

где T_0 - температура окружающей среды, ΔT_{01} , ΔT_{02} - амплитуда изменения температуры и τ_1 , τ_2 - характерные времена охлаждения для первого и второго релаксационных процессов. На рис. 1 приведена зависимость температуры сплава Pb+0.03%Ag при изоляции от микросейсм (1) и Pb+0.03%Ag с воздействием микросейсм (2) от времени охлаждения.

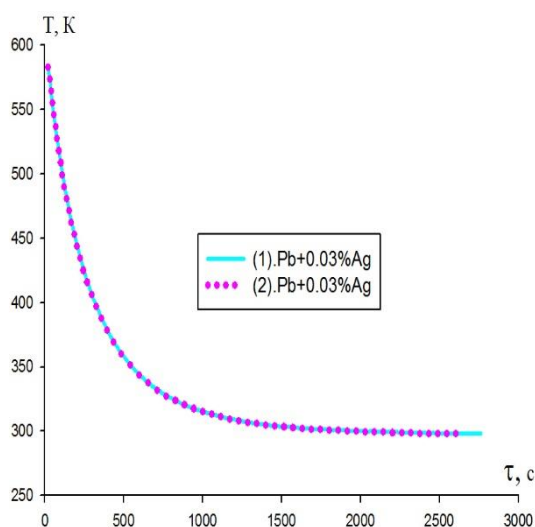


Рис. 1. Зависимость температуры сплава Pb+0.03%Ag при изоляции от микросейсм (1) и Pb+0.03%Ag воздействия микросейсм (2) от времени охлаждения

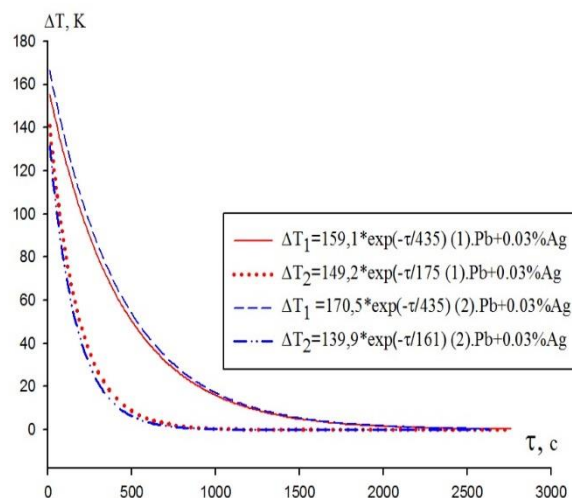


Рис. 2. Кинетика охлаждения сплава Pb+0.03%Ag при изоляции от микросейсм (1), Pb+0.03%Ag воздействия микросейсм (2) для конвективного теплообмена ΔT_1 и теплового излучения ΔT_2

Как видно из рисунка, кинетика охлаждения в условиях действия микросейсм и изоляции от них не отличаются.

В работах [4-9] показано, что охлаждение состоит из двух процессов: конвективный теплообмен и теплового излучения. На рис. 2 приведена кинетика охлаждения сплава Pb+0.03%Ag при изоляции от микросейсм (1) и Pb+0.03%Ag воздействия микросейсм (2) для конвективного теплообмена ΔT_1 и теплового излучения ΔT_2 .

Дифференцируя (1), получаем уравнение для скорости охлаждения:

$$\frac{dT}{d\tau} = - \left(\frac{\Delta T_{01}}{\tau_1} e^{-\tau/\tau_1} + \frac{\Delta T_{02}}{\tau_2} e^{-\tau/\tau_2} \right), \quad (2)$$

где $\Delta T_{01}/\tau_1$ и $\Delta T_{02}/\tau_2$ - соответственно амплитуды скоростей охлаждения в первом и втором процессе. На рис. 3 приведена зависимость скорости охлаждения от времени для сплава Pb+0.03%Ag при изоляции от микросейсм (1), Pb+0.03%Ag воздействия микросейсм (2) от времени для конвективного теплообмена и теплового излучения. Как видно микросейсм не влияют на скорости охлаждения. Процесс, связанный с конвективным теплообменом, протекает медленнее, чем тепловое излучения.

На рис. 4 приведена зависимость коэффициента теплоотдачи при конвективном теплообмене (α_1) и коэффициента излучения (α_2) от температуры для сплава Pb+0.03%Ag.

Как видно из рисунка, под действием микросейсм коэффициент теплоотдачи конвективного теплообмена и коэффициент теплового излучения уменьшаются.

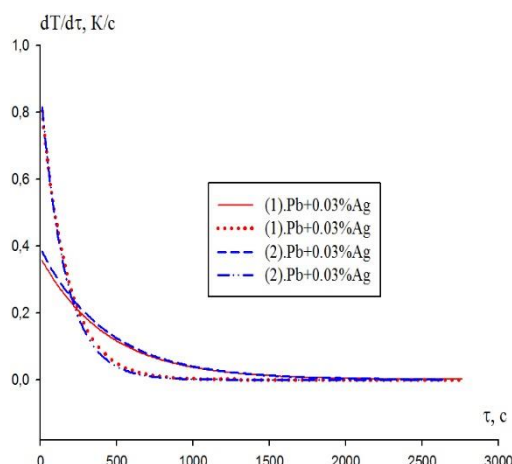


Рис. 3. Зависимость скорости охлаждения от времени для сплава Pb+0.03%Ag при изоляции от микросейсм (1), Pb+0.03%Ag воздействия микросейсм (2) от времени для конвективного теплообмена и теплового излучения

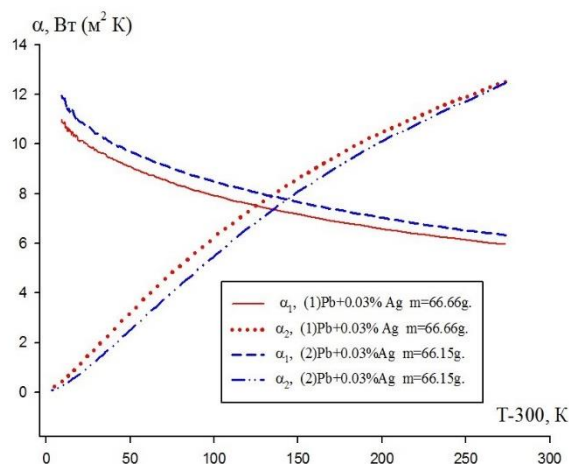


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплоотдачи при конвективном теплообмене (α_1) и коэффициента излучения (α_2) от температуры для сплава Pb+0.03%Ag при изоляции от микросейсм (1), Pb+0.03%Ag воздействие микросейсм (2)

В табл. 1 приведены значения коэффициентов в уравнениях (1) и (2).

Таблица 1 - Значения коэффициентов в уравнениях

	$T_1 - T_0, K$	τ_1, c	$T_2 - T_0, K$	τ_2, c	$(T_1 - T_0)/\tau_1, K/c$	$(T_2 - T_0)/\tau_2, K/c$	T_0, K
Pb+0.03%Ag (1)	159	435	149	175	0.36	0.85	298
Pb+0.03%Ag (2)	170	435	140	161	0.39	0.87	298

Зная состав образца, по правилу Неймана-Коппа вычислили теплоемкость. Используя значения теплоемкости и экспериментальные величины скоростей охлаждения, было вычислены коэффициенты теплоотдачи $\alpha(T)$ по формуле

$$|\alpha(T)| = \frac{c_m \left(\frac{dT}{d\tau} \right)}{S(T - T_0)} \quad (3)$$

здесь m и S - соответственно масса и площадь поверхности и T - температура образца. на рис. 5 приведена зависимость $\frac{\alpha(T)}{c(T)}$ для сплава Pb+0,03%Ag.

Как видно отношение коэффициента теплоотдачи к теплоемкости под действием микросейсм меньше, чем при изоляции сплава от действия микросейсм. Оно показывает, что под действием микросейсм коэффициент теплоотдачи увеличивается. Эти результаты подтверждают данные приведенные на рис. 4.

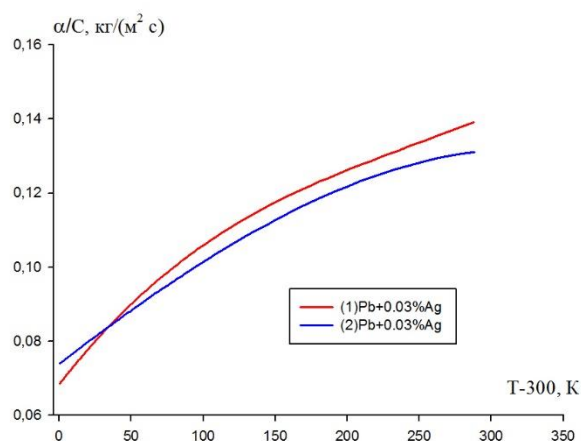


Рис. 5. Зависимость $\frac{\alpha(T)}{C(T)}$, кг/(м² с) для сплава Pb+0.03%Ag при изоляции от микросейсм (1), Pb+0.03%Ag воздействия микросейсм (2) от температуры

Заключение

Результаты исследования роли микросейсмических воздействий свидетельствуют о том, что при их наличии в системе интенсифицируются процессы теплообмена. Под действием микросейсм усиливается движение расплава и прилегающих слоёв среды, что приводит к росту коэффициентов конвективного теплообмена за счёт повышения турбулентности и более эффективного переноса тепловой энергии. Одновременно с этим наблюдается увеличение вклада теплового излучения, обусловленное локальными флуктуациями температуры и изменением состояния поверхности теплообмена. В совокупности, данные эффекты подтверждают, что микросейсмические воздействия являются дополнительным физическим фактором, способствующим интенсификации теплопереноса и ускорению теплофизических процессов в исследуемой системе.

Литература

1. Маджиди М.К. исследования физико-химических свойств отливок свинца, полученных в условиях микросейсмического воздействия - Доклады Академии наук Республики Таджикистан, 2018, том 61, №1, с.65-70.
2. Низомов З., Гулов Б., Саидов Р., Авезов З. Измерение удельной теплоемкости твердых тел методом охлаждения - Вестник национального университета, 2010, № 3(59), с.136-141.
3. Низомов З., Гулов Б.Н., Саидов Р.Х. Теплоемкость алюминия марки А5N, его сплавов с кремнием, медью и редкоземельными металлами - Доклады Академии наук Республики Таджикистан, 2014, т.57, № 11-12, с. 917-921.
4. Низомов З., Мирзоев Ф.М., Гулов Б.Н. Оценка вклада теплового излучения и конвективного теплообмена в коэффициент теплоотдачи алюминия различной чистоты при естественном воздушном теплоотводе. Доклады Академии наук Республики Таджикистан, 2017, т.60, №11-12, с.575-582.
5. Низомов З., Саидов Р.Х., Шарипов Дж. Г. Механизм охлаждения алюминия, меди и цинка при естественном воздушном теплоотводе. - Вестник национального университета. Серия естественных наук, 2017, №1-1, с. 99-103.
6. Температурная зависимость теплоёмкости и изменение термодинамических функций сплава АК9 / М. Ч. Ширинов, И. Н. Ганиев, Н. С. Олимов, Н. Ф. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 3(43). – С. 27-30. – EDN YPOPIIT.
7. Раджабалиев, С. С. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18%Fe / С. С. Раджабалиев, И. Н. Ганиев, И.Т. Амонов // Вопросы материаловедения. – 2016. – № 2(86). – С. 147-151. – EDN WDCAPR.
8. Удельная теплоемкость и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be) / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 1(45). – С. 96-103. – EDN VSRYRL.

9. Иброхимов, С. Ж. Влияния скандия и лантана на теплофизические свойства сплава "АМг4" / С. Ж. Иброхимов, Б. Б. Эшов, Н. Ф. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 2(38). – С. 33-37. – EDN YFPVOZ.

НАҚШИ ТАЪСИРИ МИКРОСЕЙСМҲО ДАР ТАҒЙИРӢБИИ ХОСИЯТҲОИ ГАРМОФИЗИКИИ ХӢЛАИ Pb+0.03%Ag

М. Мачиди, М. Махмудзода

(Институти кимиё ба номи В.И. Никитин, Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Душанбе,
Ҷумҳурии Тоҷикистон))

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаи тадқиқоти хосиятҳои термофизикии хулаи Pb+0.03%Ag дар шароити таъсири микросейсм ва бе таъсири он оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки бо таъсири микросейсм коэффитсиентҳои мубодилаи конвективӣ ва афканишоти ҳароратӣ меафзояд.

Калидвожаҳо: лаппиш, микросейсм, усули хунуккунӣ, мубодилаи конвективӣ, афканишоти ҳароратӣ, вобастаги аз температура.

ROLE OF MICROSEISMIC EFFECTS IN THE MODIFICATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF THE Pb+0.03%Ag ALLOY

M. Majidi, M. Mahmudzoda

(Institute of Chemistry V.I. Nikitin, National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of
Tajikistan)

Abstract. The article presents the results of the study of thermal properties of Pb+0.03% Ag alloy under the action of microseisms and isolation from them. It is shown that under the action of microseisms coefficient of convective heat transfer and thermal radiation increase.

Keywords: vibration, microseism, cooling method, convective heat transfer, thermal radiation, temperature dependence.

Маълумот дар бораи муаллифон

Мачидӣ Миршариф – номзади илмҳои техникаӣ, ходими калони илмии озмоишгоҳи «Маводшиносии»-и, Институти химияи ба номи В.И. Никитин, Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон 734063, Душанбе, хиёбони Айнӣ 299/2, Телефони тамос: (+992) 90-966-61-59, E-mail: mirsharif-0905@mail.ru

Махмудзода Мӯъминҷон – номзади илмҳои техникаӣ, ходими пешбари илмии озмоишгоҳи «Маводшиносии»-и, Институти химияи ба номи В.И. Никитин, Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон 734063, Душанбе, хиёбони Айнӣ 299/2, Телефони тамос: (+992) 88-911-99-99, E-mail: m.mahmudzoda@mail.ru

УДК 536.75

ТАЪСИРИ СУРБ БА СОХТИ ТАРКИБӢ ВА ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИИ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3

О.Д. Шерализода, И.Н. Ганиев, С.С. Рачабалиев

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Сохти таркибии хулаи алюминии АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо сурб чавҳаронидашуда дар микроскопи нурии тамғаи БИОМЕД-1 (Украина) тадқиқ карда шуд. Дар натиҷаи тадқиқот муқаррар карда шуд, ки хулаҳое ки дар таркибашон миқдори нисбатан ками сурб доранд, андозаи доначаҳояшон калон мебошад. Бо зиёдшавии миқдори элементи лигарӣ сохти таркибии доначаҳои хурдандоза дошта ҳосил мешавад Сохти таркибии хулаи алюминии

АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо сурб чавҳаронидашуда маҳлули саҳти алюминий бо эвтектика ҳосил намуда, миқдор ва андозаи онҳо аз миқдори элементи лигари таркиби ҳӯла, вобаста аст.

Калидвожаҳо: ҳулаи алюминий, ҳосиятҳои механикӣ, соҳти таркибӣ, саҳтӣ, интерметаллид, мустаҳкамӣ.

Мукаддима

Таби солҳои охир таваҷҷуҳ ба таҳия ва татбиқи маводи нави конструксионии дорои ҳосиятҳои беҳтари механикӣ ва муқовимати баланд ба коррозия нисбат ба маводи анъанавӣ афзуда истодааст. Бо дарназардошти ин, таҳқиқ ва коркарди ҳӯлаҳои нави алюминий бо иловаи элементҳои гуногуни чавҳаркунанда, ки ба муҳитҳои ғайри мувофиқ буда, қобилияти баландтари пароканда кардани энергия доранд, аҳамияти махсус касб мекунад.

Алюминий ва ҳӯлаҳои он аз рӯи ҳаҷми истифода пас аз пӯлод дар ҷойи дуюм қарор доранд. Гуногунчиҳата будани истифодаи онҳо бо маҷмуи ҳосиятҳои арзишманди химиявӣ, физикӣ ва механикӣ, инчунин бо мавҷудияти захираҳои зиёди табиӣ алюминий дар қабати замин вобаста аст. Бо вучуди ин, дар шароити рушди синтези ҳӯлаҳои нав ва татбиқи онҳо дар техника ва технология, инчунин васеъ гардидани соҳаҳои истифода, бахусус, дар муҳитҳои ғайри, масъалаи таҳқиқи муқовимати зангзании алюминий ва ҳӯлаҳои он аҳамияти бештар пайдо мекунад ва омӯзиши амиқро талаб менамояд [1 – 4].

Ҳӯлаи Алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 дар асоси ашёи хоми дуюмдараҷа ҳамчун замимаҳои тамоси хатҳои троллейбус истифода мешавад. Камбудии ин ҳӯлаи алюминий коэффитсиенти соиши баланди он мебошад, ки муҳлати истифодаи маҳсулоти аз он сохташударо коҳиш медиҳад. Барои кам кардани коэффитсиенти соиши лағжиш ва беҳтар кардани дигар хусусиятҳои механикӣ ҳулаи маскур бо металлҳои зудғудохтасаванда аз қабili қалъагӣ, сурб ва висмут чавҳаронида шудааст.

Омӯштани соҳти таркибӣ яке аз воситаҳои асосии тадқиқоти алюминий ва ҳӯлаҳои он ба шумор меравад. Ин имконият медиҳад ки таъсири гуногуни деформатсия ва коркард бо ҳарорат ба ҳосиятҳои маҳсулоти тайёри алюминий, инчунин таҳлил кардани сабабҳои корношам шудани маҳсулотро муайян кунем [4-6].

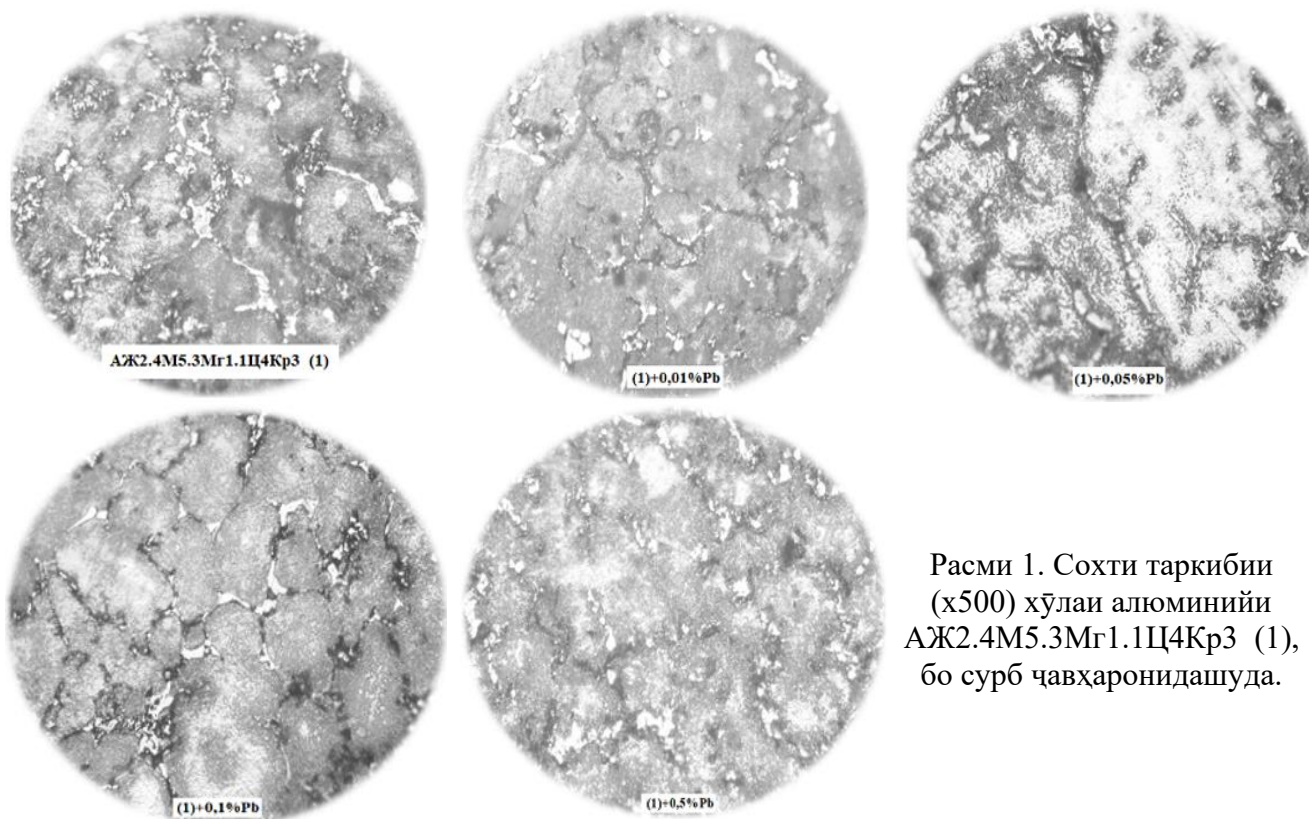
Тадқиқот имконият медиҳад, ки тағйирёбии соҳти таркибиро вобаста аз таркиб ва ҳарорат мушоҳида намоем. Дарозии сарҳади гомогенӣ ва гетерогенӣ, инчунин мавҷудияти фазаҳои интерметаллӣ дар системаро дақиқ муайян кардан мумкин аст. Соҳти таркибии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 сурб чавҳаронидашуда дар микроскопи нурии тамғаи БИОМЕД-1 (Украина) тадқиқ карда шуд [7-10].

Барои омӯштани соҳти таркибии намунаҳои озмоишӣ аз ҳӯлаҳои моеи бадастовардашуда бо усули рехтагари намунаҳои цилиндршакли қутрашон 15мм ва дарозияшон 20мм ҳосил карда шуд. Ҳар як намунаро қаблан суфта карда, ба воситаи спирт аз равшан тоза намуда дар маҳлули 0,5%-и HF ғарқ карда шудаанд. Вақти захролудкунии сатҳи болоии намуна (шлиф) аз 30 то 50 сонияро ташкил дод.

Баъди захролуд кардан микрошлифро дар оби ҷорӣ шуста, бо қоғазии тозаи махсус хушк карда шуд.

Соҳти таркибии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо сурб чавҳаронидашуда маҳлули саҳти алюминий бо эвтектика ҳосил намуда, миқдор ва андозаи онҳо аз миқдори элементи лигарӣ дар таркиби ҳӯла, вобаста аст. Ҳӯлаҳои ки дар таркибашон миқдори нисбатан ками сурб доранд, андозаи дончаҳои калон мебошад. Бо зиёдшавии миқдори элементи лигарӣ соҳти таркибии дончаҳои хурдандоза дошта ҳосил мешавад (расми 1).

Ҳангоми гузаронидани тадқиқот муайян карда шуд, ки соҳти таркибии ҳӯлаҳои мавриди омӯзиш қарордошта яхела буда, асосан аз маҳлули саҳти алюминий иборатанд. Инчунин зарчаҳои фазаи интерметаллидӣ мушоҳида карда шуд, ки дар натиҷаи кристалбандии ҳӯла ба вучуд омадаанд (расми 1). Миқдор ва андозаи дончаҳои фазаи дуюм ба ҳосиятҳои механикӣ ҳулаи ибтидоӣ таъсир мерасонад. Саҳтӣ ва мустаҳкамии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо зиёдшавии миқдори элементҳои лигарӣ, зиёд мешавад (Ҷадвали 1).



Расми 1. Сохти таркибии (х500) хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 (1), бо сурб ҷавҳаронидашуда.

Сахтӣ ҳосиятест, ки ҳангоми интиҳоби мавод барои истеҳсоли қисмҳои дорои вазифаҳои гуногун яке аз муҳимтаринҳо ҳисобида мешавад. Қимати сахтӣ муайян мекунад, ки оё маводди омӯхташуда ҳамчун маводди конструксионӣ барои истеҳсоли қисмҳои, ки ҳангоми кор сарбории баланд доранд мувофиқ аст, ё не. Бо ин мақсад, мо як қатор тадқиқотро барои муайян кардани сахтии намунаҳо аз ҳама хӯлаҳои синтезшуда гузаронидем. Барои муайян кардани сахтӣ усули асосии Бринелл, ки васеъ истифода мешавад, интиҳоб карда шуд; аз тамоми хӯлаҳои синтезшуда, ки шаклашон мувофиқи стандарт (10 x 16 мм) доштанд, намунаҳо гирифта шуданд, ки баъдан дар дастгоҳи Бринелл таъмири ТШ-2 санҷида шуданд.

Бартариии дигари усули Бринелл дар он аст, ки бо дониستاني қиматҳои сахтӣ бо истифода аз ҳисобҳои ҳосияти дигари хӯлаҳо муайян кардан мумкин аст, масалан устуворӣ. Бо истифода аз қиматҳои зарурӣ, метавон ҳудуди устувории хӯларо бо формулаи зерин ҳисоб кард:

$$\sigma_b = k \cdot HB, \text{ МПа}$$

Тибқи маълумоти адабиёт, «k» барои хӯлаҳои алюминӣ ба 0,25 баробар аст. Дар асоси натиҷаҳои ин озмоишҳо маълум гардид, ки иловаҳои мо ба андозаи 0,5 % масса ба сахти ва устуворӣ таъсири манфӣ мерасонад.

Ҷадвали 1 – Натиҷаҳои сахтӣ ва ҳудуди устувории хӯлаи алюминӣ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо сурб ҷавҳаронидашуда

Иловаҳо ва миқдори онҳо, (% масса)	Сахти* НВ,		Мустаҳкамии (ҳисоби), МПа
	кгс/мм ²	МПа	
0,0	94,02	922,3362	230,5841
0,01	94,02	922,3362	230,5841
0,05	87,23	855,7263	213,9316
0,1	84,54	829,3374	207,3344
0,5	81,97	804,1257	201,0314

* - қимати миёнаро аз рӯи натиҷаҳои 3 маротиба ченкуни муайян намудем.

Адабиёт

1. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. Самара: Самарск. Гос. тех. универ. 2013-81с.
2. Горо Н. Коррозия алюминия и его сплавов. // Босеку гидаюзу, 1978, с.194-202с.
3. Кудрявцев Н. Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Хими. 1979. 351с.
4. Рахимова, Н.О. Влияние ванадия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АБ1/ Н.О.Рахимова, М.З. Курбонова, И.Н.Ганиев, С.С. Раджабалиев // Республиканский научно – теоретической конференции на тему «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан» – Душанбе 2020г. – С.163-165.
5. Рахимова Н.О. Влияние титана, ванадия и необия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АБ1/ Н.О. Рахимова, М.З. Курбонова, И.Н. Ганиев, Раджабалиев С.С.// Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. –№2. –2020. –С. 187-195.
6. Раджабалиев, С. С. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18%Fe / С. С. Раджабалиев, И. Н. Ганиев, И.Т. Амонов // Вопросы материаловедения. – 2016. – № 2(86). – С. 147-151. – EDN WDCAPR.
7. Анодное поведение свинцового сплава CSu_3 с кадмием в среде электролита NaCl / И. Н. Ганиев, М. С. Аминбекова, Б. Б. Эшов [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 42-46. – EDN YXINJZ.
8. Исмонов, Р. Д. Микроструктура алюминиевого сплава AlBe1 с таллием и фазовый состав продуктов их окислений / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 3(63). – С. 73-75. – EDN RGIPSB.
9. Влияние добавок лития, натрия и калия на микроструктуру и механические свойства свинцового баббита б(PbSb15Sn10) / И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Р. Д. Исмонов, У. Н. Файзуллоев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 3(67). – С. 31-36. – EDN JXXXIY.
10. Влияние галлия, индия и таллия на микроструктуру и механические свойства алюминий-бериллиевого сплава AlBe1 / Р. Д. Исмонов, А. М. Сафаров, С. С. Раджабалиев, С. Т. Бадурдинов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 1(65). – С. 60-63. – EDN DIJILW.

ВЛИЯНИЕ СВИНЦА НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3

О.Д. Шерализода, И.Н. Ганиев, С.С. Раджабалиев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Структура алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного свинцом, была исследована с использованием светового микроскопа марки БИОМЕД-1 (Украина).

В результате исследований установлено, что сплавы с относительно небольшим содержанием свинца характеризуются крупнозернистой структурой. С увеличением содержания легирующего элемента формируется мелкозернистая структура. Структура алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного свинцом, представляет собой твёрдый раствор алюминия с эвтектикой, при этом их количество и размеры зависят от содержания легирующего элемента в составе сплава.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, механические свойства, структура, твёрдость, интерметаллид, прочность.

EFFECT OF LEAD ON THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINIUM ALLOY АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3

O.D. Sheralizoda, I.N. Ganiev, S.S. Rajabaliyev

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The structure of the aluminium alloy АЖ2.4М5.3Мg1.1Ц4Кр3, alloyed with lead, was investigated using a light microscope model BIOMED-1 (Ukraine).

The study found that alloys with relatively low amounts of lead exhibit a coarse-grained structure. As the amount of the alloying element increases, a fine-grained structure is formed. The structure of the lead-alloyed aluminium alloy АЖ2.4М5.3Мg1.1Ц4Кр3 is a solid solution of aluminium with eutectic, and their quantity and size depend on the amount of the alloying element in the alloy composition.

Keywords: aluminium alloy, mechanical properties, structure, hardness, intermetallic, strength.

Маълумот оиди муалифон

Шерализода Ориф Давлат - муаллими калони кафедраи механикаи назариявӣ ва муқовимати маводи ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, E-mail: davlatov_orif@mail.ru тел. (+992) 985-09-14-64

Ганиев Изатулло Наврузович - академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, д.и.к., профессор, E-mail: ganiev48@mail.ru тел. (+992) 93-488-48-79

Раҷабалиев Сафомудин Сайдалиевич - н.и.т., дотсенти кафедраи масолахшиносӣ, мошинҳо ва таҷҳизоти металлургии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, E-mail: safomudinradzabaliyev@gmail.com тел. (+992) 933310934

УДК 541.64:543.422.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО ХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РЕПЕЙНИКА (*ARCTIUM LAPPA L*) И ДОННИК ЛЕКАРСТВЕННЫЙ (*MELILOTUS OFFICINALIS L.*)

¹Султонов Р.А., ¹Юсуфи С.ДЖ., ¹Раджабов У.Р., ²Мингбоев Ш.А., ²Махкамов Х.К.
(¹ГОУ «ТГМУ им. имени Абуали ибни Сино», ²НОУ «Институт промышленности и сервиса»)

Аннотация. Методом ЭПР - спектроскопии изучена вращательная подвижность нитроксильного радикала и свойства дикорастущего лекарственного растения репейник (*arctium lappa*) и донник лекарственный (*melilotus officinalis l.*). Установлено, что при комнатной температуре выше 300°К, а также в зависимости от высоты над уровнем моря происходят структурные переходы, сопровождающиеся заметным увеличением вращательной диффузии радикала.

Ключевые слова: репейник, донник, ЭПР - спектры, спиновые метки, лекарственные растения, листьев, молекулярная динамика, *ARCTIUM LAPPA*, *MELILOTUS OFFICINALIS L*

Актуальность. Репейник и донник известное, популярное лекарственное растение, которое широко используется как в народной медицине, так и в современной научной медицине. Современные научные исследования выявили противовоспалительные, антиоксидантные, противоопухолевые, гипогликемические, гиполипидемические, иммуномодулирующие, гепатопротективные, радиопротективные, пребиотические свойства экстрактов растения. Лекарственные растения в настоящее время являются ценным средством для лечения и профилактики хронических заболеваний. В то же время преимуществом большинства растений является их малая токсичность. Кроме того, считается, что более эффективными являются те лекарственные растения, которые произрастают в экологически чистых условиях. Он удаляет запах изорта. Порошок растения наружно помогает при плесневых заболеваниях глаз и рта. Он укрепляет сердце.

Целью данной работы является изучение, исследование корреляции между молекулярно-динамическими и механическими характеристиками репейника (*arctium lappa*).

Материал и методы исследования. Работа проводилась на кафедре фармацевтической и токсикологической химии, ГОУ «Таджикского государственного медицинского университета имени Абуали ибн Сино», ГУ «Научно-исследовательский фармацевтический центр

Министерства здравоохранения и социальной защиты населения Республики Таджикистан», лаборатории высокомолекулярной соединения Института химии им. В.И. Никитина НАНТ и в лаборатории молекулярной спектроскопии физико-технического института им.С.У.Умарова НАНТ.

Результаты и их обсуждение. Метод спиновых меток является одним из эффективных методов изучения изменений молекулярной динамики биологических объектов в области её присоединения и чувствительным к молекулярной подвижности макромолекулы [5-7]. Изучение молекулярной структуры и свойства лекарственных растений, модифицированных спиновой метки (I), даёт возможность исследовать изменение структуры молекул и свойства при влиянии внешних факторов. Особенность метода спиновых меток заключается в том, что в матрицу исследуемого образца вводят стабильный нитроксильный радикал, ЭПР спектр которого чувствителен к конформационной подвижности макромолекулы, связанной с анизотропией g-фактора и сверхтонкого взаимодействия электронного спина с ядрами атома азота. Спектр ЭПР радикала зависит от его ориентации во внешнем магнитном поле [8]. Исследуемые образцы лекарственного растения девясила высокого в порошковом виде модифицировали спиновой меткой (I) по методике [9]. Спектры ЭПР регистрировали на радиоспектрометре РЭ – 1306 в стандартных молибденовых ампулах с внутренним диаметром 3.0 мм, в которые помещали по 25 мг спин-меченого образца. На рис.1 приведены ЭПР - спектры стабильного нитроксильного радикала (I) в этаноловом растворе с концентрацией $4 \cdot 10^{-3}$ М / л, с временем корреляции ($\tau_c < 10^{-7}$ с.) и спин – меченого лекарственного растения девясила высокого при влиянии перекиси водорода (ПВ) с различными объёмными концентрациями. С увеличением концентрации в спектрах ЭПР наблюдаются уширения линии между компонентами, то есть заторможенность. Оно свидетельствуют о том, что при больших значениях объёма концентрации перекиси водорода в исследуемом образце происходит процесс растворения, то есть структурное изменение сопровождающиеся заметным увеличением вращательной диффузии радикала в изученных образцах, которые свидетельствует об увеличении взаимодействия между молекулами и спиновой меткой. На рис. 1 представлена зависимость разрывной прочности (σ) листьев репейника от уровня радиации (R) при комнатной температуре. Можно видеть, что прочность образцов с ростом уровня радиации достаточно быстро и не линейно падает.

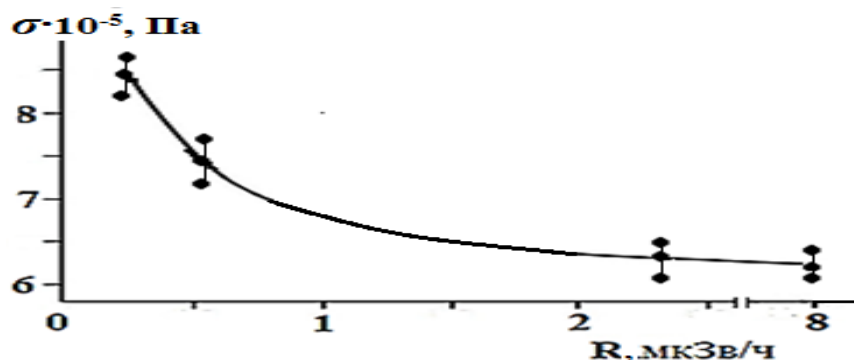


Рисунок 1. Зависимость разрывной прочности листьев репейника от уровня радиации места прорастания

На рис. 2 приведены температурные зависимости разрывной прочности для образцов с двумя разными предысториями: 1 – из точек с допустимым уровнем радиации, 2 – из точек с уровнем радиации 8,4 мкЗв/час.

Можно видеть, что вначале, с ростом температуры, в обоих случаях наблюдается небольшой рост прочности образцов. Это, вероятно, связано с тем, что с повышением температуры происходит сушка образцов. Уменьшения влаги, как известно, приводит к возрастанию прочности полимеров. Далее, повышение температуры приводит к линейному спаду прочности. Максимум кривой 1 приходится на температуру $\sim 60-65^{\circ}\text{C}$, а для кривой 2-на температуру $\sim 75^{\circ}\text{C}$.

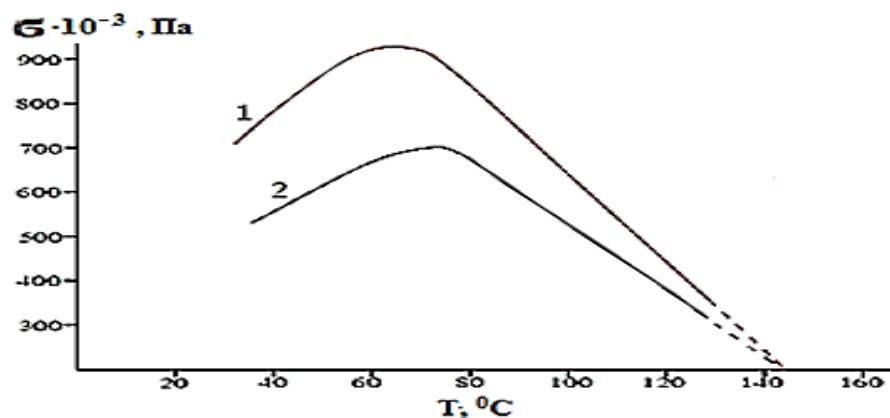


Рисунок 2. Температурная зависимость прочности листьев репейника:

1- образцы из точек с допустимым радиационным фоном,

2-образцы из точек с радиационным фоном 8,4 мкЗв/час

В табл. 1. приведены физико-механические характеристики листьев репейника из точек с разными уровнями радиационного фона. Видно, что значения энергий активации разрушения U_0 для образцов из обеих точек практически одинаковы, а вот структурно-чувствительный коэффициент γ для образца из точки В увеличивается, разрывная прочность падает. Постоянство U_0 свидетельствует о том, что в обоих случаях разрушению подвергаются одни и те же внутримолекулярные межатомные связи.

Таблица 1 - Сравнительные физико-механические характеристики листьев репейника из точек с разными уровнями радиационного фона

Место произрастания	Мощность радиации R, мкЗв/ч	σ , 10^5 Па	U_0 , ккал/моль	γ , ккал/Па моль	$E_{эфф}$, ккал/моль
точка А	0.22	8.39	8.55	0.5	0,703
точка В	8.40	6.45	8.28	0.7	0,520

Из табл. 1 видно, что эффективная энергия активация ($E_{эфф}$) вращательной диффузии спиновых меток для поражённых образцов уменьшается.

Для выяснения особенностей влияния радиационного фона и степени загрязнённости почв места прорастания растений на механизм молекулярного структурообразования в них в качестве объекта исследования нами был выбран репейник (лопух большой), собранный из разных точек хвост хранилища Дигмай во время цветения (табл. 2).

Таблица 2 - Радиационный фон места произрастания репейника

Место произрастания	Радиационный фон, мкЗв/час
точка А	0.20
точка В	2.70
точка С	8.40

Спектры ЭПР объектов снимали на радиоспектрометре РЭ-1306, условия записи для которого приведены. Интенсивность сигнала образца сравнивалась с интенсивностью сигнала эталонной навески двухвалентного Mn^{+2} в окиси магния MgO по количеству парамагнитных центров.

На рис. 3 представлены синглетные спектры ЭПР стабильных радикалов в сухих листьях репейника в зависимости от радиационного фона места произрастания. Видно, что спектры ЭПР растений из разных точек имеют различную интенсивность, но одинаковую ширину (ΔH_0).

Спектры синглетны, что свидетельствует о суперпозиции сигналов ЭПР, то есть о наличии свободных радикалов разного типа и отсутствии сверхтонкого взаимодействия (СТВ).

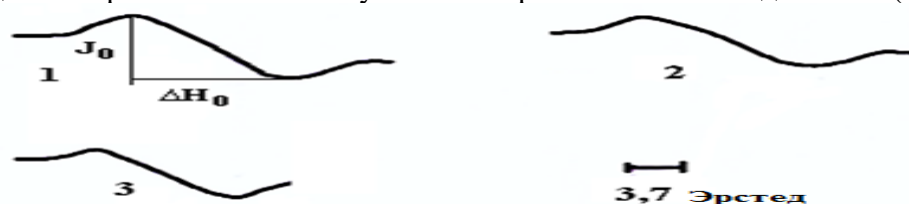


Рисунок 3. Спектры ЭПР листьев репейника из разных точек Дигмая: 1 - из точки А; 2 - из точки В; 3 - из точки С

Количество стабильных радикалов рассчитывали по формуле:

$$C_R = C_{\text{эт}} \frac{J_0}{J_{\text{эт}}},$$

где $C_{\text{эт}}$ – количество свободных радикалов в эталоне, $J_{\text{эт}}$, J_0 – интенсивность спектров ЭПР эталона и исследуемого образца соответственно.

В таблице 3 приведены количественные параметры спектров ЭПР в зависимости от точек сбора (уровня радиационного фона). На рис. 4 представлен график зависимости количества парамагнитных центров C_R образцов листьев репейника от мощности радиационного фона местности R . Как видно из рисунка, максимальное количество свободных радикалов содержится у образцов из точки А с мощностью радиационного фона 0,20 мкЗв/ч, что не превышает норму. В точке С радиационный фон составляет 8,4 мкЗв/час, а содержание свободных радикалов наименьшее из всех.

Таблица 3 - Параметры спектров ЭПР и количество парамагнитных центров в листьях репейника из разных мест произрастания

Место сбора образцов, рад. фон.	J_0 , мм	ΔH_0 , мм	$C_R \cdot 10^{12}$, спин/мг
точка А, (0,20 мкЗв/ч)	22.0	12	15.7
точка В, (2.70 мкЗв/ч)	18.0	12	12.8
точка С, (8,4 мкЗв/ч)	16.3	12	11.6

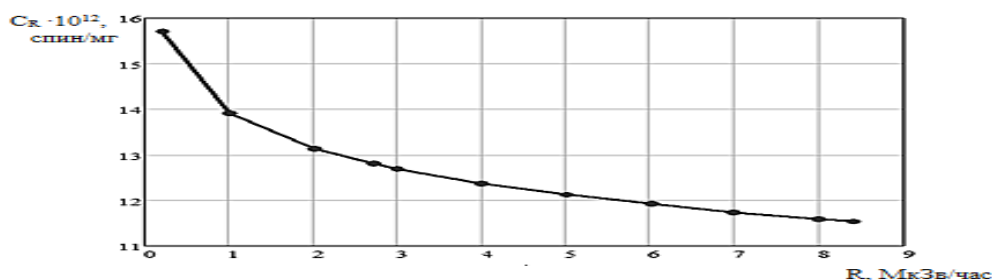
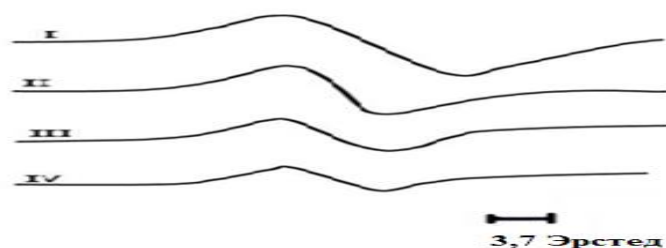


Рисунок 4. Зависимость количества свободных радикалов C_R в листьях репейника от мощности радиационного фона местности R

На рис. 5 приведены синглетные спектры ЭПР стебля донника. Видно, что спектры ЭПР стебля при комнатной температуре имеют широкое синглетное состояние, с шириной линии ΔH_0 , что также свидетельствует о суперпозиции сигналов ЭПР, то есть о присутствии нескольких видов свободных радикалов.



Рисунке 5. Спектры ЭПР стебля донника, отображенных в разных точках
Дигмая: I–A; II –B; III –C; IV- D

Параметры спектров ЭПР и количество парамагнитных центров в образцах стебля донника в зависимости от радиационного фона приведены в таблице 4. Как видно из таблицы 4. радиационный фон заметно влияет на структуру стеблей донника, следовательно, накопление свободных радикалов зависит от радиационного фона местности. Уменьшение количества стабильных радикалов с увеличением радиации связано, по-видимому, с их реакцией с генерируемыми активными радикалами.

Таблица 4 - Параметры спектров ЭПР и количество парамагнитных центров в стебле донника

Место сбора образцов	Радиационный фон, мкЗв/час	J_0 , мм	ΔH_0 , мм	$C_R \cdot 10^{12}$, спин/мг
точка A	0.12	25	16	17.8
точка B	0.22	22	13	15.7
точка C	0.70	14	13	10,0
точка D	2.40	9	13	6.40

Полученные результаты свидетельствуют о том, интенсивность стабильного радикала уменьшается по мере увеличения радиационного фона. Поэтому этот параметр спектра ЭПР может служить критерием влияния радиации.

Выводы

Таким образом, можно предположить, что механическая прочность листьев растений в значительной мере зависит от наличия «дефектных» рыхлых областей, внутри которых происходит интенсивное молекулярное движение. При росте уровня фоновой радиации увеличивается доля этих областей, нарушается надмолекулярная структура, падает интегральная разрывная прочность растительного материала. Структурно-чувствительный параметр γ может быть использован в качестве показателя механических характеристик растений. Эти выводы находятся в согласии с современными представлениями о связи прочности полимеров с их микроструктурой.

Литература

1. Содержания кислоты аскорбиновой и суммы кислот органических в сырье и густых экстрактах корня и листа лопуха большого - Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології 2011, 6(108), С. 367-371.
2. Савина А.А., Шейченко В.И., Петрова А.Л., Калиниченко К.Ю., Сокольская Т.А., Быков В.А., Бабаева Е.Ю., Ласская О.Ф. Фенольные соединения листьев лопуха - Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии 2013, 11, 1, 9-13.
3. Садыкова А.Ш., Ходжаев Н.К., Орманов Т.Н., Дильбарханова Д.А. Влияние фитопрепарата лопуха гладкосемянного на морфологические изменения и содержание аскорбиновой кислоты в надпочечниках при воздействии циклофосамида - Наука и мир 2014, 3, 3(7), С. 127-129.
4. Садыкова А.Ш., Ходжаев Н.К., Темирбеков А.Н., Дильбарханова Д.А. Влияние фитоадоптогена - сока листьев лопуха гладкосемянного на морфологические изменения тимуса при иммунодефиците, индуцированного циклофосамидом - Наука и мир 2014, 1, 6(10), 20-22.

5. Яруллина З.М., Никитина В.С. Сравнительное изучение состава полисахаридного комплекса корней *Taraxacum officinale*, *Arctium Lappa* и *Inula Helenium* - Инновационный потенциал молодежной науки - Материалы Всероссийской научной конференции 8 ноября 2013 г. Уфа 2013, 281- 283.

6. Ahangarpour A., Heidari H., Oroojan A.A., Mirzavandi F., Nasr Esfehiani K., Dehghan Mohammadi Z. Antidiabetic, hypolipidemic and hepatoprotective effects of *Arctium lappa* root's hydro-alcoholic extract on nicotinamide-streptozotocin induced type 2 model of diabetes in male mice - *Avicenna J. Phytomed.* 2017, Mar-Apr., 7(2), 169-179.

7. Султонов Р.А., Раджабов У.Р., Юсуфи С.Дж., Рахими Ф., Навруззода Г.Ф., Юсуфов И.Х., Бахтдавлатов А.Д. Исследование и влияние экологических факторов на вращательную подвижность спин-меченного лекарственного растения ферулы вонючей (*FERULA ASS – FOETIDA L.*) Наука и инновация. - 2023. №1. - С.87-79

8. Султонов Р.А. Раджабов У.Р., Юсуфи С.Дж., Рахими Ф., Навруззода Г.Ф., Юсуфов И.Х. Исследование антиоксидантных свойств суммы флавоноидов, прополиса и мумиё лекарственного методом ЭПР. Наука и инновация. - 2023. №1. - С.75-79

9. Султонов Р.А., Раджабов У.Р., Юсуфи С.Дж., Рахими Ф., Навруззода Г.Ф., Юсуфов И.Х., Бахтдавлатов А.Д. Влияние влажности на молекулярную динамику структуры матрицы листьев лекарственных растений ферулы вонючей (*FERULA FOETIDA (BUNGER) REGEL*) Наука и инновация. - 2023. №1. - С.93-97

ТАҲҚИҚИ ФИЗИКО ХИМИЯВИ РАСТАНИҲОИ ДОРУГИИ МУШХОР (*ARCTIUM LAPPA L*) ВА ЗАРДРИШҚА (*MELILOTUS OFFICINALIS L.*)

¹Султонов Р.А., ¹Юсуфи С.Дж., ¹Раджабов У.Р., ²Мингбоев Ш.А., ²Махкамов Х.К.
(¹МДТ "ДДТБ ба номи Абӯалӣ ибни Сино", ²МТФ "Институту саноат ва хизматрасонӣ")

Шарҳи мухтасар. Бо усули нишонаи спинӣ (РЭП) динамикаи молекулавӣ ва хусусияти гиёҳи шифобахши мушхор (*arctium lappa*) ва зардришқа (*melilotus officinalis l.* омӯхта шудааст. Муайян карда шудааст, ки дар ҳароратӣ 300°К гузаришҳои структуравӣ ба амал меоянд, ки равиши муайяни зиёдшавии чархзании дифузиони радикалро дар ҳамаи намунаҳои тадқиқшуда тасдиқ менамоянд.

Калидвожаҳо: мушхор, зардришқа, РЭП - спектрҳо, нишонаи спинӣ, растани доруворӣ, барг, динамикаи молекулавӣ, *ARCTIUM LAPPA*, *MELILOTUS OFFICINALIS L.*

STUDY OF CORRELATION BETWEEN MOLECULAR-DYNAMIC AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE BURDOCK (*ARCTIUM LAPPA L*) AND DONNIK MEDICINAL (*MELILOTUS OFFICINALIS L.*)

¹Sultonov R.A., ¹Yusufi S.J., ¹Radzhabov U.R., ²Mingboev Sh.A., ²Makhkamov Kh.K.
(¹State Educational Institution "Tajik State Medical University named after Abu Ali Ibn Sino", ²Non-State Educational Institution "Institute of Industry and Service")

Abstract. The method of EPR - spectroscopy has studied the rotational mobility of the nitroxyl radical and the properties of a wild medicinal plant burdock (*Arctium Lappa*) and the Donnik medicinal (*Melilotus officinalis L.*). It was established that at room temperature above 300°C, as well as depending on the height above sea level, structural transitions occur, accompanied by a noticeable increase in rotational diffusion of the radical.

Keywords: burdock, donnik, EPR - spectra, spin labels, medicinal plants, molecular dynamics, leaves, *ARCTIUM LAPPA*, *MELILOTUS OFFICINALIS L.*

Сведения об авторах

Султонов Рауфджон Азизкулович — Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино, кандидат фарм. наук, и.о. доцента кафедрой фармацевтической и токсикологической химии, E-mail: raufsultonov@mail.ru

Юсуфи Саломуддин Джаббор — доктор фармацевтических наук, профессор, академик НАНТ, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино

Раджабов Умарали Раджабович – доктор химических наук, профессор кафедрой фармацевтической и токсикологической химии Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино, (+992) 907-46-48-29. E-mail: umarali55@mail.ru

Мингбоев Шерозджон Абдуворисович – НОУ «Институт промышленности и сервиса», кандидат химических наук, Адрес: Республика Таджикистан, г. Худжанд. СЭЗ «Сугд». Телефон: +992-92-804-45-75. Sheroz.mingboev@mail.ru

Махкамов Хилолиддин Кахрамонович - НОУ «Институт промышленности и сервиса», кандидат химических наук, Адрес: Республика Таджикистан, г. Худжанд. СЭЗ «Сугд». Телефон: +992-93-995-80-88.

УДК 669.017.11.5.56.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЛАСТИ РАССЛАИВАНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМ Pb-Cu и Pb-Zn

¹К.Б. Нуров, ²Т.Д. Джураев, ²Ф.К. Ходжаев

(¹ТГПУ имени С. Айни, ²ТГУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Экспериментально импульсно-фазовым методом измерения скорости распространения ультразвука установлено наличие бинодальной кривой в виде линии двухфазного равновесия $J_1 \leftrightarrow J_2$ на диаграммах состояния систем Pb-Cu и Pb-Zn, что подтверждает правильность ранее прогнозируемого монотектического типа взаимодействия в изученных системах.

Ключевые слова: свинец, медь, цинк, несмешиваемость, расслаивание, кривая бинодали, импульсно-фазовый акустический метод.

Введение

В качестве исходных материалов использовали свинец С0 и С00, цинк – Ц1, медь – М1к, марки которых соответствовали высокой технической чистоте с содержанием основного металла 99.9-99.998% (по массе). С помощью аналитических весов «АРВ-200» взвешивалась шихта с точностью до 0.01 г, которую готовили с учётом угара компонентов сплава. Электрическая шахтная печь «СШОЛ» использовалась для получения сплавов при температуре 650-750°C. Образующиеся на поверхности образцов оксиды предварительно очищали химическим травлением. Элементный состав образцов определяли на южнокорейском сканирующем микроскопе SEM AIS2100. С целью определения области расслаивания в системах Pb-Cu и Pb-Zn навески брали с точностью 10^{-4} г, вакуумировали до 10^{-4} Па и запаивали в кварцевых ампулах. Температуру контролировали двумя термопарами хромель-алюмелевой и вольфрам-рениевой ВР-5/20.

Определение области расслаивания двойных металлических систем связано с построением моновариантной линии равновесия $J_1 \leftrightarrow J_2$, что является сложной задачей физико-химического характера. При решении данной задачи используют методы: измерения плотности, электропроводности, вязкости, магнитной восприимчивости; рентгенографического анализа; дифференциального термического анализа, закалки из жидкого состояния с последующим металлографическим анализом и др. Однако исследования таких структурно-чувствительных свойств как плотность, вязкость, поверхностное натяжение, удельное электросопротивление и ЭДС не дают однозначной оценки о структуре расплавов. К настоящему времени для получения информации о существовании области расслаивания разработаны более эффективные акустические исследования распространения звука в бинарных жидких сплавах [1-8].

Сущность последнего метода заключается в том, что измеряется скорость распространения ультразвука v_s в зависимости от высоты h столба расплава и анализируется $v_s - h$ характеристика при определённой температуре. Комплекс $v_s - h$ характеристик, определённых при различных температурах и концентрациях, предоставляет полную информацию о координатах критического распада гомогенного расплава на две отдельные жидкие фазы.

Для этих целей использовалась предложенная в работе [1] установка, которая состоит из генератора высокочастотных синусоидальных сигналов Г4-102А, осциллографа С1-70 и электронно-цифрового частотомера ЧЗ-34А. На рис. 2 приведена схема указанной установки по измерению скорости ультразвука в гомогенно-гетерогенных расплавах.

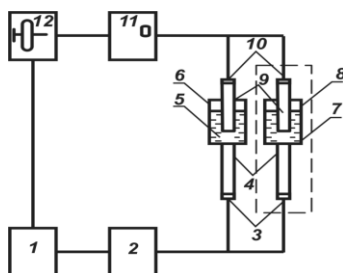


Рисунок 1. Схема установки для измерения скорости распространения ультразвука в гомогенно-гетерогенных расплавах

Установка функционирует следующим образом: генератор 1 модулирует радиочастотное напряжение синусоидальных сигналов генератора 2; при этом возбуждаются пьезоэлементы 3 ячейки сравнения и измерения (в пунктирной рамке). Поступающие импульсы через нижние неподвижные звукопроводы 4 зондируют эталонную жидкость в виде дистиллированной воды 5, которая находится в контейнере 6, а исследуемый расплав 7 – в контейнере 8. Затем они через верхние подвижные звукопроводы 9 поступают на приемные пьезоэлементы 10, далее на супергетеродинный приемник 11 в виде радиочастотных волн, которые выводятся на экране осциллографа 12. Осциллограф синхронизируется генератором импульсов 1. Схема измерительной ячейки для изучения расслаивающейся жидкости показана на рис. 2.

Описанная методика хорошо зарекомендовала себя при исследовании расслаивающихся систем и в этой связи была применена нами для определения координат критического распада расплавов в системах Pb-Cu и Pb-Zn.

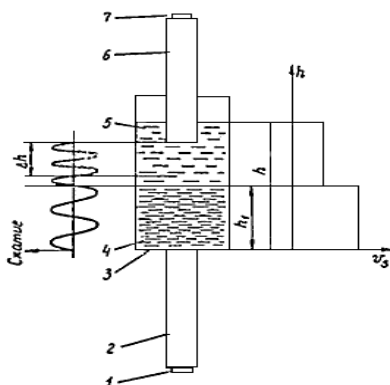


Рисунок 2. Схема измерительной ячейки для исследования расслаивающихся расплавов: 1 – излучающий пьезоэлемент; 2 – нижний неподвижный звукопровод; 3 – нижний и 4 – верхний расслаившиеся слои; 5 – цилиндрический контейнер для расплава; 6 – верхний подвижный звукопровод; 7 – приемный пьезоэлемент

Изучение координат критического распада несмешивающихся фаз в системах Pb-Cu и Pb-Zn проводилось импульсно-фазовым методом, сущность которого описана выше. Во время исследований рабочий объем акустической установки откачивали до 10^{-2} Па и в целях исключения попадания воздуха в него заполняли высокочистым аргоном до давления,

превышающего атмосферное на 0.1-0.15 Па. 2-3 МГц составила несущая частота ультразвуковых импульсов. Погрешность измерений не превышала 0.1%. На торцы звукопроводов наносили тонкий слой борного ангидрида B_2O_3 толщиной около 10 мк для получения устойчивого акустического контакта между волноводами и расплавов.

Результаты измерений скорости распространения ультразвука по высоте расплава $Pb_{0.35}Cu_{0.65}$ при различных температурах представлены на рис. 3. Следует отметить, что перед измерениями при каждой температуре расплавы выдерживали в течение 20 минут.

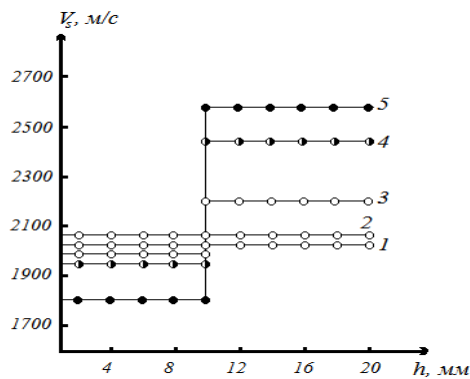


Рисунок 3. Кривые зависимости изменения скорости распространения ультразвука от температуры по высоте столба расслаивающегося расплава ($Pb_{0.35}Cu_{0.65}$) в системе Pb-Cu: 1-1317; 2-1291; 3-1271; 4-1258; 5-1248 К

Можно видеть (рис. 2), что при температуре 1317 и 1291 К (линии 1 и 2) $v_s - h$ характеристики представляют прямые параллельные оси h , т.е. скорость ультразвука не зависит от высоты столба, что и должно быть для однородного раствора. Характер проявления линии 3 изменился, и она расположилась на ступень выше, т.е. при 1271 К гомогенный расплав распался на две жидкости. Затем при 1258 и 1248 К величина ступеньки Δv_s увеличилась (4 и 5 характеристики), что указывает на повышение концентрационного разрыва в проявляющихся слоях с понижением температуры. Ступеньки 3 и 5 $v_s - h$ характеристик фиксируются с наибольшей точностью при одной и той же высоте. Подтверждение того, что граница между образовавшимися слоями при изменении температуры от расслаивания до монотектики находится в одном положении, свидетельствует о перераспределении атомов элементов без изменения объема фаз и массы. Поэтому, данный состав можно считать критическим, а температуру $v_s - h$ характеристики 3, которая фиксируется чётко, – критической.

Определяя $v_s - h$ характеристики для расплавов других концентраций, можно выстроить весь купол распада на диаграмме состояния. Для этого по полученным данным строится концентрационно-температурная зависимость скорости ультразвука. Такая зависимость в виде политерма 1-8 с исходными концентрациями (15, 20, 30, 35, 40, 50, 60 и 65 ат.% Pb, соответственно) компонентов для расплавов системы Pb-Cu представлена на рис. 4.

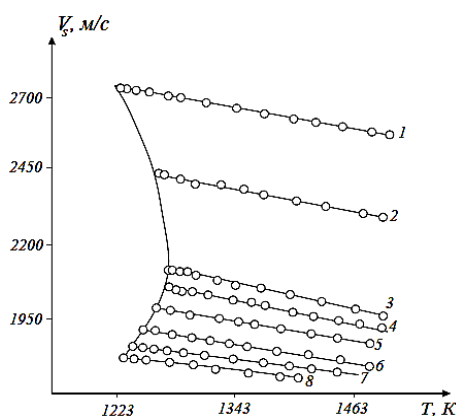


Рисунок 4. Огибающая кривая температурно-концентрационной зависимости скорости распространения ультразвука в расплавах системы Pb-Cu

Образовавшаяся огибающая кривая представляет собой концентрационно-температурную зависимость v_s вдоль купола распада. Все политермы при $T > T_{кр}$ имеют отрицательный наклон к оси температур. Подобное изменение скорости ультразвука объясняется тем, что выше критической температуры существует гомогенный расплав. Так как политермы линейно спадают с температурой, начиная от температур распада, никаких аномалий на рис. 4 не просматривается.

Этот факт указывает на то, что нет заметного развития крупномасштабных флуктуаций в расплавах данной системы.

На основании результатов проведенных исследований, представленных на рисунках 3 и 4, построили кривую моновариантного равновесия, ограничивающую область расслаивания на диаграмме состояния системы Pb-Cu (рис. 5, б). Установлено, что в системе характер кривой моновариантного равновесия $Ж_1$ - $Ж_2$ представляет собой асимметричную бинадаль с максимумом, смещённым в сторону больших концентраций меди. Высота области расслаивания, представляющая разницу между $T_{кр}$ и T_m , составляет 43° , а координаты критической точки: температура – (1271 ± 2) К; состав – 0.35 ат. доли Pb; остальное Cu. На рис. 5 для сравнения приведены диаграммы состояния системы Pb-Cu, построенные расчётом (а) и экспериментально (б). Можно видеть, что между ними существует удовлетворительное сходство и совпадение результатов (табл.).

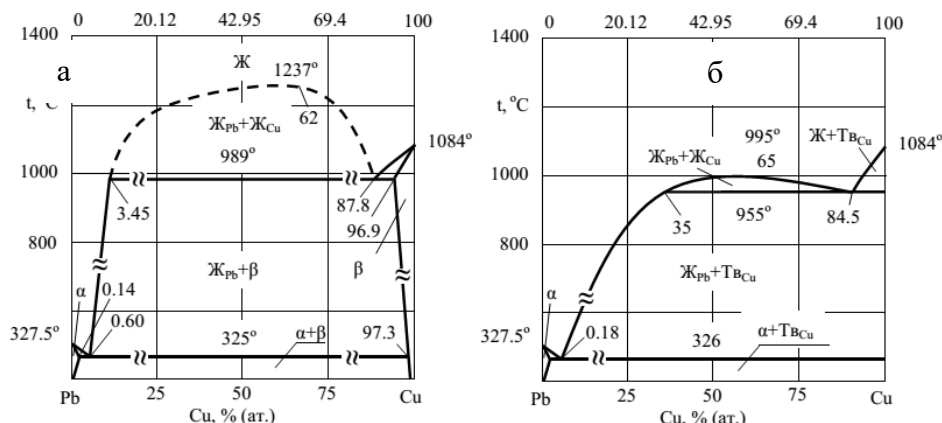


Рисунок 5. Диаграммы состояния системы Pb-Cu: а – расчётная; б - экспериментальная

Таблица – Сравнение расчетных и экспериментальных данных координат узловых точек диаграмм состояния системах Pb-Cu и Pb-Zn

Система	Т эвтектического превращения, К		Т монотектического превращения, К		Координаты критического распада, К			
	Расч.	Эксп.	Расч.	Эксп.	Расч.		Эксп.	
					$x_2^{кр}$	$T_{кр}$	$x_2^{кр}$	$T_{кр}$
Pb-Cu	598	599	1262	1228	0.62	1510	0.65	1268
Pb-Zn	597	591.2	657	690.8	0.68	1250	0.72	1071

Аналогичные экспериментальные исследования скорости распространения ультразвука v_s в зависимости от высоты h столба жидкости при различных температурах и концентрациях были проведены для системы Pb-Zn, результатом которых стала построенная диаграмма состояния указанной системы (рис. 6 и табл.).

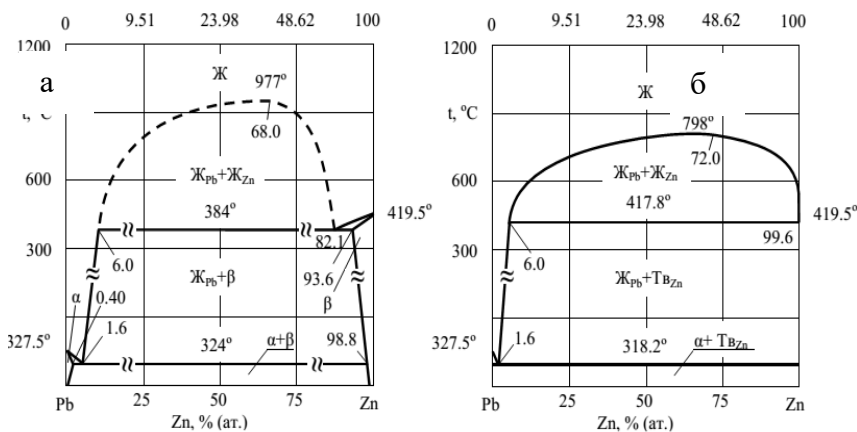


Рисунок 6. Диаграммы состояния системы Pb-Zn: а – расчётная; б – экспериментальная

Литература

1. Глазов В.М. Исследование расслаивания расплавов акустическим методом / В.М. Глазов, С.Г. Ким // ДАН СССР, 1985. – Т. 282. – №5. – С.1170-1173.
2. Нуров К.Б. Основные особенности методики исследования расслаивающихся расплавов металлов и полупроводников акустическим методом / К.Б. Нуров // Вестник ТНУ, 2015. – №1/4 (168). – С. 127-130.
3. Глазов В.М. Акустические исследования расслаивания и закритических явлений в электронных расплавах / В.М. Глазов, С.Г. Ким // ДАН СССР, 1986. – Т. 290. – №4. – С.873-876.
4. Регель А.Р. Акустические исследования структурных изменений при нагреве расплавов полупроводников и полуметаллов / А.Р. Регель, В.М. Глазов, С.Г. Ким // ФТП, 1986. Т.20. – №8 – С. 1353-1376.
5. Нуров К.Б. Скорость распространения ультразвука как структурно-чувствительная характеристика для изучения молекулярно-кинетических свойств расплавов металлов и полупроводников / К.Б. Нуров, Т.Д. Джураев, А.Н. Мирзозода, А.С. Джафаров, Т. Рустами // Вестник Таджикского национального университета, 2023. – № 1. – С. 160-170.
6. Нуров К.Б. Построение бинодали металлических систем с расслаиванием / К.Б. Нуров, М.А. Джураев, Т.Д. Джураев, Ф.К. Ходжаев // Материалы научно-практического семинара «Наука-производству», посвящённого 100 летию НИТУ «МИСиС». Турсунзаде: Матбааи Хисор, 2017. – С. 79.
7. Расчёт двойных диаграмм состояния щелочноземельных металлов, европия и иттербия с кремнием / Т. Д. Джураев, Ф. К. Рахимов, Э. Р. Газизова, И. Ш. Муслимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 68-71. – EDN ZCKLRR.
8. Изучение диаграммы состояния трёхкомпонентной системы иттербий-алюминий-кальций / Т. Д. Джураев, Ф. К. Рахимов, Э. Р. Газизова, У. С. Джумаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 2(38). – С. 27-32. – EDN YFPVOP.

ОМУЗИШИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛИИ ХУДУДИ БА ҚАБАТҲО ҶУДОШАВИИ ХӢЛАҲОИ СИСТЕМАҲОИ Pb-Cu ВА Pb-Zn

¹К.Б. Нуров, ²Т.Д. Джураев, ²Ф.К. Хоҷаев

(¹ДДОТ ба номи С. Айнӣ, ²ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Ба таври эксперименталӣ бо истифода аз усули чен кардани суръати паҳншавии ултрасадо мавҷудияти қачи бинодалиро дар намуди хатти мувозинатии дуфазавӣ Ж1↔Ж2 дар диаграммаҳои системаҳои Pb-Cu ва Pb-Zn муайян карда шуд, ки дурустии системаҳои монотектикии қаблан пешбинишударо тасдиқ мекунад.

Калидвожаҳо: сурб, мис, рух, омехтанашаванда, ҷудошавӣ, қачи бинодалӣ, усули акустикии фазавӣ.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DELAMINATION REGION OF Pb-Cu AND Pb-Zn ALLOYS

¹K.B. Nurov, ²T.J. Juraev, ²F.K. Khodjaev

(¹TSPU named after S. Aini, ²TTU named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. Experimentally, using the pulse-phase method for measuring the propagation velocity of ultrasound, the presence of a binodal curve in the form of a two-phase equilibrium line Ж1↔Ж2 on the phase diagrams of the Pb-Cu and Pb-Zn systems was established, which confirms the correctness of the previously predicted monotectic type of interaction in the studied systems.

Keywords: lead, copper, zinc, immiscibility, stratification, binodal curve, pulse-phase acoustic method.

Сведения об авторах

Нуров Курбонали Бозорович – кандидат химических наук, доцент кафедры экспериментальной физики ТГПУ им. С.Айни, тел. 93-823-65-65.

Джураев Тухтасун Джураевич – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 919-94-89-24.

Ходжаев Фируз Камолович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. 93-745-71-71.

УДК 669.017.11.5.56.8

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ КРИСТАЛЛОГИДРАТА ХЛОРИДА КОБАЛЬТА (II)

Х.А. Зоиров, М.С. Исломов, Рузматова Г.К., С.К. Насриддинов
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Исследовано процесс термического разложения кристаллогидрата хлорида кобальта состава $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ методами тензиметрии с мембранным нуль-манометром (ТМНМ) в равновесных ($\Delta T = 300\text{--}550\text{ K}$) и дериватограмметрии (ДВГМ) в неравновесных условиях ($\Delta T = 300\text{--}1220\text{ K}$). Процесс термического разложения кристаллогидрата состоит из пяти эндоэффектов ступеней (ДВГМ) и шести ступеней (ТМНМ). По данным ТМНМ первые три ступени соответствуют удалению адсорбированных (до 330 K) и кристаллизационных ($\Delta T_1 = 335\text{--}400\text{ K}$ и $\Delta T_2 = 405\text{--}515\text{ K}$) молекул воды. Высокотемпературные эндоэффекты (ДВГМ) связаны с разложением хлорида кобальта и, возможно, продуктов высокотемпературного гидролиза.

Ключевые слова: кристаллогидрат хлорид кобальта (II), дегидратация, термолиз, гидролиз.

Введение

Термическое разложение кристаллогидратов соединений переходных металлов, в частности кобальта, привлекает внимание исследователей ввиду как фундаментальных аспектов, так и технологических приложений. Продукты их термолиза представляют интерес в качестве катализаторов, сенсорных и магнитных материалов, керамики и т.д. [1, 2], а сами соединения переходных металлов применяются в качестве покрытий с антибактериальными свойствами и лекарственных веществ [2-4].

Термическая устойчивость кристаллогидрата хлорида кобальта $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ изучено методами тензиметрии с мембранным нуль-манометром (ТМНМ) [5] (в равновесных условиях) и дериватограмметрии (Labsys Evo 1600 фирмы Setaram) (ДВГМ) (в неравновесных условиях).

Дериватограмма показывает, что в интервале температур от 300 K до 1220 K процесс термического разложения $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ состоит из пяти эндоэффектов: первые низкотемпературные эффекты связаны удалением кристаллогидратов. Эксперимент показывает, что при массе исходного образца ($m = 60,31\text{ мг}$) уменьшения массы на первых двух ступенях процесса близки и составляет в среднем около $\Delta m = 8,35 \pm 0,64\%$ масс. Основное изменение массы образца происходит при высокотемпературных эндоэффектах, связанных с разложением хлорида кобальта и продуктов его высокотемпературного гидролиза.

Исследование процесса термического разложения $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в равновесных условиях проведено методом ТМНМ. Важнейшим достоинством метода тензиметрии с мембранным нуль-манометром является неограниченность проведения эксперимента во времени, достижение равновесных условий, что особенно важно для изучения медленно протекающих процессов как в гомогенных газовых системах, так и в гетерогенных, состоящих из конденсированной фазы и пара [6, 7].

Для определения интервала температур отдельных ступеней процесса термолиза кристаллогидрата хлорида кобальта, дальнейшие опыты проведены в равновесных условиях. Для достижения равновесия в системе каждая фигуративная точка на диаграмме зависимости

давления пара от температуры (барограмма) выдержано в течение 30 и более часов, в изотермических условиях. Равновесия в системе считается достигнутым, если давления пара в системе остаётся неизменным в течение четырёх часов.

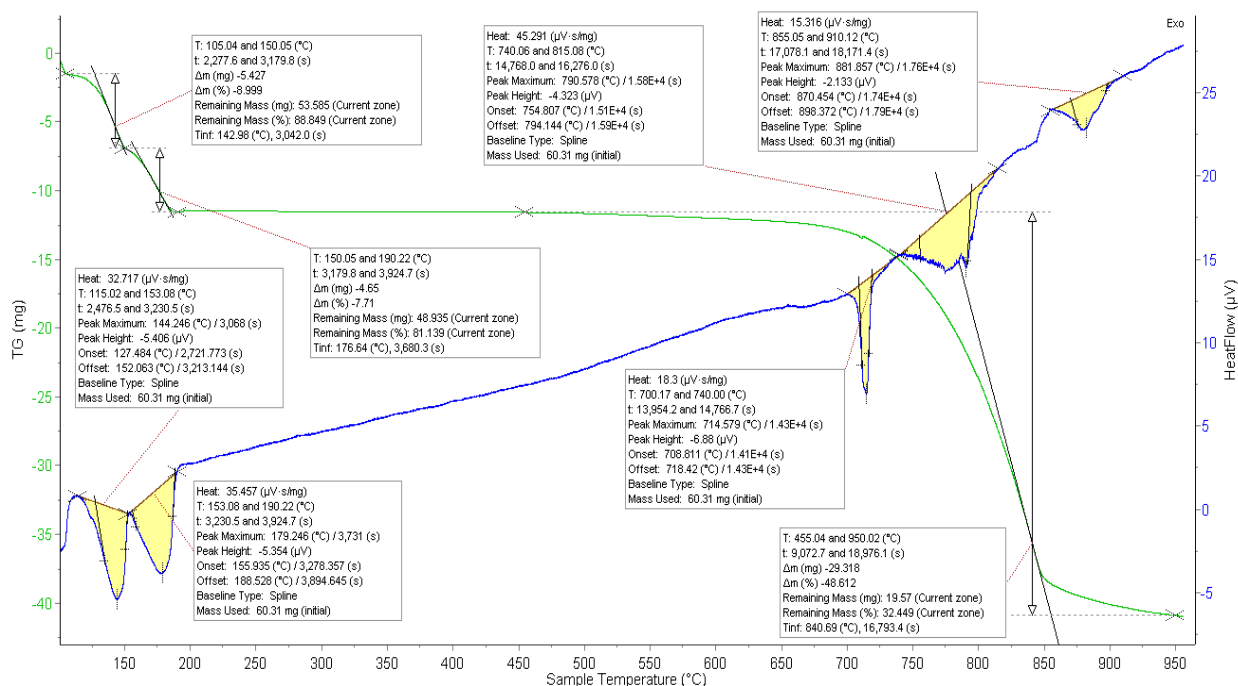


Рисунок 1. Дериватограмма процесса термического разложения кристаллогидрата $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Результаты исследования термического разложения $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ из серии опытов в интервале температур 310-540 К приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Зависимость давления газа от температуры при термолизе $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в равновесных условиях

№	T, K	P	№	T, K	P	№	T, K	P	№	T, K	P
1	290	3	7	353	49	13	423	115	17	503	158
2	300	8	8	363	65	14	433	121	18	513	176
3	310	20	9	378	70	15	443	136	19	523	179
4	323	25	10	392	93	16	473	139	20	533	183
5	333	29	11	398	100	17	488	147			
6	338	47	12	412	107	18	493	150			

По результатам исследований, приведённых в таблице 1, составлен график изменения давления пара от температуры (барограмма) в системе (рис. 2).

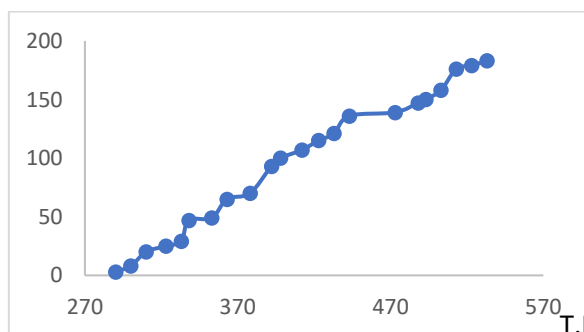


Рисунок 2. Барограмма термолиза $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в равновесных условиях

Из характера графика зависимости давления пара от температуры (барограмма) (рисунок 2) видно, что процесс термолитиз кристаллогидрата в интервале температур 290-550 К начинается при температурах выше 290 К и имеет многоступенчатый характер. Первая ступень (I), протекающая в интервалах ($\Delta T_1 = 290 - 320$) К соответствует процессу удаления физически адсорбированных молекул воды. Последующие ступени, протекающие при $\Delta T_2 = (330 - 390)$ К (II) и ($\Delta T_2 = 400 - 510$) К (III) соответствуют процессу удаления кристаллизационных молекул воды. Появление линии газового расширения на барограммах указывает об окончании предыдущей и начало последующей стадии процесса.

Литература

1. Li Y., Yang X.-Y., Feng Y. et al. // Critical Rev. Solid State Materials Sci. 2012. V. 37. № 1. P. 1. <https://doi.org/10.1080/10408436.2011.606512>
2. Malik A.-S., Duncan M.J., Bruce P.G. // J. Mater. Chem. 2003. V. 13. P. 2123.
3. Frost R.L., Martens W., Adebajo M. // J. Therm. Anal. Cal. 2005. V. 81. P. 351.
4. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений/ Ю.Н. Кукушкин. М.: Высшая школа, 1985. 455 с.
5. Жарский И.М., Новиков Г.И. Физические методы исследования в неорганической химии – М.: Высшая школа, 1988. – 271 с.
6. Хамидов Ф.А., Бадалов А.Б., Мирсаидов У.М. Термическое разложение нитратов тория (IV) и урана (VI). Докл. АН Республики Таджикистан. 2014. Т.27. №4. С.304- 308.
7. Mirsaidov U. M., Eshov Dj. N., Khamidov F. A., Badalov A. B. Thermodynamic Characteristics of the Thermal Decomposition of $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. ISSN 0036-0244, Russian Journal of Physical Chemistry A, 2024, Vol. 98, No. 3, pp. 1–5. © Pleiades Publishing, Ltd., 202.

ТАҶЗИИ ХАРОРАТИИ КРИСТАЛЛОГИДРАТИ ХЛОРИДИ КОБАЛТ (II)

Х.А. Зоиров, М.С. Исломова, Рузматова Г.К., С.К. Насриддинов
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Гармии таҷзии кристаллогидрати хлорида кобалт $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ бо истифода аз усули тензиметрия бо нул-манометри мембрана (MMNM) дар шароити мувозинат ($\Delta T = 300-550$ К) ва дериватогравиметрия (DG) дар шароити ғайримувозинат ($\Delta T = 300-1220$ К) омӯхта шуд. Гармии таҷзии кристаллогидрат аз эндоэффактҳои панҷмарҳилаи (DMNM) ва эндоэффактҳои шашмарҳилаи (MMNM) иборат аст. Тибқи маълумоти MMNM, се марҳилаи аввал ба хориҷ кардани молекулаҳои оби адсорбсияшуда (то 330 К) ва кристаллизатсия ($\Delta T_1 = 335-400$ К ва $\Delta T_2 = 405-515$ К) мувофиқат мекунад. Эндоэффактҳои ҳарорати баланд (HTGE) бо таҷзии хлориди кобалт ва эҳтимолан маҳсулоти гидролизи ҳарорати баланд алоқаманданд.

Калидвожаҳо: тензиметрия, термолитиз, пайвастагии кристаллогидрати хлорида кобалт $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (II).

THERMAL ANALYSIS OF COBALT(II) CHLORIDE HEXAHYDRATE

H.A. Zoirov, M.S. Islomova, G.K. Ruzmatova, S.K. Nasriddinov
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The thermal decomposition of cobalt chloride crystal hydrate with the composition $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ was studied using membrane zero-manometer tensimetry (MMNM) under equilibrium ($\Delta T = 300-550$ K) and derivatogravimetry (DG) under nonequilibrium conditions ($\Delta T = 300-1220$ K). The thermal decomposition of the crystal hydrate consists of five-stage endoeffects (DMNM) and six-stage endoeffects (MMNM). According to MMNM data, the first three stages correspond to the removal of adsorbed (up to 330 K) and crystallization ($\Delta T_1 = 335-400$ K and $\Delta T_2 = 405-515$ K) water molecules. High-temperature endoeffects (HTGE) are associated with the decomposition of cobalt chloride and, possibly, high-temperature hydrolysis products.

Сведения об авторах

Зоиров Хусайн Абдурахмонович – к.х.н., доцент, кафедрой «Общая и неорганическая химия», ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел.: (+992)907499959; E-mail: h.zoirov@mail.ru.

Исломова Мукаддам Саъдуллоевна - к.х.н., доцент, заведующая кафедрой общей и неорганической химии факультета “Химическая технология и металлургия” ТТУ им. акад. М.С. Осими; (734042, Республика Таджикистан. E-mail: islomova.muqaddam71@gmail.com;

Рузматова Гулноза Камоловна - к.х.н., ст.препод. кафедры общей и неорганической химии Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими

Насриддинов Субхиддин Камарович - к.х.н., и.о. доцент, кафедрой «Общая и неорганическая химия», ТТУ им. акад. М. С. Осими, тел. (+992)935811126

УДК 532.13

ДИНАМИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ДИОКСИДА ТИТАНА

¹Ф.Д. Исмонов., ²А.Р. Исмонов

(¹Таджикский государственный педагогический университет имени С.Айни,
²ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Изучение показано, что с ростом массовой концентрации наночастиц диоксида титана коэффициент динамической вязкости водных растворов увеличивается. При повышении температуры ($T_2=393\text{K}$) увеличение коэффициента динамической вязкости происходит по линейному закону.

Ключевые слова: динамической вязкости, диоксида титана, водных растворов, температура, массовой концентрации, наночастиц.

Введение

Нами экспериментально исследована динамической вязкости водных растворов диоксида титана при различных температурах и давлениях.

Для измерения вязкости водных растворов системы $\text{H}_2\text{O}+\text{TiO}_2$ при различных температурах и давлениях нами использована экспериментальная установка, разработанная профессором Голубевым И.Ф. и модернизированная профессором Назиевым Я.М. и его учениками [1-3].

Материалы и методика эксперимента

Полученные экспериментальные данные по динамической вязкости водных растворов диоксида титана приведена в табл. 1.

На рис. 1 и 2 показана зависимость коэффициент динамической вязкости от массовой концентрации наночастиц диоксида титана при различных температурах и давлении 29,34МПа и 49,01МПа.

Как видно из рис. 1 и 2 с ростом массовой концентрации наночастиц диоксида титана коэффициент динамической вязкости водных растворов увеличивается. При низких температурах ($T_1=293\text{K}$) с увеличение массовой концентрации TiO_2 коэффициент динамической вязкости водных растворов растет нелинейно, а с повышением температуры ($T_2=393\text{K}$) увеличение коэффициента динамической вязкости происходит по линейному закону.

Надо отметить, что в различных изобарах разность коэффициента динамической вязкости между водных растворов, содержащих различную массовую концентрацию TiO_2 почти одинаковое. На рис. 1 и 2 на изобарах 29,34 МПа и 49,01МПа разность коэффициента динамической вязкости, между изотермами $T_1=293\text{K}$ и $T_2=393\text{K}$, при массовой концентрации 0,5% TiO_2 и 3,0% TiO_2 соответственно составляет $\Delta\eta = \eta_{293} - \eta_{393} = 0,742 \cdot 10^{-3}\text{Па} \cdot \text{с}$ и $\Delta\eta = 0,951 \cdot 10^{-3}\text{Па} \cdot \text{с}$.

На рис. 1 и 2 показана зависимость коэффициент динамической вязкости от массовой концентрации наночастиц диоксида титана при различных температурах и давлении 29,34МПа и 49,01МПа.

Таблица 1 - Влияние концентрации наночастиц (TiO_2) на изменение коэффициента динамической вязкости ($\eta, 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$) воды при различных температурах и давлении $p=49.01 \text{ МПа}$

T, К	H ₂ O	Обр.№2	Обр.№3	Обр.№4	Обр.№5	Обр.№6	Обр.№7
273	2.346	2.403	2.416	2.441	2.458	2.473	2.488
283	1.564	2.082	2.155	2.218	2.226	2.302	2.386
293	1.559	1.707	1.836	1.960	1.936	2.035	2.088
303	1.355	1.488	1.560	1.634	1.732	1.801	1.884
313	1.211	1.320	1.562	1.468	1.514	1.574	1.589
323	1.094	1.183	1.109	1.996	1.361	1.418	1.461
333	1.023	1.102	1.148	1.190	1.454	1.393	1.430
353	-	1.011	1.049	1.074	1.146	1.174	1.245
363	-	0.992	1.038	1.063	1.115	1.136	1.175
373	-	0.980	1.029	1.054	1.099	1.124	1.140
393	-	0.965	1.018	1.030	1.075	1.116	1.137
403	-	0.959	1.012	0.922	1.042	1.111	1.132
413	-	0.950	1.006	1.036	1.061	1.050	1.026
433	-	0.938	0.992	1.022	1.049	1.092	1.012
443	-	0.933	0.985	1.016	1.042	1.085	1.009

Обр.№1- H₂O; Обр.№2- (H₂O+0,5% TiO₂); Обр.№3- (H₂O+1,0% TiO₂); Обр. №4- (H₂O + 1,5% TiO₂); Обр.№5- (H₂O+2,0% TiO₂); Обр.№6- (H₂O+2,5% TiO₂); Обр.№7- (H₂O+3,0% TiO₂).

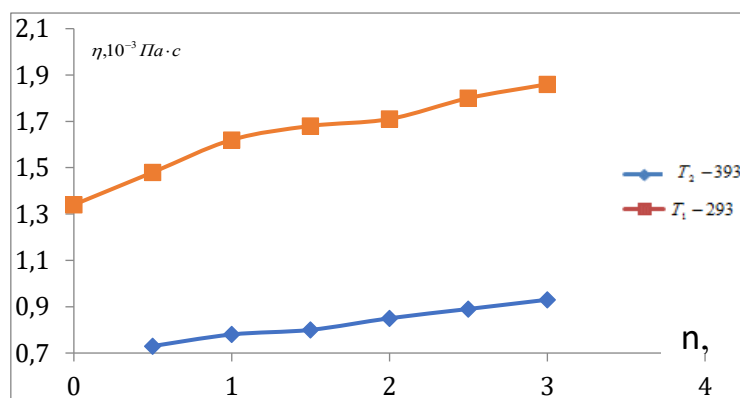


Рисунок 1. Зависимость коэффициента динамической вязкости водных растворов в зависимости от массовой концентрации наночастицы TiO_2 при давлении $P=29,34 \text{ МПа}$ и температуре $T_1=293 \text{ К}$ и $T_2=393 \text{ К}$

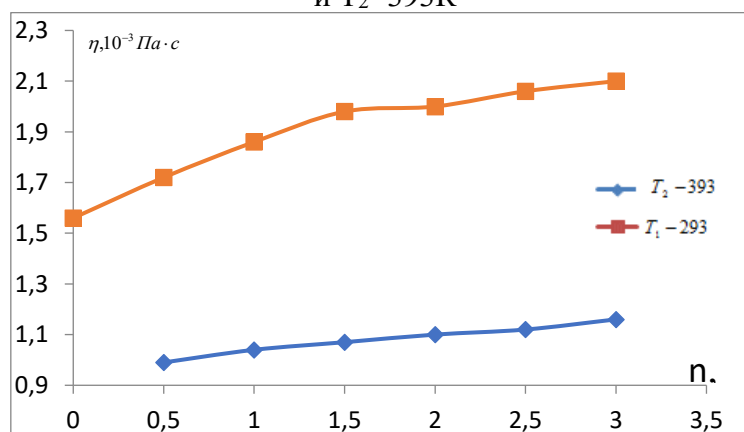


Рисунок 2. Зависимость коэффициента динамической вязкости водных растворов в зависимости от массовой концентрации наночастицы TiO_2 при давлении $P=49,01 \text{ МПа}$ и температуре $T_1=293 \text{ К}$ и $T_2=393 \text{ К}$

Таким образом, с увеличением массовой концентрации наночастиц диоксида титана в водных растворах на изобарах разность коэффициент динамической вязкости растет.

С ростом температуры расстояния между молекулами водных растворов, содержащих различные массовые концентрации TiO_2 увеличивается.

Увеличение расстояния между молекулами водных растворов ухудшает передачу импульса молекулы от одной изотермической поверхности к другой изотермической поверхности, что приводит к уменьшению коэффициента динамической вязкости водных растворов, содержащих различное количество наночастиц диоксида титана с повышением температуры.

Увеличение коэффициента динамической вязкости водных растворов с ростом массовой концентрации наночастиц диоксида титана связано с большим вкладом наночастиц в передачи импульса из одного изотермического слоя к другому в водных растворах, содержащих различное количество TiO_2 .

Поэтому, чем больше будет массовая концентрация наночастиц диоксида титана в составе водных растворов, тем больше становится их коэффициент динамической вязкости.

Установили, что с ростом давления влияние температуры на изменение коэффициента динамической вязкости водных растворов, содержащих различные массовые концентрации наночастиц диоксида титана, уменьшается.

Например, при изменении температуры от 273К до 333К коэффициент динамической вязкости воды при давлении $P=0,101\text{МПа}$ уменьшается на 73,83%, а для водных растворов содержащих 0,5% TiO_2 при давлении $P=0,101\text{МПа}$ уменьшается на 72,11%, при давлении $P=19,61\text{МПа}$ на 63,47%, при давлении $P=49,01\text{МПа}$ на 54,1%, а такое уменьшение в растворе содержащего 1,0% TiO_2 составляет при давлении $P=0,101\text{МПа}$ – 69,87%, при $P=19,61\text{МПа}$ – 61,37%, при $P=49,01\text{МПа}$ – 52,48% и для раствора содержащий 3,0% TiO_2 это изменение составляет при давлении $P=0,101\text{МПа}$ – 55,48%, при $P=9,81\text{МПа}$ – 50,78%, при $P=19,61\text{МПа}$ – 43,46%, при $P=49,01\text{МПа}$ – 40,07%.

Рост давления приводит к хорошему уплотнению молекулы исследуемых объектов. Хорошо уплотненные молекулы растворов уменьшают изменение коэффициента динамической вязкости. Чем больше будет давление, тем больше происходит хорошее уплотнение молекул растворов, содержащих различные массовые концентрации наночастиц диоксида титана. При хорошем уплотнении молекул водных растворов, влияние температуры на изменение коэффициента динамической вязкости уменьшается, что подтверждается проведенным нами исследованием. Хорошее уплотнение молекул обеспечивает лучшую передачу импульса молекулы от одного изотермического слоя к другому, что уменьшает влияние температуры на изменение коэффициента динамической вязкости исследуемых водных растворов [4-8].

Исследование показало, что чем больше будет диапазон изменения температуры, тем больше будет влияние давления на изменение коэффициента динамической вязкости водных растворов, содержащих различные массовые концентрации наночастиц диоксида титана. Например, в диапазоне изменения температуры (273 - 333)К при давлении $P=0,101\text{МПа}$ коэффициент динамической вязкости водных раствор содержащих 1,0% TiO_2 уменьшается на 69,78%, при давлении $P=19,61\text{МПа}$ – 61,37%, при давлении $P=49,01\text{МПа}$ – 52,48%, а в диапазон температур $T=(273 - 443)\text{К}$ это уменьшение соответственно составляет при $P=9,81\text{МПа}$ – 73,61%, при $P=29,34\text{МПа}$ – 65,46%, при $P=49,01\text{МПа}$ – 59,23%.

Чем больше будет диапазон изменения температуры, тем больше становится расстояние между молекулами водных растворов, содержащих различные массовые концентрации наночастиц диоксида титана и это является причиной большого уменьшения коэффициента динамической вязкости водных растворов, содержащих различные массовые концентрации наночастиц TiO_2 в большом диапазоне температур.

Установлено, что с ростом массовой концентрации наночастиц диоксида титана в состав водных растворах влияния давления на их коэффициент динамической вязкости при различных температурах уменьшается. Например, при изменении давления от 0,101МПа до 49,01МПа, коэффициент динамической вязкости водных растворов содержащих 0,5% TiO_2 при температуре

$T=333\text{K}$ увеличивается на 118,65%, при температуре $T=393\text{K}$ на 161,52%, а для водных растворов содержащих 1,5% TiO_2 увеличение коэффициента динамической вязкости при изменении давления от 0,101МПа до 49,01МПа при температурах 333К и 393К соответственно составляет 100,3% и 127,88%, а такие изменения для водных растворов содержащих 3,0% TiO_2 соответственно составляет 87,17% и 109,78%.

Заключение

С ростом массовой концентрации наночастиц диоксида титана в состав водных растворов взаимодействия между их молекулы увеличивается и это затрудняет приближении молекулы друг к другу под действием внешнего давления и перенос импульса молекулы из одного изотермического слоя к другому уменьшается, что приведет к уменьшению влияния внешнего давления на коэффициент динамической вязкости объектов при различных температурах.

Литература

1. Голубев И.Ф., Назиев Я.М. /Труды ЭНИ им. Есьмена АН АзССР, -Баку, 1962.-Т.15.-с.70-73.
2. Гусейнов С.О., Назиев Я.М., Фарзалиев Б.И. /Исследование плотности и динам. Вязк-и Н-толуидина при разл-х темп-х и давл-х. //Известия вузов. Нефть и газ. 1981, №6, с.65-68.
3. Гусейнов С.О., Галандаров З.С. /Исследование плотности и динамической вязкости нонена-1 при различных температурах и давлениях. //Изв. вузов. Нефть и газ. 1984, №4, с.50-55.
4. Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК1М2, легированного стронцием / И. Н. Ганиев, С. Э. Отаджонов, Н. Ф. Иброхимов, М. Махмудов // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 35-42. – DOI 10.17073/1609-3577-2018-1-35-42. – EDN KNSSRA.
5. Исмонов, Р. Д. Микроструктура алюминиевого сплава AlBe1 с таллием и фазовый состав продуктов их окислений / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 3(63). – С. 73-75. – EDN RGIPSB.
6. Влияние добавок лития, натрия и калия на микроструктуру и механические свойства свинцового баббита б(PbSb15Sn10) / И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Р. Д. Исмонов, У. Н. Файзуллоев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 3(67). – С. 31-36. – EDN JXXXIY.
7. Влияние галлия, индия и таллия на микроструктуру и механические свойства алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 / Р. Д. Исмонов, А. М. Сафаров, С. С. Раджабалиев, С. Т. Бадурдинов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 1(65). – С. 60-63. – EDN DIJLW.
8. Исмонов, Р. Д. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава $\text{AB1 (Al+1\%Be)}$, модифицированного галлием / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 31-34. – EDN AOIPPY.

ЧАСПАКИИ ДИНАМИКИИ МАҲЛУЛҲОИ ОБИИ ДИОКСИДИ ТИТАН

¹Ф.Д. Исмонов., ²А.Р. Исмонов

(¹ДДОТ ба номи С. Айни, ²ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. тадқиқот нишон медиҳад, ки бо афзоиши масса консентратсияи нанозарраҳои диоксида титан меафзояд. Бо афзоиши ҳарорат коэффитсиенти часпакии динамики ба таври хаттӣ меафзояд.

Калидвожаҳо: часпакии динамикӣ, диоксида титан, маҳлулҳои обӣ, ҳарорат, консентратсияи масса, нанозарраҳо.

DYNAMIC VISCOSITY OF AQUEOUS SOLUTIONS, TITANIUM DIOXIDE

¹F.D. Ismonov., ²A.R. Ismonov

(¹DDOT named S/Aini, ²TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. the study showed that with the growth of mass. the dynamic coefficient of aqueous solutions increases with increasing concentration of titanium dioxide nanoparticles. With increasing temperature, the dynamic viscosity coefficient increases linearly.

Keywords: dynamic viscosity, titanium dioxide, aqueous solutions, temperature, mass concentration, nanoparticles

Сведения об авторах

Исмонов Фируз Довудович – доцент кафедры теоретическая физика, Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни. E-mail: firuz@mail.ru

Исмонов Абдукахор Рустамович – студент 3-го курса гр. 980101-0105 - безопасность автоматизированных систем обработки информации и управления, кафедры информационные технологии и защита информации, Факультет цифровых технологий, систем и защита информации ТТУ имени ак. М.С. Осими E-mail: ird-78@mail.ru

УДК: 669.715

ТАЪСИРИ ҚАЛЪАГӢ БА СОХТИ ТАРКИБӢ ВА ХОСИЯТИ МЕХАНИКИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИИ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3

О.Ш. Давлатов., С.С. Раҷабалиев

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар кори мазкур масъалаи таҳқиқи сохти таркибӣ ва хосиятҳои механикии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, ки дар асоси ашёи хоми дуюмдараҷа ҳосил карда шудааст, баррасӣ гардидааст. Бо дарназардошти зарурати баланд бардоштани муқовимати фарсудашавӣ ва коҳиш додани коэффитсиенти соиш, ҳӯла бо металлҳои зудғудохташаванда, аз ҷумла қалъагӣ, чавҳаронида шуд. Тадқиқоти сохти таркибӣ бо истифода аз микроскопияи нурӣ нишон дод, ки ҳӯла аз маҳлули саҳти алюминий ва эвтектика иборат буда, андоза ва тақсимои доначаҳо аз миқдори элементҳои лигарӣ вобастагӣ доранд. Муайян карда шуд, ки бо зиёд гардидани миқдори қалъагӣ андозаи доначаҳо хурд шуда, сохти таркибӣ майдадонача мегардад. Ҳамзамон, мавҷудияти фазаҳои интерметаллидӣ, ки дар раванди кристаллизатсия ба вучуд меоянд, ба хосиятҳои механикии ҳӯла таъсири назаррас мерасонанд. Натиҷаҳои озмоишҳои саҳтӣ бо усули Бринелл нишон доданд, ки зиёдшавии миқдори элементҳои лигарӣ ба афзоиши саҳтӣ ва устувории ҳӯла мусоидат мекунад. Аммо иловаҳои зиёдотӣ (зиёда аз 0,5% масса) метавонанд таъсири манфӣ расонанд. Ҳамин тариқ, дар асоси таҳқиқот муайян гардид, ки танзими дурусти таркиби химиявии ҳӯла имкон медиҳад хосиятҳои механикӣ ва истифодаи амалии он беҳтар гарданд.

Калидвожаҳо: ҳӯлаи алюминий, хосиятҳои механикӣ, сохти таркибӣ, саҳтӣ, интерметаллид, мустаҳкамӣ.

Муқаддима

Таъини солҳои охир таваҷҷуҳ ба таҳия ва татбиқи маводи нави конструксионии дорои хосиятҳои беҳтари механикӣ ва муқовимати баланд ба коррозия нисбат ба маводи анъанавӣ афзуда истодааст. Бо дарназардошти ин, таҳқиқ ва коркарди ҳӯлаҳои нави алюминий бо иловаи элементҳои гуногуни чавҳаркунанда, ки ба муҳитҳои ғайриустувор буда, қобилияти баландтари пароканда кардани энергия доранд, аҳамияти махсус касб мекунад.

Алюминий ва ҳӯлаҳои он аз рӯи ҳаҷми истифода аз ҷӯлод дар ҷойи дуюм қарор доранд. Гуногунчиҳата будани истифодаи онҳо бо маҷмӯи хосиятҳои арзишманди химиявӣ, физикӣ ва механикӣ, инчунин, бо мавҷудияти захираҳои зиёди табиӣ алюминий дар қабати замин вобаста аст. Бо вучуди ин, дар шароити рушди синтези ҳӯлаҳои нав ва татбиқи онҳо дар техника ва технология, инчунин васеъ гардидани соҳаҳои истифода, бахусус дар муҳитҳои ғайриустувор, масъалаи

таҳқиқи муқовимати зангзании алюминий ва ҳулаҳои он аҳамияти бештар пайдо мекунад ва омӯзиши амиқро талаб менамояд.

Ҳулаи Алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 дар асоси ашеи хоми дуҷумдараҷа ҳамчун замимаҳои тамоси хатҳои троллейбус истифода мешавад. Камбудии ин ҳулаи алюминий коэффитсиенти соиши баланди он мебошад, ки муҳлати истифодаи маҳсулоти аз он сохташударо коҳиш медиҳад. Барои кам кардани коэффитсиенти соиши лағжиш ва беҳтар кардани дигар хусусиятҳои механикӣ ҳулаи маскур бо металлҳои зудғудохташаванда аз қабилҳои қалъагӣ, сурб ва висмут ҷавҳаронида шудааст.

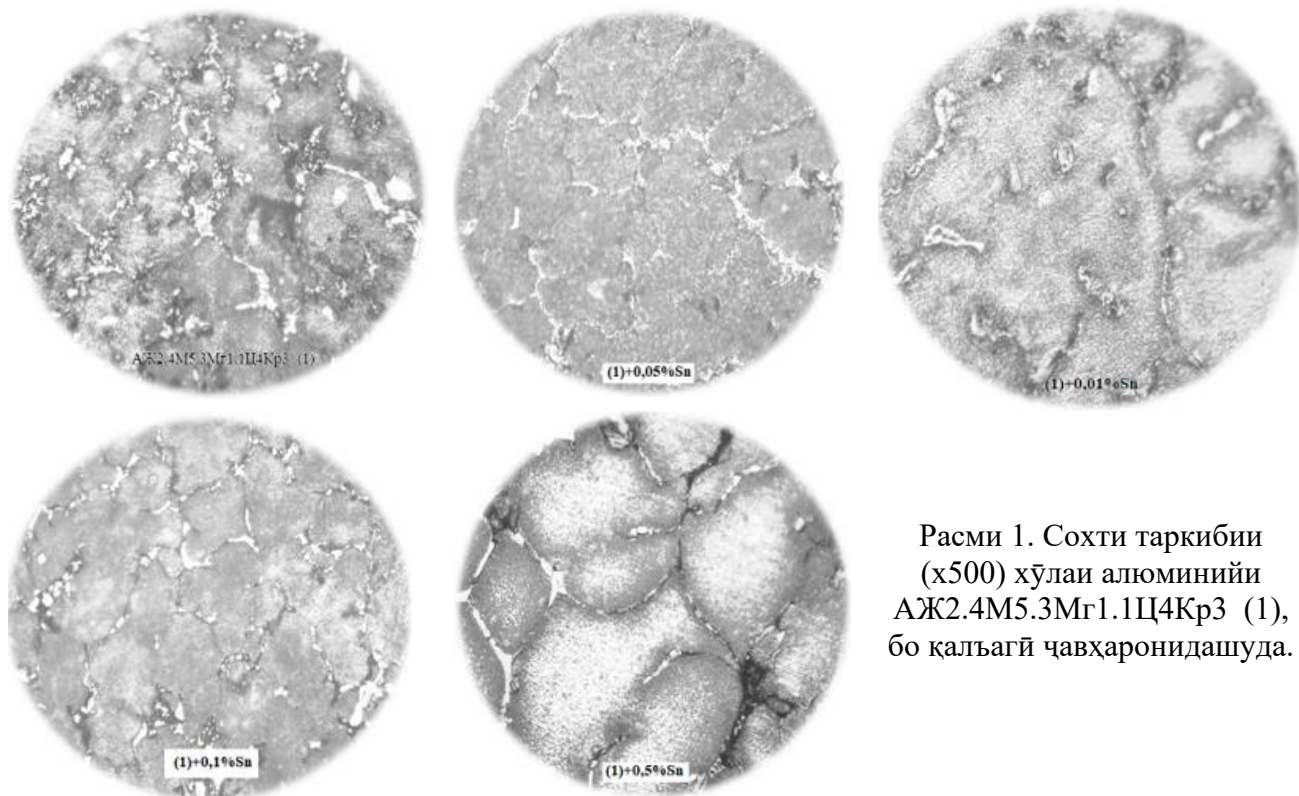
Омӯхтани сохти таркибӣ яке аз воситаҳои асосии тадқиқоти алюминий ва ҳулаҳои он ба шумор меравад. Ин имконият медиҳад ки таъсири гуногуни деформатсия ва коркард бо ҳарорат ба хосиятҳои маҳсулоти тайёри алюминий, инчунин таҳлил кардани сабабҳои корношам шудани маҳсулотро муайян кунем [1-3].

Тадқиқот имконият медиҳад, ки тағйирёбии сохти таркибиро вобаста аз таркиб ва ҳарорат мушоҳида намоем. Дарозии сарҳади гомогенӣ ва гетерогенӣ, инчунин мавҷудияти фазаҳои интерметаллӣ дар системаро дақиқ муайян кардан мумкин аст. Сохти таркибии ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда дар микроскопи нурии тамғаи БИОМЕД-1 (Украина) тадқиқ карда шуд.

Барои омӯхтани сохти таркибии намунаҳои озмоишӣ аз ҳулаҳои моёи бадастовардашуда бо усули рехтагари намунаҳои цилиндршакли қутрашон 15мм ва дарозияшон 20мм ҳосил карда шуд. Ҳар як намунаро қаблан суфта карда, ба воситаи спирт аз равшан тоза намуда дар маҳлули 0,5%-и HF ғарқ карда шудаанд. Вақти захролудкунии сатҳи болоии намуна (шлиф) аз 30 то 50 сонияро ташкил дод [1-3].

Баъди захролуд кардан микрошлифро дар оби чорӣ шуста бо қоғази тозаи махсус хушк карда шуд.

Сохти таркибии ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда маҳлули саҳти алюминий бо эвтектика ҳосил намуда, миқдор ва андозаи онҳо аз миқдори элементҳои лигарӣ дар таркиби ҳула, вобаста аст. Ҳулаҳое, ки дар таркибашон миқдори нисбатан ками қалъагӣ доранд, андозаи дончаҳояшон калон мебошад. Бо зиёдшавии миқдори элементҳои лигарӣ сохти таркибии дончаҳои хурдандоза дошта ҳосил мешавад (расми 1).



Расми 1. Сохти таркибии (х500) ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 (1), бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда.

Дар натиҷаи тадқиқот муқаррар карда шуд, ки сохти таркибии ҳӯлаҳои мазкур яхела буда аз маҳлули саҳти алюминий иборат аст. Инчунин заррачаҳои фазаи интерметаллидии мушоҳида карда шуд, ки дар натиҷаи кристалбандии ҳӯла ба вучуд омадаанд (расми 1). Микдор ва андозаи доначаҳои фазаи дуҷум ба ҳосиятҳои механикии ҳӯлаи ибтидоӣ таъсир мерасонад. Саҳтӣ ва мустаҳкамии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо зиёдшавии микдори элементҳои лиғарӣ, зиёд мешавад (Ҷадвали 1).

Саҳтӣ ҳосиятест, ки ҳангоми интиҳоби мавод барои истеҳсоли қисмҳои дорои вазифаҳои гуногун яке аз муҳимтаринҳо ҳисобида мешавад. Муайян намудани саҳтӣ ба мо имкон медиҳад, ки дар бораи ҳосиятҳои механикии ҳӯла маълумоти зарруро пайдо намоем. Бо ин мақсад, мо як қатор таҳқиқотро барои муайян кардани саҳтии намунаҳо аз ҳама ҳӯлаҳои синтезшуда гузаронидем. Барои муайян кардани саҳтӣ усули асосии Бринелл, ки васеъ истифода мешавад, интиҳоб карда шуд; аз тамоми ҳӯлаҳои синтезшуда, ки шаклашон мувофиқи стандарт (10 x 16 мм) доштанд, намунаҳо гирифта шуданд, ки баъдан дар дастгоҳи Бринел тағмаи ТШ-2 санҷида шуданд [1-6].

Бартариҳои дигари усули Бринелл дар он аст, ки бо донишҳои қиматҳои саҳтӣ бо истифода аз ҳисобҳои ҳосияти дигари ҳӯлаҳо муайян кардан мумкин аст, масалан устуворӣ. Бо истифода аз қиматҳои зарурӣ, метавон ҳудуди устувории маводро бо формулаи зерин ҳисоб кард:

$$\sigma_b = k \cdot HB, \text{ МПа}$$

Тибқи маълумоти адабиётҳо, «k» барои ҳӯлаҳои алюминий ба 0,25 баробар аст. Дар асоси натиҷаҳои ин озмоишҳо маълум гардид, ки иловаҳои мо ба андозаи 0,5 % масса ба саҳтӣ ва устуворӣ таъсири манфӣ мерасонад.

Ҷадвали 1 – Натиҷаҳои саҳтӣ ва ҳудуди устуворӣ

Микдори қалъагӣ дар таркиби ҳӯла, (% масса)	Саҳтӣ* HB,		Мустаҳкамӣ (ҳисоби), МПа
	кгс/мм ²	МПа	
0,0	94,02	922,3362	230,5841
0,01	89,09	873,9729	218,4932
0,05	84,54	829,3374	207,3344
0,1	80,33	788,0373	197,0093
0,5	72,78	713,9718	178,493

* - қимати миёнаро аз рӯи натиҷаҳои 3 маротиба ченкуни муайян намудем.

Адабиёт

1. Раджабалиев С.С. Влияние олова и свинца на структуру и механические свойства алюминиево-железowego сплава АЖ2.18/ Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования №4 (56). – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2021. – С. 31-35. ISSN 2520-2227
2. Рахимова Н.О., Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Раджабалиев С.С. Влияние титана, ванадия и ниобия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АБ1 // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. №2. 2020. С. 187-195. ISSN 2413-452X.
3. Окилов Ш.Ш., Ганиев И.Т., Раджабалиев С.С. Влияния добавок лития на изменение микроструктура алюминиевого проводникового сплава AlV0,1/ Материалы международной научно-практической конференции// – Душанбе. ТТУ имени академика М.С.Осими, 12 декабря 2024г. – С. 312-315
4. Исмонов, Р. Д. Микроструктура алюминиевого сплава AlBe1 с таллием и фазовый состав продуктов их окислений / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 3(63). – С. 73-75. – EDN RGIPSB.
5. Влияние добавок лития, натрия и калия на микроструктуру и механические свойства свинцового баббита б(PbSb15Sn10) / И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Р. Д. Исмонов, У. Н.

Файзуллоев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 3(67). – С. 31-36. – EDN JXXHIY.

6. Влияние галлия, индия и таллия на микроструктуру и механические свойства алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 / Р. Д. Исмонов, А. М. Сафаров, С. С. Раджабалиев, С. Т. Бадурдинов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 1(65). – С. 60-63. – EDN DIJILW.

ВЛИЯНИЕ ОЛОВА НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3

О.Ш. Давлатов, С.С. Раджабалиев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В данной работе рассмотрены вопросы исследования структуры и механических свойств алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, полученного на основе вторичного сырья. С учётом необходимости повышения износостойкости и снижения коэффициента трения сплав был легирован легкоплавкими металлами, в частности оловом. Исследование структуры с использованием световой микроскопии показало, что сплав состоит из твёрдого раствора алюминия и эвтектики, при этом размер и распределение зёрен зависят от содержания легирующих элементов. Установлено, что с увеличением содержания олова размер зёрен уменьшается, а структура становится мелкозернистой. Одновременно наличие интерметаллических фаз, образующихся в процессе кристаллизации, оказывает существенное влияние на механические свойства сплава. Результаты испытаний твёрдости по методу Бринелля показали, что увеличение содержания легирующих элементов способствует повышению твёрдости и прочности сплава. Однако избыточные добавки (более 0,5% по массе) могут оказывать отрицательное влияние. Таким образом, на основе проведённых исследований установлено, что правильная регулировка химического состава сплава позволяет улучшить его механические свойства и эксплуатационные характеристики.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, механические свойства, структура, твёрдость, интерметаллид, прочность.

EFFECT OF TIN ON THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE ALUMINUM ALLOY АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3

O.Sh. Davlatov, S.S. Rajabaliev

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This paper considers the study of the structure and mechanical properties of the aluminum alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 obtained on the basis of secondary raw materials. Taking into account the need to increase wear resistance and reduce the coefficient of friction, the alloy was alloyed with low-melting metals, in particular tin. The study of the structure using optical microscopy showed that the alloy consists of an aluminum solid solution and eutectic, while the size and distribution of grains depend on the content of alloying elements. It was established that with an increase in tin content, the grain size decreases and the structure becomes fine-grained. At the same time, the presence of intermetallic phases formed during crystallization significantly affects the mechanical properties of the alloy. The results of hardness tests by the Brinell method showed that an increase in the content of alloying elements contributes to an increase in hardness and strength of the alloy. However, excessive additions (more than 0.5 wt.%) may have a negative effect. Thus, based on the conducted research, it was determined that proper control of the chemical composition of the alloy makes it possible to improve its mechanical properties and performance characteristics.

Keywords: aluminum alloy, mechanical properties, structure, hardness, intermetallic, strength.

Маълумот дар бораи муаллифон

Давлатов Ориф Шералиевич – муаллими калони кафедраи механикаи назарӣ ва муқовимати мавод, ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. E-mail: safo_02@mail.ru

Рачабалиев Сафомудин Сайдалиевич – н.и.т., дотсенти кафедраи масолеҳшиносӣ, мошинҳо ва таҷҳизоти металлургии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. E-mail: safo_02@mail.ru

УДК 669.45.018.8.24/882

ВЛИЯНИЕ ПРАЗЕОДИМА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА AlV0,1

¹Ганиев И.Н., ²Азизова Д.К., ¹Окилов Ш.Ш., ¹Джайлоев Дж.Х.

¹Институт химии имени В. И. Никитин Национальной академии наук Таджикистана

²Физико-технический институт им.С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана)

Аннотация. Рентгенофазовый анализ играет ключевую роль в идентификации, структурной характеристике и количественной оценке оксидных фаз, формирующихся при окислении алюминиевого сплава методом рентгенофазового анализа, был определён фазовый состав продуктов окисления алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с 1,0 мас.% празеодима, а также установлена их роль в механизме окисления. Результаты РФА показали, что при окислении сплава AlV0.1 с празеодимом формируются следующие оксидные соединения: Al_2O_3 ; Pr_2O_3 ; $Pr_{0.54}Al_{11}O_{16.89}$; Pr_2O_3 ; VO_2

Ключевые слова: алюминиевый проводниковый сплав AlV0.1, празеодим, рентгенофазового анализа, продукт окисления.

Введение

Алюминиевые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью благодаря защитной оксидной плёнке. Примеси кремния и магния (до 4%) существенно не снижают эту стойкость. Однако в агрессивных средах, таких как морская вода или при контакте с более благородными металлами (латунь, углеродистая сталь), возможно развитие локальной коррозии — точечной и гальванической [1, 2].

Добавка ванадия оказывает модифицирующее действие на алюминий и его сплавы, способствуя измельчению зерна и повышению прочности, пластичности и коррозионной стойкости. Ванадий образует мелкие интерметаллиды, служащие центрами кристаллизации, что приводит к формированию мелкозернистой структуры. Например, сплав Al–2,3%V обладает более высокой прочностью по сравнению с чистым алюминием при сохранении пластичности [3].

Целью настоящей работы является исследование влияния добавок празеодима на продукты окисления алюминиевого проводникового сплава AlV0.1.

Исследования фазового состава продуктов окисления сплавов

Для определения вида и состава кристаллических фаз, присутствующих в природных и синтезированных материалах, широкое распространение находят рентгеновские методы исследования. С помощью рентгенофазового анализа (РФА) исследуется качественный и количественный состав материалов, определяются параметры элементарной ячейки кристаллических веществ, рассматриваются твёрдые растворы и превращения, которые происходят в материалах под влиянием температуры и давления. Фазовый рентгеновский анализ осуществлялся при помощи дифрактометра ДРОН-3, оснащенного компьютером. Качественный фазовый состав определялся сопоставлением штрих-кодов, соответствующих им межплоскостным расстоянием d_{hkl} подобных характеристик известных веществ. Съёмка проводилась в излучении $CoK\alpha$ ($\lambda=1,7902\text{Å}$), при напряжении анода 30кВ, силе тока 30мА и интервале углов 2θ от 5 до 150°. Исследование фазового состава продуктов окислений сплава AlV0.1 с празеодимом проводилось на установке, схема которой представлена на рис. 1.

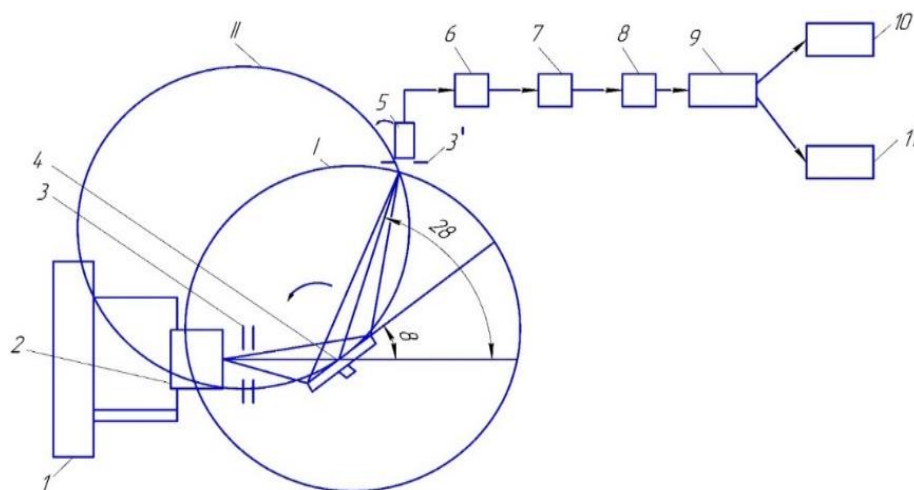


Рисунок 1. Принципиальная схема дифрактометра ДРОН-3

Образец 4 находится в центре окружности I, по которой движется счетчик 5 и на которой также находится рентгеновская трубка. Он вращается одновременно со счетчиком таким образом, чтобы его поверхность все время была касательной к окружности фокусировки II, на которой находится фокус рентгеновской трубки, центр образца и входная щель счетчика [6, 7].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

В качестве примера на рис. 2 представлена фотография образца алюминиевого проводникового сплава AlV0.1, содержащего 1,0 мас. % празеодима.



Рисунок 2. Образец из алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с 1,0 мас. % празеодима для рентгенофазового анализа

Дифрактограммы продуктов окисления, образующиеся при окислении алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с празеодимом, исследованы методом рентгенофазового анализа и представлены на рис. 3. По результатам рентгенофазового анализа продуктов окисления сплавов установлено, что при окислении образуются оксиды следующих составов: Al_2O_3 ; Pr_2O_3 ; $Pr_{0.54}Al_{11}O_{16.89}$; Pr_2O_3 ; VO_2

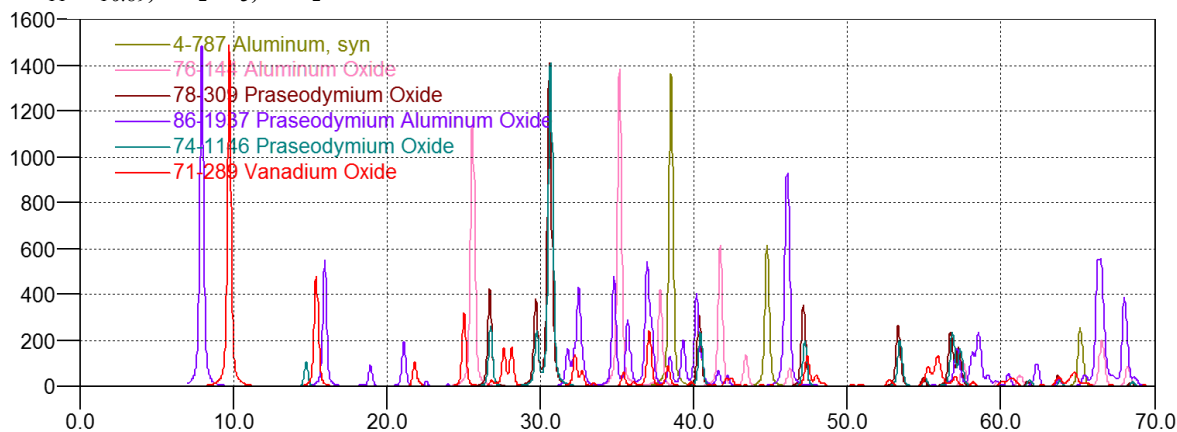


Рисунок 3. Дифрактограммы продуктов окисления алюминиевого проводникового AlV0.1 с празеодимом

Оксиды в алюминиевый проводниковый сплав AlV0.1 с празеодимом играют двойственную роль. С одной стороны, они обеспечивают защиту от коррозии и электрические свойства. Поэтому контроль процессов окисления и фазового состава оксидов является важной задачей материаловедения.

Алюминиевого проводникового AlV0.1 обладает высокой химической активностью и при взаимодействии с кислородом быстро образует оксидную плёнку (Al_2O_3).

Литература

1. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение). - Под ред. И.Н. Фридляндера. К.: Комитех. 2005-365с.
2. Алюминиевые сплавы: свойства, обработка, применение / Отв. ред. Л.Х. Райтбарг. - Изд. 13-е, перераб. и доп. -М.: Металлургия, 1979. -679 с.
3. Промышленные алюмин-е сплавы отв. ред. М.Б. Альтман. Металлургия, 1984. -528 с.
4. Мондольфо, Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов / Пер. с англ. – М. Металлургия. 1979. – 640 с.
5. Бушуев Н.Н., Кристаллография и рентгенография. – М.: Высшая школа, 2010. –543 с.
6. Климанов В.А. Рентгеноструктурный анализ материалов. – М.: МИСиС, 2007. –256 с.
7. Влияние галлия, индия и таллия на микроструктуру и механические свойства алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 / Р. Д. Исмонов, А. М. Сафаров, С. С. Раджабалиев, С. Т. Бадурдинов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – № 1(65). – С. 60-63. – EDN DIJLW.
8. Иброхимов, С. Ж. Кинетика окисления алюминиево-магниевого сплава AMg4, легированного празеодимом в твердом состоянии / С. Ж. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 4(52). – С. 38-41. – EDN UXZMDL.
9. Исмонов, Р. Д. Микроструктура алюминиевого сплава AlBe1 с таллием и фазовый состав продуктов их окислений / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 3(63). – С. 73-75. – EDN RGIPSB.

EFFECT OF PRASEODYMIUM ON THE PHASE COMPOSITION OF OXIDATION PRODUCTS OF ALUMINUM CONDUCTOR ALLOY AlV0.1

¹Ganiev I.N., ²Azizova D.K., ¹Okilov Sh.Sh., ¹Dzhayloev J.H.

(¹V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan

²S.U. Umarov Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of Tajikistan)

Abstract. X-ray phase analysis plays a key role in the identification, structural characterization and quantitative assessment of the oxide phases formed during the oxidation of aluminum alloy By X-ray phase analysis, the phase composition of the oxidation products of aluminum conductor alloy AlV0.1 with 1.0 wt was determined % praseodymium, and their role in the mechanism of oxidation has been established. The XRD results showed that the following oxide compounds are formed upon oxidation of the AlV0.1 alloy with praseodymium: Al_2O_3 ; Pr_2O_3 ; $\text{Pr}_{0.54}\text{Al}_{11}\text{O}_{16.89}$; Pr_2O_3 ; VO_2

Keywords: aluminum conductor alloy AlV0.1, praseodymium, X-ray phase analysis, oxidation product.

ТАЪСИРИ ПРАЗЕОДИМ БА ТАРКИБИ ФАЗАИ ОКСИДШАВИИ ХӢЛАИ НОҚИЛИИ АЛЮМИНИЙ AlV0,1

¹Ғаниев И.Н., ²Азизова Д.К., ¹Окилов Ш.Ш., ¹Ҷайлоев Ҷ.Ҳ.

(¹Институтуи химияи ба номи В. И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

²Институтуи физика-техники ба номи С. У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Таҳлили рентгенофаза дар муайянкунӣ, хусусияти сохторӣ ва арзёбии микдори фазаҳои оксидии ҳангоми оксидшавии хӯлаи алюминий ташаккулёфта нақши калидӣ мебозад. Бо усули таҳлили рентгенофаза таркиби фазаи маҳсулоти оксидшавии хӯлаи

алюминий AlV0.1 бо илова празеодим муайян карда шуд, инчунин нақши онҳо дар механизми оксидшавӣ муайян карда шудааст. Натиҷаҳои РФА нишон доданд, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаи AlV0.1 бо празеодим пайвастагиҳои оксидии зерин ташаккул меебанд: Al_2O_3 ; Pr_2O_3 ; $\text{Pr}_{0.54}\text{Al}_{11}\text{O}_{16.89}$; Pr_2O_3 ; VO_2

Калидвожаҳо: хӯлаи алюминийи ноқили AlV0.1, празеодим, таҳлили рентгенофаза ва оксидшавӣ.

Сведения об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович - Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана (г. Душанбе, 734063, ул. Айни 299/2), д.х.н., академик НАНТ., проф., зав. лабораторией «Коррозионностойкие материалы», E-mail: ganievizatullo48@gmail.com.

Азизова Дилафруз Киромиддиновна – Физико-технический институт им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана (г. Душанбе, 734063, ул. Айни 299/1), PhD докторант.

Окилов Шахром Шукурбоевич – Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана (г. Душанбе, 734063, ул. Айни 299/2), старший научный сотрудник лаборатории «Коррозионностойкие материалы», E-mail: Okilov70070@mail.ru

Джайлоев Джамшед Хусейнович – Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана (г. Душанбе, 734063, ул. Айни 299/2), ведущий научный сотрудник лаборатории «Коррозионностойкие материалы», E-mail: Okilov70070@mail.ru

УДК 669.193

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ СПЛАВА СВИНЦА С ВИСМУТОМ

А.М. Хайдаров

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В режиме «охлаждения» с применением компьютерной техники изучена температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций (энтальпия, энтропия, и энергии Гиббса) сплава свинца с висмутом. Установлено, что с ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплава свинца растут, а значения энергии Гиббса уменьшается.

Ключевые слова: сплавы свинца – висмут – теплоёмкость – энтальпия – энтропия – энергия Гиббса.

Введение

Свинец широко применяется в производстве свинцовых аккумуляторов, заводского оборудования, а также для защиты изделий от агрессивных сред. Основным недостатком свинцовых аккумуляторов является короткий срок службы, особенно в условиях эксплуатации, связанных с вибрацией и механическими ударами, а также их большой удельный вес. К числу основных факторов, снижающих срок службы аккумуляторов, относятся коррозия решеток положительного электрода и осыпание активной массы. Помимо аккумуляторной техники, значительное количество свинца используется для изготовления оболочек электрических кабелей, защищающих их от коррозии и механических повреждений.

С учетом широкого применения свинца, его сплавов и соединений, нами проведена серия исследований, посвященных изучению термических, теплофизических и термодинамических свойств свинца в широком диапазоне температур [1,2]. В литературе имеются данные о плотности, коэффициенте объемного термического расширения, теплопроводности, вязкости и удельной изобарной теплоемкости свинца в зависимости от температуры [3–10]. Однако данные о термодинамических функциях свинца (энтальпия, энтропия и энергия Гиббса) в зависимости от температуры в литературе отсутствуют.

Для измерения удельной теплоемкости сплавов в широкой области температур использовался закон охлаждения Ньютона – Рихмана. Всякое тело, имеющее температуру выше окружающей среды, будет охлаждаться, причем скорость охлаждения зависит от величины теплоемкости тела. Если взять два одинаковой формы металлических образца и охлаждать их от одной температуры, то по зависимости температуры образцов от времени можно найти теплоемкость одного образца, зная теплоемкость другого (эталона).

Результаты экспериментов представлены на рисунках 2 и 3 и в таблицах 1-3. Содержание висмута в свинце составляло от 0.005 до 0.5 мас.%. Экспериментально полученные кривые охлаждения образцов из сплава свинца с висмутом представлены на рисунке 2. В начальном этапе металлический свинец при одной и тоже времени характеризуется более низкой температурой по сравнению с легированным сплавом.

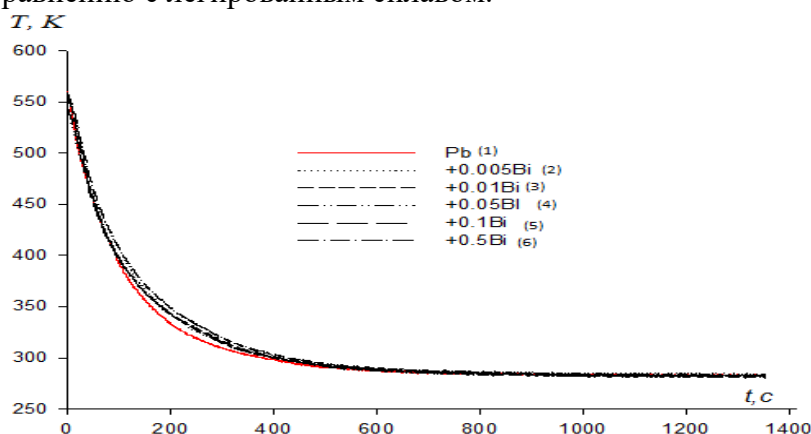


Рисунок 2. График зависимости температуры образцов (Т) от времени охлаждения (τ) для сплава свинца, легированного висмутом

Полученные зависимости скорости охлаждения сплавов (рис. 3) описываются уравнением вида:

$$T = -a \exp(-b\tau) - p \exp(-k\tau), \quad (9)$$

где a , b , p , k - постоянные для данного образца, τ – время охлаждения.

Дифференцируя уравнение (9) по τ , получаем уравнение для определения скорости охлаждения сплавов

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (10)$$

Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнении (10) для исследованных сплавов приведены в таблице 1.

Кривые скорости охлаждения сплавов представлены на рис. 3. Анализ кривых показывает, что кривые, относящиеся к сплавам, содержащим от 0.01 до 0.05 мас.% висмута находится ближе к линии металлического свинца, чем сплавы, содержащие минимальное (0.05мас.%) и максимальное (0.5мас.%) количество висмута.

Таблица 1 - Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнение (10) для сплава свинца с висмутом

Содержание Bi в сплаве, мас.%	a , K	b , 10^{-3} c^{-1}	p , K	k , 10^{-5} c^{-1}	ab , Kc^{-1}	pk , 10^{-3} Kc^{-1}
Pb (эталон)	257,45	9,16	293,16	3,11	2,36	9,13
+0.005Bi	250,24	7,74	290,09	1,61	1,94	4,67
0.01Bi	257,47	8,66	295,84	4,22	2,23	0,125
0.05 Bi	252,67	8,54	296,30	4,07	2,16	0,120
0.1 Bi	244,61	8,11	294,11	3,82	1,98	0,112
0.5 Bi	261,06	7,96	295,42	3,72	2,08	0,110

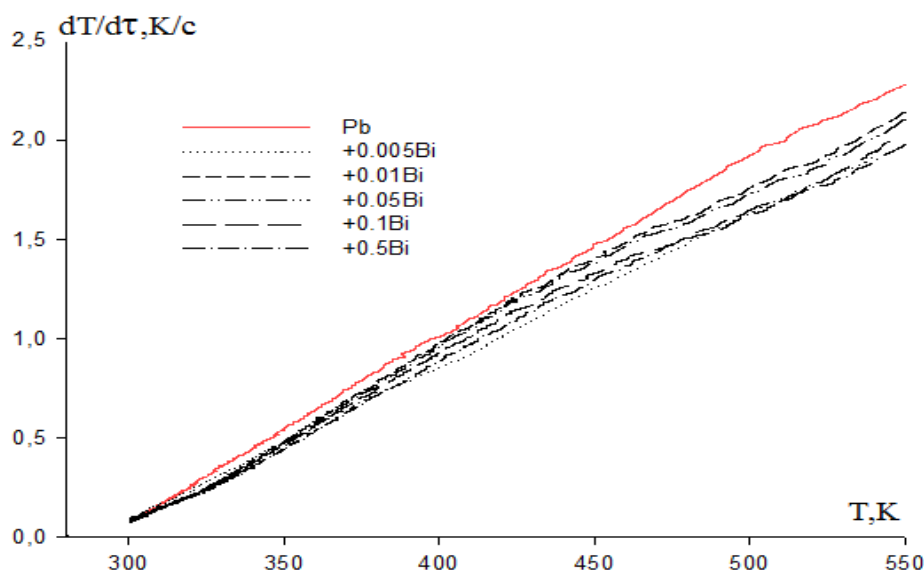


Рисунок 3. Температурная зависимость скорости охлаждения сплава свинца, легированного висмутом

Далее по рассчитанным значениям величин скорости охлаждения сплавов по уравнению (8) была вычислена удельная теплоемкость сплавов с висмутом. Получены следующие коэффициенты полиномы температурной зависимости удельной теплоемкости сплава свинца, легированного висмутом, которые описываются общим уравнением типа (11):

$$C_{p_0}^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (11)$$

Значения коэффициентов в уравнении (11) представлены в табл. 2.

Рассчитанные значение теплоемкости по уравнениям (8) и (10) через 50 К представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Температурная зависимость изменение удельной теплоемкости (кДж/кг·К) сплава свинца, легированного висмутом

Содержание висмутом в сплав мас. %	Т.К					
	300	350	400	450	500	550
Эталон (Pb)	127,5	128,58	138,66	139,74	142,00	143,94
+0,005Bi	125,76	126,71	132,07	134,68	137,91	140,85
+0.01Bi	122,04	122,78	129,67	132,53	134,25	137,62
+0.05 Bi	116,20	116,88	126,04	128,94	129,93	132,21
+0.1 Bi	108,43	112,34	119,64	123,28	125,29	129,71
+0.5 Bi	101,14	106,39	112,77	115,34	118,59	122,07

Как видно влияние температуры характеризуется ростом удельной теплоемкости для эталонного образца и уменьшением для легированного висмутом сплава.

Легированный висмутом сплав имеет большее по сравнению с эталоном значение теплоёмкости, одновременно с этим по мере увеличение концентрации висмута в сплаве удельная теплоемкость резко увеличивается при низких температурах (<350°С).

Максимальное значение удельной теплоемкости приходится на сплав, содержащий 0.005 мас. % висмута.

Далее исследовалась изменение термодинамических функций сплава свинца, легированного висмутом в зависимости от температуры и концентрации висмута в сплаве. Результаты представлены в таблице 3. Для расчета температурной зависимости изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса были использованы интегралы от удельной теплоемкости по уравнениям (12) - (14):

$$H^0(T) - H^0(T_0) = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (12)$$

$$S^0(T) - S^0(T_0) = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (13)$$

$$[G^0(T) - G^0(298.15)] = [H^0(T) - H^0(298.15)] - T[S^0(T) - S^0(298.15)]. \quad (14)$$

где $T_0 = 298,15 \text{ K}$.

Таблица 3 - Температурная зависимость изменение термодинамических функций сплава свинца, легированного висмутом

Содержание Bi в сплаве, мас. %	$H^0(T) - H^0(T_0^*)$, кДж/кг для сплавов					
	T, K					
	300	350	400	450	500	550
Эталон (Pb)	0,2524	7,1267	14,2363	21,6815	29,4379	37,3525
+0,005Bi	0,2362	7,9737	15,5953	21,2104	25,729	32,8646
+0,01Bi	0,2673	6,7246	12,5996	18,7048	25,1778	31,4811
+0,05 Bi	0,2788	7,1585	13,5265	20,0891	27,0201	33,9608
+0,1 Bi	0,2667	6,9846	12,9677	18,5463	24,0778	29,9476
+0,5Bi	0,2912	7,8972	14,7118	20,6693	26,1654	32,05691
	$S^0(T) - S^0(T_0)$, кДж/кг · К для сплавов					
Эталон (Pb)	0,00084	0,02203	0,04101	0,05854	0,07488	0,089966
+0,005Bi	0,00079	0,02458	0,04498	0,05825	0,06777	0,08129
+0,01Bi	0,00089	0,02085	0,03654	0,05091	0,06455	0,076574
+0,05 Bi	0,00093	0,02223	0,03928	0,05477	0,0694	0,082664
+0,1 Bi	0,00089	0,02164	0,03763	0,05078	0,06243	0,073615
+0,5Bi	0,00097	0,02445	0,04267	0,05672	0,06831	0,079524
	$G^0(T) - G^0(T_0)$, кДж/кг для сплавов					
Эталон (Pb)	-0,00078	-0,58445	-2,1676	-4,66152	-8,0019	-12,1287
+0,005Bi	-0,00073	-0,62779	-2,3954	-5,0029	-8,1556	-11,8451
+0,01Bi	-0,00083	-0,57277	-2,0169	-4,20615	-7,0967	-10,6347
+0,05 Bi	-0,00143	-0,62282	-2,1860	-4,55636	-7,6796	-11,5044
+0,1 Bi	-0,00083	-0,58886	-2,0860	-4,3051	-7,1394	-10,5408
+0,5Bi	-0,0009	-0,65933	-2,3576	-4,85675	-7,9887	-11,6813

* $T_0 = 298,15 \text{ K}$

Закключение

Получены уравнения температурной зависимости теплоемкости и термодинамических функций (энтальпии, энтропии и энергии Гиббса) для эталона (Cu) и свинца, которые с точностью $R_{\text{корр.}} = 0,999$ описывают их изменения. Показано, что с ростом температуры удельная теплоёмкость, энтальпия и энтропия легированного висмутом сплава свинца увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшается. Добавки висмута приводит к снижению теплоемкости сплава.

Литература

1. Дасоян М.А. Химические источники тока. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. 231 с.
2. Дунаев Ю.Д. Нерастворимые аноды из сплавов на основе свинца. Алма-Ата: «Наука» Каз. ССР, 1978. 316с.
3. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия. 1989. 384 с.

4. Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Низомов З., Обидов Ф.У., Иброхимов Н.Ф. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплавов системы Pb-Sn // Теплофизика высоких температур. 2014. Т.52. №1. С. 147-150.
5. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Махмадуллоев Х.А., Эшов Б.Б., Низомов З. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплавов системы Pb-Sr // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т.6. №6. С. 38-42.
6. Низомов З., Гулов Б.Н., Ганиев И.Н., Саидов Р.Х., Обидов Ф.У., Эшов Б.Б. Исследование температурной зависимости удельной теплоемкости алюминия марок ОСЧ и А7 // Доклады АН Республики Таджикистан. 2011. Т.54. №1. С. 53-59.
7. Температурная зависимость удельной теплоемкости и изменение термодинамических функций алюминиевых сплавов АМг2 и АМг6 / Н. Ш. Вазиров, И. Н. Ганиев, Х. Я. Шарипова, Н. Ф. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 52-55. – EDN KRBJKX.
8. Иброхимов, С. Ж. Влияния скандия и лантана на теплофизические свойства сплава "АМг4" / С. Ж. Иброхимов, Б. Б. Эшов, Н. Ф. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 2(38). – С. 33-37. – EDN YFPVOZ.
9. Исмонов, Р. Д. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АБ1 (Al+1%Be), модифицированного галлием / Р. Д. Исмонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 31-34. – EDN AOIPPY.
10. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АК1, модифицированного кальцием / И. Н. Ганиев, С. Э. Отаджонов, Н. Ф. Иброхимов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – Т. 2, № 2(42). – С. 17-21. – EDN YNJRNR.

ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТИИ ГАРМИҶУНҶОИШ ВА ТАҒИРЁБИИ ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХҶЛАИ СУРБ БО ВИСМУТ

А.М. Ҳайдаров

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар речаи «хунукшавӣ» бо истифода аз техникаи компютери вобаастагии ҳароратии гармиҷунҷоиш ва тағйирёбии функсияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) ҳулаи сурб бо висмут омӯхта шудааст. Муайян карда шудааст, ки бо болоравии ҳарорат гармиҷунҷоиш, энталпия ва энтропияи ҳулаи сурб зиёд шуда нишондодҳои энергияи Гиббс паст мешавад.

Калидвожаҳо: ҳулаи сурб, висмут, гармиҷунҷоиш, энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс.

THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE HEAT CAPACITY AND THE CHANGE OF THE THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF LEAD ALLOY WITH BISMUTH

A.M. Haydarov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The temperature dependence of heat capacity and thermodynamic functions (enthalpy, entropy, and Gibbs energy) of the lead-bismuth alloy was studied in the "cooling" mode using computer technology. It is found that with increasing temperature, the heat capacity, enthalpy and entropy of the lead alloy grow, and the Gibbs energy decreases.

Keywords: lead alloys, bismuth, heat capacity, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

Сведения об авторе

Ҳайдаров Ашрафхон Маъруфзонов - ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности и экология, E-mail: Ashrofzoda@mail.ru 93 5440305

ТДУ 539.219.3

ПОТЕНСИАЛИ ЗАНГЗАНИИ ОЗОДИ ХӢЛАИ РУӢИ АЛЮМИНИЙИ $Zn5Al$ БО НИКЕЛ ЧАВӢАРОНИДАШУДА ДАР МУӢИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИ $NaCl$.

З.Ф. Нарзуллоев

(Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М. С Осимӣ)

Шарҳи мухтасар. Ин мақола таъсири чавҳаронидани никелро ба потенциали зангзании озод ($E_{з.озод.}$)-и хӢлаи рух-алюминийи $Zn5Al$ дар маҳлули хлориди натрий ($NaCl$) баррасӣ мекунад. Механизмҳои электрохимиявии зангзанӣ, таъсири микроструктура ва таркиби фазаӣ ва нақши ионҳои хлорид дар вайрон кардани плёнкаи муҳофизатӣ баррасӣ карда мешаванд. Нишон дода шудааст, ки илова кардани никел ба тағйирёбии мусбати потенциали зангзанӣ оварда мерасонад, муқовиматро ба зангзании маҳаллӣ афзоиш медиҳад ва маҳсулоти зангзаниро устувор мекунад.

Калидвожаҳо: чавҳаронӣ, хӢлаи рух-алюминий, никел, потенциали зангзании озод, хлориди натрий, плёнкаи муҳофизатӣ, зангзанӣ, микроструктура, устуворӣ.

Муқаддима

ХӢлаи рух-алюминий аз сабаби фаъолияти баланди электрохимиявӣ ва қобилияти муҳофизати катодӣ барои пулод доштаниш дар саноат ҳамчун рӯйпӯшҳои зидди зангзанӣ васеъ истифода мешаванд. Дар байни онҳо хӢлаи $Zn5Al$ ҷои махсусро ишғол мекунад, ки афзалиятҳои рух ва алюминийро (ташкили қабати плёнкаи муҳофизатӣ) муттаҳид мекунад.

Аммо, ин масолеҳҳо аксар вақт дар муҳити агрессивӣ, ки дорои ионҳои хлорид мебошанд, ба монанди муҳити оби баҳрӣ истифода мешаванд. Ин муҳитҳо боиси ангезиши зангзанӣ мегарданд, ки он муқовимати баландтар доштани масолеҳро талаб мекунад. Чавҳаронидан ин роҳи самараноки бехтар кардани хосиятҳо мебошад. Никел ҳамчун элементҳои чавҳаронӣ метавонад ба рафтори электрохимиявии хӢла таъсир расонад, потенциали зангзании он ва кинетикаи равандҳои анодӣ ва катодиро тағйир диҳад.

Ҳадафи ин тадқиқот таҳлили таъсири никел ба потенциали зангзании озоди хӢлаи $Zn5Al$ дар маҳлули оби $NaCl$ мебошад.

Методикаи тадқиқот

Тадқиқот дар печи электрикии навъи СШОЛ дар доираи ҳароратҳои $500-660^{\circ}C$ аз металлҳои тамғаи рух Ц1 (ГОСТ 3640-94), алюминийи А7 (ГОСТ 11069-2001) ва хӢлаи он бо никел омода карда шуданд. ХӢлаи асосии алюминий бо никел (6%) пешакӣ дар зери фишори гази инертӣ дар печи вакуумӣ синтез карда шуд. Чавҳаркунони бо никел дар хӢлаи $Zn5Al$: 0,05; 0,01; 0,1; 0,5 %-и вазнро ташкил дод. Вазнҳо дар тарозуи аналитикии тамғаи АРВ-200 бо дақиқии $0,1 \cdot 10^{-6}$ кг баркашида шудаанд. Омехта бо назардошти партовҳои металлӣ гузаронида шудааст. Печи электрикиро то $660^{\circ}C$ гарм намуда, алюминий ва рухро гудохта, баъд никелро илова намудем. ХӢла бо усули гудозиши индуксионӣ дар тигели графитӣ бо рехтани минбаъда дар қолабҳо дар шаклҳои металлӣ ба даст оварда шуданд. Ҳамчун ҷузъҳои ибтидоӣ рух ва алюминийи тозагии баланддошта (на камтар аз 99,9 %-и вазн) ва инчунин никели электролитӣ истифода бурда шудаанд. Пас аз булӯрбандӣ, рехтагарӣ то гирифтани намунаҳои андозаи $10 \times 10 \times 3$ мм коркарди механикӣ иҷро карда шуд. Пеш аз гузаронидани тадқиқоти электрохимиявӣ, сатҳи кории намунаҳо бо қоғази абразивии дондор аз Р400 то Р1000 пай дар пай суфта карда шуданд, сипас дар матои пашмин бо истифода аз ҳамираи оксиди алюминий сайқал дода шуданд. Пас аз тозакунӣ намунаҳоро бо оби дистиллятсияшуда шуста, бо спирти этилӣ аз равшан пок намуда дар ҷараёни ҳавои гарм хушк намудем. Майдони сатҳи кушодаи корӣ 1 см^2 - ро ташкил дод; сатҳҳои боқимондари бошад бо лаки химиявӣ устувор рӯйпӯш намудем [1, 2].

Тадқиқоти электрохимиявӣ дар ячейкаи стандартӣ иборат аз се электрод дар ҳарорати $(20 \pm 2)^{\circ}C$ гузаронида шуд. ХӢлаҳои тадқиқшаванда ҳамчун электроди корӣ, лавҳаи платинагӣ бошад ёрирасон ва хлориди нуқра ($Ag/AgCl$) барои электроди муқоисавӣ истифода бурда шуд

Ба сифати электролит маҳлулҳои обии NaCl бо консентратсияи 0,03 ва 3,0 %-и вазн, дар оби софшуда чушонидашуда, истифода бурда шуд. Маҳлулро бевосита пеш аз озмоиш омода карда, дар ҳарорати хонагӣ на камтар аз 1 соат барои муътадилсозӣ нигоҳ доштем. Потенсиали зангзании озод дар давоми 60 дақиқа аз лаҳзаи ғарқ кардани намуна ба электролит то муқаррар кардани арзиши статсионарӣ ба қайд гирифта шуд. Қаҳқатҳои поляризатсионии анодӣ дар речаи потенциодинамикӣ ҳангоми суръати паҳнкунии потенциали $2 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}$ ба даст оварда шуданд. Доираи кушодашавӣ аз потенциали муқаррарнамудаи зангзании озод ба тарафи анодӣ то пайдоиши аломатҳои ҳалшавии интенсивии ҳӯла интиҳоб карда шуд. Барои баланд бардоштани таҷдиди нави натиҷаҳо ҳар як ҳӯла на камтар аз се маротиба аз тадқиқот гузаронида шуд, ки пас аз он арзиши миёнаи потенциали зангзании озод ҳисоб карда шуд. Хатоии ченкунӣ аз $\pm 5 \%$ зиёд набуд. Коркарди маълумоти таҷрибавӣ бо истифода аз усулҳои стандартии омӯрӣ анҷом дода шуда, дар ҷадвал оварда шудааст [3, 4].

Ҷадвал - Вобастагии потенциали (х.с.э.) зангзании озоди ($-E_{\text{з. озод}}$, В) ҳӯлаи рухӣ-алюминийи Zn5Al (1) бо никел дар муддати вақт дар муҳити электролитҳои NaCl [3, 4]

Муҳити NaCl, %-и вазн	Микдори никел дар ҳӯла, %-и вазн	Потенсиали (х.с.э.) зангзании озод ($-E_{\text{з. озод}}$, В) дар вақти нигоҳдорӣ, дақ.							
		0.3	0.6	2	4	10	20	40	60
0.03	Zn5Al (1)	1.054	1.012	0.998	0.976	0.963	0.952	0.940	0.940
	(1) + 0.01	0.688	0.667	0.656	0.631	0.607	0.596	0.572	0.570
	(1) + 0.05	0.676	0.655	0.644	0.618	0.590	0.576	0.562	0.562
	(1) + 0.1	0.663	0.646	0.634	0.607	0.582	0.568	0.557	0.556
	(1) + 0.5	0.653	0.634	0.622	0.598	0.576	0.566	0.551	0.550
3.0	Zn5Al (1)	1.170	1.138	1.126	1.109	1.086	1.077	1.066	1.064
	(1) + 0.01	0.832	0.812	0.800	0.780	0.750	0.736	0.718	0.716
	(1) + 0.05	0.828	0.805	0.794	0.770	0.744	0.730	0.710	0.710
	(1) + 0.1	0.811	0.786	0.775	0.755	0.735	0.722	0.702	0.700
	(1) + 0.5	0.801	0.780	0.769	0.746	0.720	0.708	0.692	0.692

Натиҷаҳои тадқиқот

Пас аз ғарқ намудани намунаҳо ба электролит, дар дақиқаҳои аввал тағйиребии босуръати потенциал ба минтақаи мусбат мушоҳида карда шуд. Минбаъд муътадилгардии бузургӣҳо пас аз 40-50 дақиқа ба амал омад, ки бо ташаккул ёфтани пардаи оксидии муҳофизатӣ дар сатҳи ҳӯла алоқамандӣ дорад.

Таъсири никел ба ҳӯлаи Zn5Al, дар маҳлули 0,03% NaCl (баъди 60 дақиқа): Zn5Al: -0,940 В; - Zn5Al + 0,5 % Ni: -0,550 В. Тағйири потенциал ба $\sim 0,39$ В аз афзоиши назарраси муқовимати зангзании он шаҳодат медиҳад. Дар маҳлули 3% NaCl: - Zn5Al: -1,064 В; - Zn5Al + 0,5 % Ni: -0,692 В. Афзоиши консентратсияи ионҳои хлорид маҳлули анодиро шиддат медиҳад ва боиси ба минтақаи манфӣ кӯчидани потенциал мегардад (ҷадвал) [3-7].

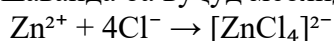
Потенсиали зангзании озод ($E_{\text{з. озод}}$) потенциали ҳолати устувори металл дар электролит дар сурати мавҷуд набудани ҷараёни беруна мебошад (Расм). Он бо мувозинати реаксияҳои анодӣ ва катодӣ муайян карда мешавад:



Ҳамин тариқ, арзиши $E_{\text{з. озод}}$ тамоюли металлро ба зангзанӣ инъикос мекунад: потенциал ҳар қадар манфӣ бошад, ҳамон қадар фаъолияти зангзананда баландтар аст.

Ионҳои хлорид (Cl^-) таъсири саҳти зангзананда доранд, ки пардаҳои оксидиро нест мекунанд ва суръати анодиро баланд мебардоранд.

Дар маҳлули NaCl комплексҳои ҳалшаванда ба вуҷуд меоянд, масалан:



Ин ташаккули қабатҳои муҳофизатиро пешгирӣ мекунад ва зангзаниро метезонад.

Механизми таъсири никел. Таъсири мусбати никел иборат аст:

1. Майдадона будани сохти таркибии хӯла;
2. Паст шудану якхела набудани таркиби микрогалваниии хӯла;
3. Ба вучуд омадани қабати ғафси фазаӣ дар хӯла;
4. Эҳтимоли пайдоиши пайвастиҳои кам ҳалшаванда дар таркиби пардаи муҳофизатӣ.

Ҳангоми поляризатсияи анодӣ манбаи доимии ионҳо дар қабати наздизлектродӣ ба вучуд меояд, дар ин ҳолат никел равандҳои электродро тақсим мекунад ва ионизатсияи фазаи рухро суст мекунад.

Хулоса

1. Иловаҳои никел (0,01- 0,5 %-и вазн) потенциали зангзании озоди хӯлаи Zn5Al-ро ба минтақаи мусбат мекӯчонанд.
 2. Таъсири бештар барои хӯлаи Zn5Al дар маҳлули 0,03% NaCl мушоҳида карда мешавад.
 3. Баланд шудани концентратсияи NaCl то 3% суръати зангзаниро зиёд карда потенциали зангзании озодро ба тарафи манфӣ мекӯчонад.
 4. Хӯлаи Zn5Al дар NaCl ба зангзании фаъол дучор мешавад.
 5. Никел сохторро такмил дода, фаъолияти электрохимиявиро кам мекунад.
 6. Тағйирёбии потенциали мусбӣ аз афзоиши муқовимат ба зангзанӣ шаҳодат медиҳад.
- Муътадилгардии потенциал пас аз 40-50 дақиқаи ғарқ кунонидани хӯлаҳо дар электролит ба амал меояд. Ҷавҳаронидан бо никел ба ташаккули қабати муҳофизатии устувортар ва баланд бардоштани муқовимати зангзании хӯлаҳо мусоидат мекунад.

Адабиёт

1. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов / учебник для вузов. – М.: МИСиС, 1998. – 400 с.
2. Богатов А.А. Механические свойства и модели разрушения металлов; учебное пособие для вузов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. – 239 с.
3. Нарзуллоев З.Ф., Алиев Дж.Н., Ганиев И.Н., Аминов Ф.М. Влияние добавок никеля на анодное поведение цинково-алюминиевых сплавов Zn5Al, Zn55Al в среде электролита NaCl. Журнал прикладной химии. 2019. Т.92. Вып.11. –С.1420-1426.
4. Исмонов, Р. Д. Влияние индия на анодное поведение сплава АБ1 / Р. Д. Исмонов, И. Н. Ганиев, А. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2025. – № 1(9). – С. 12-15. – EDN PBQSQH.
5. Влияние добавок лития на коррозионно-электрохимическое поведение свинцового баббита БЛ (PbSb15Sn10Li) в среде электролита NaCl / И. Н. Ганиев, Х. М. Ходжаназаров, Ф. К. Ходжаев, У. Ш. Якубов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2022. – Т. 78, № 1. – С. 7-12. – EDN ZOSCQI.
6. Потенциостатическое исследование алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом / О. Ш. Давлатов, И. Н. Ганиев, Х. О. Одиназода, С. С. Раджабаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 1(53). – С. 33-37. – EDN MMFSDA.
7. Электрохимическое поведение сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом, в среде электролита 3% -ного NaCl / О. Ш. Давлатов, Х. О. Одиназода, И. Н. Ганиев, С. С. Раджабаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 3(47). – С. 63-66. – EDN EQNOEF.

ПОТЕНЦИАЛ СВОБОДНОЙ КОРРОЗИИ СПЛАВА Zn5Al, ЛЕГИРОВАННОГО НИКЕЛЕМ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

З.Ф. Нарзуллоев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе исследуется влияние легирования никелем на потенциал свободной коррозии ($-E_{\text{св.кор.}}$) цинково-алюминиевого сплава Zn5Al в растворе хлорида натрия (NaCl).

Рассматриваются электрохимические механизмы коррозии, влияние микроструктуры и фазового состава, а также роль хлорид-ионов в разрушении защитных плёнок. Показано, что добавление никеля приводит к смещению потенциала коррозии в положительную сторону, повышает устойчивость к локальной коррозии и стабилизирует продукты коррозии.

Ключевые слова: легирование, цинково-алюминиевый сплав, никель, потенциал свободной коррозии, хлорида натрия, защитная плёнка, коррозия, микроструктура, устойчивость.

CORROSION-FREE POTENTIAL OF Zn5Al ALLOY LEADERED WITH NICKEL IN A NaCl ELECTROLYTE ENVIRONMENT

Z.F. Narzullov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This paper examines the effect of nickel alloying on the free corrosion potential (E_{cor}) of a Zn5Al zinc-aluminum alloy in a sodium chloride (NaCl) solution. The electrochemical mechanisms of corrosion, the influence of microstructure and phase composition, and the role of chloride ions in the destruction of protective films are discussed. It is shown that the addition of nickel leads to a positive shift in the corrosion potential, increases resistance to localized corrosion, and stabilizes corrosion products.

Keywords: alloying, zinc-aluminum alloy, nickel, free corrosion potential, sodium chloride, protective film, corrosion, microstructure, stability.

ИЛМӢОИ БУНӢДӢ (МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ) - ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ
(МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ) - FUNDAMENTAL SCIENCES (MATHEMATICS, PHYSICS,
CHEMISTRY)

УДК.536.21

НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ В ТВЕЛАХ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА

Ш.Ш. Самаров

(ФГБОУ ВО Душанбинский филиал НИУ »МЭИ», г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье изложено метод оптимального выбора базисных координат для задач нестационарных теплопроводности в ТВЭЛах, внутренние источники которых за переходным режимом принимают некоторые значения, на примере решения задач для пластины. Найдено температурные поля для ТВЭЛа в форме неограниченной пластины.

Ключевые слова: теплообмен, тепловыделяющие элементы, температурное поля, базисные координаты, коэффициент изображения.

Введение

В статья [1] изложена теория теплообмена в ядерных энергетических установках. В силу неравномерности распределения плотности нейтронного потока по объему активной зоны мощности распределения локальных внутренних источников в ТВЭЛах принимаются неравномерным. В зависимости от геометрической формы ТВЭЛа внутренние источники стационарного неравномерного распределения экстраполируются тригонометрическими функциями и функциями Бесселя. В наших обозначениях для прямоугольного параллелепипеда

$$D\{0 \leq x \leq l_1, 0 \leq y \leq l_2, 0 \leq z \leq l_3\} [1]:$$

$$q_v(x, y, z) = q_v \cos \frac{\pi x}{l_1} \cos \frac{\pi y}{l_2} \cos \frac{\pi z}{l_3}; \quad (1)$$

Для достаточно длинного цилиндрического тела

$$q_v(\rho, \mu_k) = q_v J_0(\mu_k \rho), \quad 0 \leq \rho \leq \frac{r}{R} \leq 1; \quad (2)$$

где μ_k – один из корней характеристических уравнений $J_0(\mu_k) = 0$ или

$$\frac{J_0(\mu)}{J_1(\mu)} = \frac{\mu}{Bi}; \quad (3)$$

для шара

$$q_v(\rho) = q_v \frac{\sin \pi \rho}{\pi \rho}, \quad 0 \leq \frac{r}{R} = \rho \leq 1; \quad (4)$$

Для цилиндра конечной длины $h (0 \leq z \leq h)$

$$q_v(\rho, z) = q_v J_0(\mu_k \rho) \cos \frac{\pi z}{h}. \quad (5)$$

При этом во всех случаях в [1] принято $\mu_k = \mu_1 = 2,405$ -первый корень уравнения $J_0(\mu_k) = 0$.

Изложим метод оптимального выбора базисных координат для задач нестационарных теплопроводности в ТВЭЛах, внутренние источники которых за переходным режимом принимают значения (1) -(5), на примере решения задач для пластины.

Перераспределение температуры, обусловленное только внутренними источниками в пластине, находится как решение следующей задачи [2]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial Fo} &= \frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \frac{q_v R^2 \sin \pi \xi}{\lambda} f(Fo), \quad 0 \leq \xi = \frac{x}{R} \leq 1, \\ T(\xi, 0) &= T_0, \quad T(0, Fo) = T(1, Fo) = T_0, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где $\lim_{Fo \rightarrow 0} f(Fo) = 1$.

В пространстве изображений по Лапласу [3]

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 T}{d\xi^2} - [p\bar{T}(\xi, p) - T_0] + \frac{q_v R^2 \sin \pi \xi}{\lambda} f(p) &= 0, \\ \bar{T}(0, p) &= \bar{T}(1, p) = \frac{T_0}{p}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

В качестве базисных координат примем $\{\psi_k = \sin \pi k \xi\}$ и подставим значение

$$\bar{T}_n(\xi, p) = \frac{T_0}{p} + \bar{a}_1(p) \sin \pi \xi + \sum_{k=2}^n \bar{a}_k(p) \sin \pi k \xi \quad (8)$$

в уравнение (7), тогда

$$\begin{aligned} \varepsilon_n[\bar{a}_1(p), \bar{a}_2(p), \dots, \bar{a}_n(p), \xi](\xi, p) &= - \sum_{k=1}^n [(\pi k)^2 + p] \bar{a}_k(p) \sin \pi k \xi + \\ &+ \frac{q_v R^2 \sin \pi \xi}{\lambda} f(p) \neq 0. \end{aligned}$$

Определяющая система Бубнова-Галеркина

$$\int_0^1 \varepsilon_n[\bar{a}_1(p), \bar{a}_2(p), \dots, \bar{a}_n(p), \xi] \sin m \pi \xi, \quad m = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

с учетом ортогональности системы базисных координат $\{\sin \pi k \xi\}$ приводится к виду [3-6]

$$\bar{a}_1(p) = \frac{q_v R^2}{\lambda} \frac{\bar{f}(p)}{p + \pi^2}, \quad \bar{a}_m(p) = 0, \quad \forall m \geq 2. \quad (10)$$

При $f(Fo) = 1$ подставим значение в (10), тогда

$$\bar{a}_1(p) = \frac{q_v R^2}{\lambda} \frac{1}{p(p + \pi^2)} = \frac{q_v R^2}{\pi^2 \lambda} \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p + \pi^2} \right) \quad (11)$$

и решение находится в виде

$$\bar{T}_n(\xi, Fo) = T_0 + \frac{q_v R^2}{\pi^2 \lambda} [1 - \exp(-\pi^2 Fo)] \sin \pi \xi. \quad (12)$$

При $f(Fo) = 1 - \exp(-Pd Fo)$, $\bar{f}(p) = \frac{1}{p} - \frac{1}{p + Pd} = -\frac{Pd}{p(p + Pd)}$

$$\bar{a}_1(p) = \frac{q_v R^2}{\lambda} \cdot \frac{Pd}{p(p + Pd)(p + \pi^2)} = \frac{q_v R^2}{\pi^2 \lambda} \left[\frac{1}{p} - \frac{1}{\pi^2 Pd} \left(\frac{\pi^2}{p + Pd} - \frac{Pd}{p + \pi^2} \right) \right].$$

Поле температуры находится в виде

$$\bar{T}_n(\xi, Fo) = T_0 + \frac{q_v R^2}{\pi^2 \lambda} [1 - \exp(-\pi^2 Fo)] \sin \pi \xi. \quad (13)$$

При $f(Fo) = Fo \exp(-Pd Fo)$, $\bar{f}(p) = \frac{1}{(p + Pd)^2}$ находим

$$\bar{a}_1(p) = \frac{q_v R^2}{\lambda} \cdot \frac{Pd}{(p+Pd)(p+\pi^2)} = \frac{q_v R^2}{\lambda} \left[\frac{1}{(\pi^2 - Pd)(p+Pd)^2} - \frac{1}{(\pi^2 - Pd)^2} \left(\frac{1}{p+Pd} - \frac{1}{p+\pi^2} \right) \right],$$

$$\bar{T}_n(\xi, p) = T_0 + \frac{q_v R^2}{\lambda(\pi^2 - Pd)} \left[Fo \exp(-PdFo) - \frac{\exp(-PdFo) - \exp(-\pi^2 Fo)}{\pi^2 - Pd} \right] \sin \pi \xi. \quad (14)$$

Для неограниченной пластины толщиной $2R$ $\left(-1 \leq \xi = \frac{x}{R} \leq 1\right)$ при внутренних источниках

$q_v(\xi, Fo) = q_v \cos \mu_1 \xi f(Fo)$ и симметричных граничных условиях третьего рода

$$\left\{ \frac{\partial T}{\partial \xi} + BiT(\xi, Fo) \right\}_{\xi=1} = BiT_0, \left(\frac{\partial T}{\partial \xi} \right)_{\xi=0} = 0 \quad (15)$$

коэффициент изображения $a_k(p)$ в решение

$$\bar{T}_n(\xi, p) = \frac{T_0}{p} + \sum_{k=1}^n a_k(p) \cos \mu_k \xi$$

находится в виде

$$\bar{a}_1(p) = \frac{q_v R^2}{\lambda} \cdot \frac{f(p)}{p + \mu_1^2}, \quad \bar{a}_k(p) = 0, \forall k \geq 2, \quad (16)$$

где μ_1 и μ_k ($k \geq 2$) являются корнями уравнения

$$\operatorname{ctg} \mu = \frac{\mu}{Bi}. \quad (17)$$

Точное решение для ТВЭЛа в форме пластины толщиной $2R$ при $f(Fo) = 1$ находится в виде

$$T(\xi, Fo) = T_0 + \frac{q_v R^2}{\mu_1^2 \lambda} \left[1 - \exp(-\mu_1^2 Fo) \right] \cos \mu_1 \xi. \quad (18)$$

Литература

1. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. Москва: Атомиздат, 1974. -404с.
2. Цой П.В. Методы расчета задач тепло- и массопереноса. М.: Энергоатомиздат. 1984.414с.
3. Самаров Ш.Ш. Температурные напряжения в упругих тепловыделяющих элементах. //Материалы международной научно-практической конференции “Развитие Энергетической отрасли Таджикистана в период независимости”, г. Душанбе, 07 мая 2025г., с.345-348.
4. Садриддинов, М. М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью / М. М. Садриддинов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 3(63). – С. 4-10. – EDN OQTOYW.
5. Садриддинов, М. М. Построение нелинейных проекторов для систем дифференциальных уравнений, содержащих малый параметр / М. М. Садриддинов, У. Р. Рустамбекова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3(59). – С. 5-11. – EDN ILZYCQ.
6. Хафизов, Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами / Х. М. Хафизов //

Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 1(65). – С. 5-7. – EDN PTVOZB.

ИНТИҚОЛИ ГАРМИИ ҒАЙРИСТАЦИОНАРӢ ДАР УНСУРҲОИ ГАРМИДИХАНДАИ МИНТАҚАИ ФАЪОЛИ РЕАКТОР

Ш.Ш. Самаров

(Муассисаи таълимии буҷетии давлатии таҳсилоти олӣ Филиали Душанбеи Донишгоҳи миллии тадқиқотии «МПЭИ», Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Аннотация. Дар мақола усули интихоби оптималии координатаҳои базисӣ барои масъалаҳои интиқоли гармии ғайристационарӣ дар унсурҳои гармидиханда оварда шудааст, ки манбаҳои дохилии онҳо дар режими гузариш баъзе арзишҳоро дар мисоли ҳалли масъалаҳо барои пластинка қабул мекунамд. Майдонҳои ҳароратӣ барои унсурҳои гармидиханда дар шакли лавҳаи бемаҳдуд ефт шуданд.

Калидвожаҳо: мубодилаи гармӣ, унсурҳои гармидиханда, майдони ҳарорат, координатаҳои базисӣ, коэффитсиенти тасвир.

NON-STATIONARY HEAT CONDUCTIVITY IN THE ACTIVE ZONE OF THE REACTOR

Sh.Sh. Samarov

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Dushanbe Branch of the National Research University "MPEI", Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The article presents a method for optimally selecting basis coordinates for non-stationary heat conduction problems in fuel elements (FEs) whose internal sources, in the transient regime, take certain values, illustrated by solving problems for a plate. Temperature fields for the FE in the form of an infinite plate have been found.

Keywords: heat exchange, fuel elements, temperature fields, basis coordinates, image coefficient.

Маълумот дар бораи муаллиф

Самаров Шамсиддин Шарофович- н.и.ф.-м., доцент, мудири кафедраи илмҳои табиӣ филиали ДМТ «ДЭМ» дар ш. Душанбе. E-mail: samarov.1958@mail.ru.

УДК 517.5

О СОВМЕСТНОЙ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ ХАРДИ $H_{2,R}$.

Х.А. Абдусаломзода

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В пространстве Харди $H_{2,R} := H_2(U_R)$ аналитических в круге $U_R: \{z \in \mathbb{C}: |z| < R\}$ функции найдены точные неравенства между наилучшими совместными приближениями функций и их производных и усредненными значениями нормы разности первого порядка g — их производных.

Ключевые слова: наилучшее совместное приближение, пространство Харди, верхняя грань модуль гладкости, экстремальная задача, мажоранта.

Введение

Экстремальные задачи, связанные с наилучшим приближением аналитических в круге функций, принадлежащих пространству Харди H_q , $1 \leq q \leq \infty$ ранее изучались, например, в работах [1-6]. Здесь, продолжая исследования в этом направлении, рассмотрим более общую задачу, а именно: требуется найти точные верхние грани наилучших совместных приближений

аналитических в произвольном круге радиуса R ($0 < R < \infty$) функций и их промежуточных производных алгебраическими комплексными полиномами в пространстве Харди $H_{q,R} := H_q(U_R)$, где $1 \leq q \leq \infty$, $U_R: \{z \in \mathbb{C}: |z| < R\}$, $R > 0$ – произвольная число, $U_1 := U$;

Пусть $A(U_R)$ – множество функций, аналитических в круге U_R . Через $H_{q,R} := H_q(U_R)$ ($1 \leq q \leq \infty$) обозначим пространстве Харди, состоящее из функций $f \in A(U_R)$, для которых

$$\|f\|_{q,R} := \|f\|_{H_{q,R}} = \lim_{\rho \rightarrow R-0} M_q(f, \rho) < \infty,$$

где

$$M_q(f, \rho) = \left(\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f(\rho e^{it})|^q dt \right)^{1/q}. \quad (1)$$

Хорошо известно (см., например, [5, с. 279 – 280]), что в (1) интеграл не убывает при возрастании $\rho \in (0, R]$ и почти всюду на окружности $\Gamma := \{z \in \mathbb{C}: |z| = R\}$ существуют угловые граничные значения $f(Re^{it}) = F(Rt)$.

При этом $F(R) \in L_q[0, 2\pi]$, $q \geq 1$ и

$$\|f\|_{q,R} := \|F(R \cdot)\|_q = \left(\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f(Re^{it})|^q dt \right)^{1/q}. \quad (2)$$

Исходя из разложения функций $f \in A(U_R)$ в ряд Тейлора

$$f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k(f) z^k, z \in U_R \quad (3)$$

где $c_k(f)$ – коэффициенты Тейлора, производную r –го порядка $f \in A(U_R)$ в любой точке $z \in A(U_R)$ определим формулой

$$f^{(r)}(z) := \frac{d^{(r)} f(z)}{dz^r} = \sum_{k=r}^{\infty} \alpha_{k,r} c_k(f) z^{k-r}, r \in \mathbb{N} \quad (4)$$

где

$$\alpha_{n,r} :=$$

$$n(n-1) \dots (n-r+1) = \frac{n!}{(n-r)!}, r \in \mathbb{N}, n > r, \alpha_{n,0} \equiv 1, \alpha_{n,1} = n.$$

Всюду далее, при любом $\rho \in (0, R]$, полагаем

$$H_{q,\rho} := \{f \in A(U_R): \|f\|_{q,\rho} = \|f(\rho \cdot)\|_q < \infty\}, H_{q,1} \equiv H_q,$$

и для $r \in \mathbb{N}$

$$H_{q,\rho}^{(r)} := \{f \in A(U_R): f^{(r)} \in H_{q,\rho}\}.$$

Через $\mathcal{P}_{n-1}$ обозначим подпространство комплексных алгебраических полиномов $p_{n-1}(z) = \sum_{k=0}^{n-1} a_k z^k$ степени не выше $n-1$. Равенством

$$E_{n-1}^2(f)_{q,\rho} := \inf \{ \|f - p_{n-1}\|_{q,\rho}^2 : p_{n-1} \in \mathcal{P}_{n-1} \} \quad (5)$$

определим наилучшее приближение функции $f \in H_{q,\rho}$ ($1 \leq q \leq \infty, 0 < \rho < R$) в пространстве $H_{q,\rho}$ элементами p_{n-1} из подпространства полиномов $\mathcal{P}_{n-1}$. Если существует полином $p_{n-1}^* \in \mathcal{P}_{n-1}$, для которого достигается нижняя грань в (5), то p_{n-1}^* называется полиномом наилучшего приближения функции $f \in H_{q,\rho}$. При этом

$$E_{n-1}^2(f)_{q,\rho} = \|f - p_{n-1}^*\|_{q,\rho}^2. \quad (6)$$

О наилучшем квадратическом приближении аналитических в круге функций посредством усредненных значений нормы разности первого порядка, производной r –го порядка. В этом пункте будем рассматривать пространство аналитических в круге U_R функций $f \in H_{2,R}^{(r)}$, $r \in \mathbb{N}$ для которых норма r –ый производной $f^{(r)}$ в $H_{2,R}$ конечна

$$\|f^{(r)}\|_{2,R} := \|f^{(r)}\|_{H_{2,R}} = \left(\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f^{(r)}(Re^{it})|^2 dt \right)^{1/2} < \infty. \quad (7)$$

Условие конечности нормы (7) функции $f^{(r)} \in H_{2,R}$ равносильно условию сходимости числового ряда

$$\sum_{k=r}^{\infty} \alpha_{k,r}^2 |c_k(f)|^2 R^{2(k-r)},$$

поскольку из (7) в силу равенства Парсеваля следует, что

$$\|f^{(r)}\|_{H_{2,R}} = \left\{ \sum_{k=r}^{\infty} \alpha_{k,r}^2 |c_k(f)|^2 R^{2(k-r)} \right\}^{\frac{1}{2}} < \infty. \quad (8)$$

Так как произвольная функция $f \in A(U_R)$ разлагается в ряд Тейлора (3) и имеет место (8), то в дальнейшем для любого $r \in \mathbb{N}$ полагаем

$$H_{2,R}^{(r)} := \{f: f \in A(U_R): f^{(r)} \in H_{2,R}\}.$$

Легко доказать, что для произвольной функции $f \in H_{2,R}$ справедливо равенство

$$\begin{aligned} E_{n-1}^2(f)_{2,R} &:= E_{n-1}^2(f)_{H_{2,R}} = \|f - T_{n-1}(f)\|_{2,R}^2 = \\ &= \sum_{k=r}^{\infty} |c_k(f)|^2 R^{2k}, \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$T_{n-1}(f, z) = \sum_{k=0}^{n-1} c_k(f) z^k$$

- частичная сумма порядка $n - 1$ разложение функции $f \in A(U_R)$ в ряд Тейлора (3). Учитывая равенство (4), граничное значение производной r -го порядка $f^{(r)}(z)$ представим в виде следующего комплексного ряда Фурье

$$f^{(r)}(Re^{it}) = \sum_{k=r}^{\infty} \alpha_{k,r} c_k(f) R^{k-r} e^{i(k-r)t}. \quad (10)$$

Пользуясь равенством (10), простыми вычислениями с учетом равенства Парсеваля получаем

$$\begin{aligned} E_{n-r-1}^2(f^{(r)})_{H_{2,R}} &= \|f^{(r)} - T_{n-1}^{(r)}(f)\|_{2,R}^2 = \|f^{(r)} - T_{n-r-1}(f^{(r)})\|_{2,R}^2 = \\ &= \sum_{k=r}^{\infty} \alpha_{k,r}^2 |c_k(f)|^2 R^{2(k-r)}. \end{aligned} \quad (11)$$

Очевидно, что между наилучшим приближением $E_{n-1}(f)_{2,R}$ функции $f \in H_{2,R}^{(r)}$, определенного равенством (9), и наилучшим приближением r -й производной $f^{(r)} \in H_{2,R}$, определенного равенством (11), выполняется неравенство

$$E_{n-s-1}(f^{(s)})_{H_{2,\rho}} \leq R^{r-s} \cdot \left(\frac{\rho}{R}\right)^{n-s} \cdot \frac{\alpha_{n,s}}{\alpha_{n,r}} \cdot E_{n-r-1}(f^{(r)})_{H_{2,R}}, \quad (12)$$

где $n \in \mathbb{N}$, $r, s \in \mathbb{Z}_+$, $n > r \geq s$, $0 < \rho \leq R$. Неравенство (12) точное в том смысле, что существует функция $f_0 \in H_{2,R}^{(r)}$, для которой оно обращается в равенство.

Символом

$$\Delta_h^m f(Re^{it}) := \sum_{k=0}^m (-1)^{m-k} \binom{m}{k} f(Re^{i(t+kh)}) \quad (13)$$

обозначим конечную разность m -го порядка функции $f \in H_{2,R}$ по аргументу t с шагом h , а равенством

$$\begin{aligned}\|\Delta_h^m f\|_{H_{2,R}} &:= \left(\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |\Delta_h^m f(Re^{it})|^2 dt \right)^{1/2} = \\ &= \left\{ 2^m \sum_{k=r}^{\infty} |c_k(f)|^2 R^{2k} (1 - \cos kh)^m \right\}^{1/2}\end{aligned}\quad (14)$$

определим норму разности (13) функции $f \in H_{2,R}$. Исходя из равенства (14), модуль непрерывности m -го порядка функции $f \in H_{2,R}$ определим, как обычно, равенством

$$\omega_m(f, t)_{H_{2,R}} = \sup_{|h| \leq t} \left\{ 2^m \sum_{k=r}^{\infty} |c_k(f)|^2 R^{2k} (1 - \cos kh)^m \right\}^{1/2}. \quad (15)$$

Аналогичным образом для производной $f^{(r)} \in H_{2,R}$ имеем

$$\|\Delta_h^m(f^{(r)})\|_{H_{2,R}} := \left\{ 2^m \sum_{k=r}^{\infty} \alpha_{k,r}^2 |c_k(f)|^2 R^{2(k-r)} (1 - \cos(k-r)h)^m \right\}^{1/2}, \quad (16)$$

$$\omega_m(f^{(r)}, t) = \sup_{|h| \leq t} \left\{ 2^m \sum_{k=r}^{\infty} \alpha_{k,r}^2 |c_k(f)|^2 R^{2(k-r)} (1 - \cos(k-r)h)^m \right\}^{1/2}, \quad (17)$$

В принятых обозначениях справедлива следующая

Теорема 1. При любых $n, m \in \mathbb{N}$, $r, s \in \mathbb{Z}_+$, $n > r \geq s$, $0 < \rho \leq R$ и $0 < (n-r)u \leq \frac{\pi}{2}$ справедливо

$$\begin{aligned}& \sup_{f \in H_{2,R}^{(r)}} \frac{\left(\alpha_{n,r} / \alpha_{n,s} \right) E_{n-s-1}(f^{(s)})_{H_{2,\rho}}}{\left\{ \int_0^u \omega_m^2(f^{(r)}, t)_{H_{2,R}} dt \right\}^{m/2}} \leq \\ & \leq R^{r-s} \cdot \left(\frac{\rho}{R} \right)^{n-s} \cdot \left\{ \frac{n-r}{2[(n-r)u - \sin(n-r)u]} \right\}^{m/2}.\end{aligned}\quad (18)$$

Следствие 1. При всех $n, m \in \mathbb{N}$, $r, s \in \mathbb{Z}_+$, $n > r \geq s$ для произвольной функции $f \in H_2^{(r)}$ справедливо неравенство

$$E_{n-s-1}(f^{(s)})_{H_{2,\rho}} \leq \frac{1}{2^{m/2}} \frac{\alpha_{n,s}}{\alpha_{n,r}} \omega_m\left(f^{(r)}, \frac{\pi}{n-r}\right)_{H_{2,R}}. \quad (19)$$

Заключение

В работе решается ряд экстремальных задач, связанных с наилучшим совместным полиномиальным приближением аналитических в единичном круге функций, принадлежащих пространству Харди $H_{2,R}$.

Литература

1. Шабозов М.Ш., Юсупов Г.А., Заргаров Дж.Дж. О наилучшей совместной полиномиальной аппроксимации функций и их производных в пространстве Харди. – Труды ИММ УрО РАН., 2021, т.27, №4, с.239-254.
2. Шабозов М.Ш. О наилучшем совместном приближении функций в пространстве Бергмана B_2 . – Матем. заметки, 2023, т.114, №3, с.435-446.
3. Шабозов М.Ш. О наилучшем совместном приближении функций в пространстве Харди. – Труды ИММ УрО РАН., 2023, т.29, №4, с.283-291.
4. Садриддинов, М. М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью / М. М. Садриддинов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 3(63). – С. 4-10. – EDN OQTOYW.

5. Садриддинов, М. М. Построение нелинейных проекторов для систем дифференциальных уравнений, содержащих малый параметр / М. М. Садриддинов, У. Р. Рустамбекова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3(59). – С. 5-11. – EDN ILZYCQ.

6. Хафизов, Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами / Х. М. Хафизов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 1(65). – С. 5-7. – EDN PTVOZB.

ОИДИ НАЗДИККУНИИ ЯКЧОЯИ ПОЛИНОМИАЛИИ ФУНКСИЯҲО ВА ҲОСИЛАҲОИ ОНҲО ДАР ФАЗОИ ХАРДИ $H_{2,R}$.

Х.А. Абдусаломзода

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар фазои Харди $H_{2,R} := H_2(U_R)$ функсияҳои дар давраи $U_R: \{z \in \mathbb{C}: |z| < R\}$ аналитикӣ, нобаробариҳои аниқ байни наздиккунии беҳтарини ҳамчояи функсияҳо, ҳосилаҳои онҳо ва қимати миёнаи нормаи фарқияти охиноки тартиби якуми ҳосилаи тартиби r -ум ёфта шудааст.

Калидвожаҳо: наздиккунии беҳтарини ҳамчоя, фазои Харди, сарҳади болоӣ, модули суфтагӣ, мажорант.

ON THE JOINT POLYNOMIAL APPROXIMATION OF FUNCTIONS AND THEIR DERIVATIVES IN HARDY SPACE $H_{2,R}$.

Kh.A. Abdusalomzoda

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation. In the Hardy space $H_{2,R} := H_2(U_R)$ of analytic functions in the circle $U_R: \{z \in \mathbb{C}: |z| < R\}$, exact inequalities were found between the best joint approximation of functions and their derivatives and the averaged values of the norm of the first-order difference of the r -th derivatives.

Keywords: best joint approximation, Hardy space, upper bound, modulus of smoothness, majorant.

Сведения об авторе

Абдусаломзода Хусрав Абдусалом – ассистент кафедры высшей математике ТТУ имени академика М.С. Осими. Личная информация: E-mail: aziz.abdusalomzoda@mail.ru

УДК 517.968

ОБ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ РЕШЕНИЙ ОДНОГО КЛАССА ОБОБЩЁННЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА С СИНГУЛЯРНЫМИ ТОЧКАМИ

С.Б. Зарипов, Дж.А. Мирзоев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В этой работе изучено интегральное уравнение, обобщающее интегральное уравнение типа Вольтерра с двумя граничными сингулярными точками. В модельном случае в зависимости от корней соответствующего характеристического уравнения найдено общее решение.

Ключевые слова: Сингулярными точками - характеристического уравнения - модельном случае - интегральное уравнение.

Через Γ обозначим множество точек $\Gamma = \{x; a < x < b\}$ на вещественной оси. На Γ рассмотрим интегральное уравнение

$$\varphi(x) + \int_a^x \left\{ k_1(x, t) + k_2(x, t) \ln \left[\left(\frac{x-a}{b-x} \right) \left(\frac{b-t}{t-a} \right) \right] \right\} \frac{\varphi(t) dt}{(t-a)(b-t)} = f(x), \quad (1)$$

где $k_1(x, t)$, $k_2(x, t)$, $f(x)$ – заданные непрерывные функции точек области $\bar{R} = \{(x, t); a \leq x \leq b, a \leq t \leq b\}$ и $\bar{\Gamma}$, причём $k_1(a, a) \neq 0$, $k_2(a, a) \neq 0$. Решение интегрального уравнения (1) будем искать в классе функций $\varphi(x) \in C(\bar{\Gamma})$, $\varphi(a) = 0$ с асимптотическим поведением:

$$\varphi(x) = o[(x-a)^\varepsilon], \quad \varepsilon > 0 \text{ при } x \rightarrow a.$$

Проблеме исследования интегральных уравнений Вольтерра с одной левой, с одной правой или с одной внутренней сингулярной или супер - сингулярной точкой посвящена работа [1]. Теория интегрального уравнения (1) при $k_2(x, t) = 0$, $k_1(x, t) = A(t)$ и $k_2(x, t) = 0$, $k_1(x, t) \neq A(t)$ построена в [1-8]. Модельное интегральное уравнение типа (1) с левой граничной сингулярной точкой, то есть интегральное уравнение

$$\varphi(x) + \int_a^x \left[p + q \ln \left(\frac{x-a}{b-x} \right) \right] \frac{\varphi(t)}{t-a} dt = f(x),$$

исследовано в [2].

Исследование интегрального уравнения (1) в модельном случае, когда корни соответствующего характеристического уравнения

$$\lambda^2(b-a) + k_1(a, a)\lambda + k_2(a, a) = 0 \quad (2)$$

вещественные и разные, вещественные и равные, проведено в [1]. Интегральное уравнение (1) представим в следующем виде

$$\varphi(x) + \int_a^x \left\{ k_1(a, a) + k_2(a, a) \ln \left[\left(\frac{x-a}{b-x} \right) \left(\frac{b-t}{t-a} \right) \right] \right\} \frac{\varphi(t) dt}{(t-a)(b-t)} = f_1(x), \quad (3)$$

где

$$f_1(x) = f(x) - \int_a^x \left\{ (k_1(x, t) - k_1(a, a)) + (k_2(x, t) - k_2(a, a)) \ln \left[\left(\frac{x-a}{b-x} \right) \left(\frac{b-t}{t-a} \right) \right] \right\} \frac{\varphi(t) dt}{(t-a)(b-t)}. \quad (4)$$

Интегральное уравнение (3) назовём характеристическим уравнением, соответствующем общему уравнению (1).

Таким образом, задача об исследовании общего уравнения (1) сводится к исследованию следующего модельного уравнения

$$\varphi(x) + \int_a^x \left\{ p + q \ln \left[\left(\frac{x-a}{b-x} \right) \left(\frac{b-t}{t-a} \right) \right] \right\} \frac{\varphi(t) dt}{(t-a)(b-t)} = f(x), \quad (5)$$

где p, q – заданные постоянные.

Таким образом, находим решение уравнения (5), представимое в виде обобщённого степенного ряда. Имеет место следующее утверждение

Теорема 1. Пусть в интегральном уравнении (5) функция $f(x)$ представима в виде равномерно - сходящего степенного ряда

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{x-a}{b-x} \right)^{k+\gamma} \quad x \in [a, b), \quad \gamma = \text{const} > 0$$

и $(k+\gamma)^2(b-a) + p(k+\gamma) + q \neq 0$ для всех $k = 1, 2, \dots$.

Корни алгебраического уравнения $\lambda^2(b-a) + p\lambda + q = 0$ вещественные, разные и положительные, то есть $p < 0$, $q > 0$, $D = p^2 + 4(b-a)q > 0$. Тогда однородное интегральное уравнение (5), в классе функций $\varphi(x) \in C[a, b)$ обращающееся в нуль в точке

$x = a$ неограниченное в точке $x = b$, имеет две линейно-независимые решения, которое даётся формулой

$$\varphi_1(x) = \left(\frac{x-a}{b-x} \right)^{\lambda_1}, \quad \varphi_2(x) = \left(\frac{x-a}{b-x} \right)^{\lambda_2},$$

$$\text{где } \lambda_1 = \frac{|p| + \sqrt{D}}{2(b-a)}, \quad \lambda_2 = \frac{|p| - \sqrt{D}}{2(b-a)}.$$

Неоднородное интегральное уравнение (5) в классе функций $\varphi(x) \in C[a, b]$ обращающееся в нуль в точке $x = a$ и неограниченное в точке $x = b$, всегда разрешимо и его решение даётся формулой

$\varphi(x) = \varphi_1(x)c_1 + \varphi_2(x)c_2 + K(f)$, где c_1, c_2 – произвольные постоянные,

$$K(f) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(k+\gamma)^2(b-a)f_k}{(k+\gamma)^2(b-a) + p(k+\gamma) + q} \left(\frac{x-a}{b-x} \right)^{k+\gamma}.$$

В случае, когда корни характеристического уравнения (2) вещественные и равные ($K_1(a, a) < 0$, $(K_1(a, a))^2 = 4(b-a)K_2(a, a)$), имеет место следующее утверждение (если $f_1(x)$ – считать известной функцией).

Теорема 2. Пусть в интегральном уравнении (3)

$$K_1(a, a) < 0, (K_1(a, a))^2 = 4(b-a)K_2(a, a), f_1(x) \in C(\overline{I}), f_1(a) = 0$$

с асимптотическим поведением

$$f_1(x) = O\left[(x-a)^{\delta_1}\right], \quad \delta_1 > \frac{|k_1(a, a)|}{2(b-a)} \quad \text{при } x \rightarrow a. \quad (6)$$

Тогда интегральное уравнение (3) в классе функции $\varphi(x) \in C[a, b]$ обращающееся в нуль в точке $x = a$ и неограниченное в точке $x = b$, всегда разрешимо и его решение даётся формулой

$$\varphi(x) = \left(\frac{x-a}{b-x} \right)^{\frac{|K(a, a)|}{2(b-a)}} \left[c_1 + \ln \left(\frac{x-a}{b-x} \right) c_2 \right] + f_1(x) - \int_a^x \left[\left(\frac{x-a}{b-x} \right) \left(\frac{b-t}{t-a} \right) \right]^{\frac{|K(a, a)|}{2(b-a)}} \cdot [k_1(a, a) - k_2(a, a)] \ln \left[\left(\frac{x-a}{b-x} \right) \left(\frac{b-t}{t-a} \right) \right] \frac{f_1(t) dt}{(t-a)(b-t)}.$$
(7)

где $f_1(x)$ – известные интегральное оператор.

Литература

1. Rajabov N. Volterra type integral equation with boundary and interior fixed singularity points. - LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2011, 282 p.
2. Раджабов Н., Зарипов С. Двухмерные симметричные интегральные уравнения типа вольтерра с сингулярными и сверхсингулярными линиями // LAP LAMBERT Academic Publishing, GERMANY, 2019г.-112с.
3. Rajabov N., Saidov S. About New Class of Volterra Type Integral Equation with Two Boundary Singularity in Kernels - Proceedings of the 2014 International conference on Pure Mathematics- Applied Mathematic (PM-AM'(4)), Venice, Italy, March 15-17, 2014, pp. 214-217.
4. Зарипов С.Б. Не модельное двухмерное симметричное интегральное уравнение волтерровского типа с одной граничной и одной внутренней сверхсингулярной линией // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2016. – №1/2 (196). – С. 27-32.
5. Зарипов, С. Б. Масъалаи канорӣ барои муодилаи интегралӣ дученакаи симметрии ғайри моделии намуди Волтерра бо хатҳои суперсингулярӣ / С. Б. Зарипов // Паёми политехникӣ. Бахши: Интеллект, Инноватсия, Инвеститсия. – 2025. – No. 3(71). – P. 5-12. – EDN JJQCCO.

6. Садриддинов, М. М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью / М. М. Садриддинов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 3(63). – С. 4-10. – EDN OQTOYW.

7. Садриддинов, М. М. Построение нелинейных проекторов для систем дифференциальных уравнений, содержащих малый параметр / М. М. Садриддинов, У. Р. Рустамбекова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3(59). – С. 5-11. – EDN ILZYCQ.

8. Хафизов, Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами / Х. М. Хафизов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 1(65). – С. 5-7. – EDN PTVOZB.

ОИД БА ҲАЛЛИ ТАСВИРИ ИНТЕГРАЛИИ ЯК СИНФИ МУОДИЛАҲОИ УМУМИШУДАИ ВОЛТЕРРА БО НУҚТАҲОИ СИНГУЛЯРӢ

С.Б. Зарипов, Ҷ.А. Мирзоев

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар кори мазкур муодилаҳои умумишудаи волтерра бо ду нуқтаи сингулярии сарҳадӣ мавриди омӯзиш қарор дода шудааст. Дар ҳолати модели вобаста ба решаҳои муодилаи характеристикӣ, ҳалли умумӣ ёфта шудааст.

Калидвожаҳо: Нуқтаҳои сингулярӣ – муодилаи характеристикӣ – ҳолати моделӣ – муодилаи интегралӣ.

ON INTEGRAL REPRESENTATIONS OF SOLUTIONS TO ONE CLASS OF GENERALIZED VOLTERRA EQUATIONS WITH SINGULAR POINTS

S.B. Zaripov, J.A. Mirzoev

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. In this work, we studied an integral equation that generalizes an integral equation of Volterra type with two boundary singular points. In the model case, depending on the roots of the corresponding characteristic equation, a general solution is found.

Keywords: Singular points – characteristic equation - model case - integral equation.

Сведения об авторе

Зарипов Сухроб Бобокулович - кандидат физ.-мат. наук, и.о. доцента кафедры высшая математика ТТУ им.акад. М.С. Осими. (Таджикистан г. Душанбе.). Контакт: тел. (+992) 918-45-97-49. E-mail: Zaripov_s89@mail.ru.

Мирзоев ДЖумахон Азизович, старший преподаватель кафедры высшая математика ТТУ им.акад. М.С. Осими. Тел. (+992) 93 711-80-62.

УДК 517.5

ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ ЛИНЕЙНЫМИ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ ТИПА МНОГОЧЛЕНОВ БЕРНШТЕЙНА

С.С. Хоразмшоев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье рассматривается приближение функций класса $C\Phi(R^+)$ линейными положительными операторами, которые получаются из классических многочленов Бернштейна. В работе также исследуется приближение $H_n(f; x)$ к функции $f \in C\Phi(R^+)$.

Ключевые слова: приближение функций, линейный оператор, многочлен Бернштейна, модуль непрерывности.

Пусть Φ – заданная и возрастающая функция на $R^+ = [0; +\infty)$. Обозначим через $C\Phi(R^+)$ [1] класс непрерывных функций таких, что

$$C\Phi(R^+) = \{f \in C(R^+): \max_{0 \leq x \leq r} |f(x)| \leq \Phi(r)\}$$

В работе [2] рассматривались линейные положительные операторы вида

$$H_n(f; t) = \sum_{k=0}^n f(\tau_{kn}) h_{kn}(x), \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} \tau_{kn} &= kr_n(2n-k)^{-1}, \\ h_{kn}(x) &= C_n^k (2x)^k (r_n + x)^{-n} (r_n - x)^{n-k}, \\ \sum_{k=0}^n h_{kn}(x) &= 1. \end{aligned}$$

Линейные положительные операторы (1) получаются из классических многочленов Бернштейна [3]

$$B_n(f; t) = \sum_{k=0}^n f\left(\frac{k}{n}\right) C_n^k t^k (1-t)^{n-k}, \quad 0 \leq t \leq 1$$

заменой переменной

$$t = \psi(x) = 2x(x + r_n)^{-1},$$

где $\{r_n\}$ – положительная возрастающая неограниченная последовательность, удовлетворяющая условию

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Phi(r_n) r_n n^{-1} = 0. \quad (2)$$

В работе [2] доказано, что если $\{r_n\}$ удовлетворяет условию (2), то для $f \in C\Phi(R^+)$ на любом отрезке $[0; A]$, $A < r_n$ имеет место неравенство

$$|H_n(f; x) - f(x)| \leq M_A \left\{ \omega_{2A} \left(f; \frac{1}{\sqrt{n}} \right) + \Phi(r_n) r_n n^{-1} \right\},$$

где $\omega_a(f; \delta)$ – модуль непрерывности функции f на $[0; a]$, M_A – постоянная зависящая только от A .

В настоящей работе по методу работ [4 - 8] при условии, что f принадлежащие классу $C\Phi(R^+)$ мы исследуем приближение $H_n(f; x)$ к функции $f \in C\Phi(R^+)$

Напомним некоторые соотношения, указанные в [2]:

$$\sum_{k=0}^n (\psi(\tau_{kn}) - \psi(x))^2 h_{kn}(x) = \frac{2x(r_n - x)}{n(x + r_n)^2}, \quad (3)$$

$$\sum_{k=0}^n (\tau_{kn} - x)^2 h_{kn}(x) \leq \frac{2x(r_n - x)}{n},$$

$$\sum_{\tau_{kn} \leq 2A} (\tau_{kn} - x) h_{kn}(x) \leq \frac{8A^2 x(r_n - x)}{nr_n^2}.$$

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} \psi_{kn}(x) &= \psi(\tau_{kn}) - \psi(x), \\ \delta_n(x) &= \frac{2x(r_n - x)}{n(x + r_n)^2}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$A_n(x) = \frac{12x^2(r_n - x)^2}{n^2},$$

$$B_n(x) = \frac{2x(r_n - x)[(x + r_n)^2 - 12x(x + r_n) + 24x^2]}{n^3},$$

$$C_n(x) = A_n(x) + B_n(x).$$

Используя равенство

$$\sum_{k=0}^n \left(\frac{k}{n} - x \right) C_n^k x^k (1-x)^{n-k} = 0,$$

(3) и (4) напомним

$$\sum_{k=0}^n \psi_{kn}(x) h_{kn}(x) = 0,$$

$$\sum_{k=0}^n \psi_{kn}^2(x) h_{kn}(x) = \delta_n(x).$$

Теорема. Если $f', f'' \in C\Phi(R^+)$, то при $0 \leq x \leq A < r_n$

$$|H_n(f; x) - f(x)| \leq 4x(1 + 4r_n) \cdot \frac{\Phi(r_n)r_n(r_n - x)}{n(x + r_n)}.$$

Таким образом, если последовательность $\{r_n\}$ такова, что выполняется

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Phi(r_n)r_n^2 n^{-1} = 0,$$

то $H_n(f; x)$ сходится равномерно к f на любом $[0; A]$.

Заключение

В этой статье мы рассматривали приближение функций класса $C\Phi(R^+)$ линейными положительными операторами. В работе также исследовали приближение $H_n(f; x)$ к функции $f \in C\Phi(R^+)$. Линейные положительные операторы получаем из классических многочленов Бернштейна.

Литература

1. Абдулхофизов Ш.О. О приближении положительными операторами типа многочленов Бернштейна на всей оси. Докл. АН РТ, 1979, т.22, № 4, с. 213–217.
2. Абдулхофизов Ш., Шозиёева С. Приближение функции класса $C\Phi(R^+)$ линейными положительными операторами типа многочленов Бернштейна- Вестник Хорогского университета, 1999,- Серия 1, № 1, Хорог, с. 5-8.
3. Бернштейн С.Н. Собр. соч.-т. 1, ст. 4, М.: 1952, с. 105.
4. Абдулхофизов Ш.О. Приближение дифференцируемых функций на полуоси. Докл. АН РТ, 1978, т.21, № 8, с. 3–7.
5. Зарипов, С. Б. Масъалаи канорӣ барои муодилаи интегралӣ дученакаи симметрии ғайри моделии намуди Волтерра бо хатҳои суперсингулярӣ / С. Б. Зарипов // Паёми политехникӣ. Бахши: Интеллект, Инноватсия, инвестиция. – 2025. – № 3(71). – Р. 5-12. – EDN JJQCCO.
6. Садриддинов, М. М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью / М. М. Садриддинов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 3(63). – С. 4-10. – EDN OQTOYW.
7. Садриддинов, М. М. Построение нелинейных проекторов для систем дифференциальных уравнений, содержащих малый параметр / М. М. Садриддинов, У. Р.

Рустамбекова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3(59). – С. 5-11. – EDN ILZYCQ.

8. Хафизов, Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами / Х. М. Хафизов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 1(65). – С. 5-7. – EDN PTVOZB.

НАЗДИККУНИИ ФУНКСИЯҲО БО ЁРИИ ОПЕРАТОРҲОИ ХАТТИИ МУСБАТИ НАМУДИ БИСЁРАЪЗОГИИ БЕРНШТЕЙН

С.С. Хоразмшоев

(ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, шаҳри Душанбе, Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола наздиккунии функсияҳои синфи $C\Phi(R^+)$ бо ёрии операторҳои хаттии мусбат, ки аз бисёраъзогиҳои классикии Бернштейн ҳосил мешаванд, дида баромада мешаванд. Дар мақола инчунин дигар наздиккунии $H_n(f; x)$ ба функсияи $f \in C\Phi(R^+)$ тадқиқ карда мешавад.

Калидвожаҳо: наздиккунии функсияҳо, оператори хаттӣ, бисёраъзогии Бернштейн, модули бефосилагӣ.

APPROXIMATION OF FUNCTIONS BY LINEAR POSITIVE OPERATORS OF THE BERNSTEIN POLYNOMIAL TYPE

S.S. Khorazmshoev

(TTU named after academician M. S. Osimi, city Dushanbe, Tajikistan)

Abstract. The article considers the approximation of functions of the class $C\Phi(R^+)$ by linear positive operators that are obtained from classical Bernstein polynomials. The paper also investigates the approximation of $H_n(f; x)$ to the function $f \in C\Phi(R^+)$.

Keywords: function approximation, linear operator, Bernstein polynomial, modulus of continuity.

Сведения об авторе

Хоразмшоев Саиджобир Саиднасиллоевич - кандидат физико-математических наук, и.о. доцент кафедры высшей математики, ТТУ имени академика М. С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан. [E-mail: skhorazmshoev@mail.ru](mailto:skhorazmshoev@mail.ru)

УДК 517

БАЪЗЕ ЧАНБАҲОИ ТАЪЛИМИ ФАНҲОИ ГРАФИКӢ ДАР МУАССИСАИ ОЛИИ ТАЪЛИМИИ ТЕХНИКӢ

Я.Г. Назиров, Б.М. Курбонов

(ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, шаҳри Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Мақола ба таҳлили чанбаҳои муҳими таълими фанҳои графикӣ (геометрияи тасвирӣ, нақшакашии муҳандисӣ ва графикаи компютерӣ) дар муассисаҳои олии таълимии техникӣ бахшида шудааст. Таъкид мешавад, ки дар шароити рушди босуръати технологияҳои иттилоотӣ ва системаҳои лоиҳакашии компютерӣ (САЛ), зарурати таҷдиди назар ба мундариҷа ва усулҳои таълим ба миён омадааст. Ҳадафи асосӣ ин муайян кардани мушкилот ва пешниҳоди роҳҳои ҳалли онҳо бо роҳи ҳамгироии усулҳои анъанавӣ ва инноватсионӣ, аз ҷумла истифодаи фаъоли САЛ ва омӯзиши амалӣ мебошад.

Калидвожаҳо: фанҳои графикӣ, муҳандис, геометрияи тасвирӣ, лоиҳа, нақша.

Муқаддима

Фанҳои графикӣ дар тайёр кардани мутахассисони техникӣ нақши бунёдӣ доранд, зеро онҳо қобилияти тафаккури фазоӣ ва забони байналмилалӣ муоширати муҳандисиро ташаккул медиҳанд [1]. Нақшакашии муҳандисӣ ва геометрияи тасвирӣ барои комилан пурра дар ҳаҷм тасаввур намудани тамоми ҷузъиёт ва васлияи техникиро, новобаста аз дараҷаи мураккабӣ саҳеҳ мутобиқи талаботҳои стандарти ягонаи ҳуҷҷатҳои конструкторӣ густурда тасвир намудани нақшаи онро дар сатҳи дученака (2D) имкон медиҳад.

Бо сабаби дар замони муосир васеъ истифодашавии системаҳои CAD (ба монанди КОМПАС ГРАФИК, AutoCAD, Solidworks, Adobe Illustrator, 3DS MAX, CorelDraw, Adobe Photoshop) дар лоиҳакашӣ, таҳрирӣ, равандҳои технологӣ, идоранамоии таҷҳизот дар истеҳсолот ва ғ., усулҳои анъанавӣ таълим, ки танҳо ба нақшакашии дастӣ асос ёфтаанд, рост намеояд ва ба талаботи бозори меҳнати имрӯза ҷавобгӯ нестанд [2]. Аз ин рӯ, масъалаи мутобиқсозии таълими фанҳои графикӣ ба равандҳои технологияи истеҳсолоти имрӯза, яке аз масъалаҳои мубрами муассисаҳои олии техникӣ шуморида мешавад.

Мақсади асосии ин мақола таҳлили ҷанбаҳои асосии таълими фанҳои графикӣ вобаста ба ихтисос дар шароити муосир ва пешниҳоди роҳҳои самараноки ҳалли масъала, ҳамгироии усулҳои анъанавӣ ва инноватсионӣ мебошад. Дар мақола мушкилоти асосие, ки дар раванди таълим ба миён меоянд, аз ҷумла паст шудани сатҳи тафаккури фазоӣ дар байни донишҷӯёни нав ва мутобиқ набудани барномаҳои таълимӣ ба талаботи бозори меҳнат, баррасӣ мешаванд.

Барои таҳияи ин мақола, таҳлили адабиёти илмӣ-методӣ, мақолаҳои конферонсҳои байналмилалӣ ва таҷрибаи пешқадами муассисаҳои олии техникӣ дар самти таълими фанҳои графикӣ истифода шуд. Диққати асосӣ ба омӯзиши усулҳои зерин равона гардид:

- 1 **Ҳамгироии CAD:** Чӣ гуна системаҳои CAD ба барномаҳои таълимӣ ворид карда мешаванд.
- 2 **Омӯзиши фаъол (Active Learning):** Истифодаи лоиҳаҳои амалӣ ва вазифаҳои воқеии муҳандисӣ.
- 3 **Визуализатсияи рақамӣ:** Истифодаи аниматсияҳо ва моделсозии 3D барои беҳтар кардани тафаккури фазоӣ.

Таҳлил нишон дод, ки дар таълими фанҳои графикӣ ду самти асосӣ ва мушкилоти марбут ба онҳо вучуд дорад ин мушкилоти тафаккури фазоӣ ва мутобиқат ба технологияҳои муосир (ҳамгироии CAD) мебошад.

Мушкилоти тафаккури фазоӣ

Геометрияи тасвирӣ ва нақшакашии муҳандисӣ аз донишҷӯён талаб мекунанд, ки қобилияти баланди тасаввуроти фазоӣ дошта бошанд. Бисёре аз донишҷӯён дар марҳилаи аввал дар тасаввур кардани объектҳои сеченака аз рӯи тасвирҳои дученака душворӣ мекашанд [3]. Ин масъала роҳи ҳали худро бо истифодаи амсилаҳои ҳаҷман вучуддошта, инчунин моделсозии сечена ва аниматсияҳои компютерӣ, ки имкон медиҳанд ҷисмҳоро таҳти кунҷҳои гуногун назар намуда, раванди сохти онҳоро дар фазо таҳлил намуда, меёбад.

Мутобиқат ба технологияҳои муосир (Ҳамгироии CAD)

Дар ҳоле ки нақшакашии дастӣ барои ташаккули асосҳои тафаккури графикӣ муҳим аст, аксари муассисаҳои таълимӣ то ҳол ба он вақти аз ҳад зиёд ҷудо мекунанд, ки ин боиси "ҷудошавии амиқ" аз талаботи саноат мегардад [2]. Ин масъала роҳи ҳали худро бо гузариш ба модели таълимии омехта, ки дар он:

- **Марҳилаи аввал:** Омӯзиши асосҳои геометрияи тасвирӣ ва стандартҳои нақшакашӣ тавассути нақшакашии дастӣ.
- **Марҳилаи дуюм:** Гузариш ба системаҳои CAD. Дар ин марҳила, CAD на танҳо воситаи нақшакашӣ, балки ҳамчун воситаи тарҳрезии муҳандисӣ ва моделсозии сечена истифода мешавад.

Таълими фанҳои графикӣ бояд ба лоиҳаҳои амалӣ ва воқеӣ, ки бо дигар фанҳои муҳандисӣ алоқаманданд, асос ёбад [3]. Ин усул ба донишҷӯён имкон медиҳад, ки нақшакаширо на ҳамчун як фанни алоҳида, балки ҳамчун як ҷузъи ҷудонашавандаи раванди тарҳрезии муҳандисӣ дарк кунанд.

Хулоса

Таълими фанҳои графикӣ дар муассисаҳои олии техники бояд аз усулҳои анъанавӣ дур шуда, ба ҳамгироии фаъоли технологияҳои САД ва усулҳои омӯзиши фаъол гузарад. Муваффақияти муҳандисони оянда аз он вобаста аст, ки онҳо то чӣ андоза қодиранд, ки тафаккури фазоии худро бо малакаҳои амалии истифодаи нармафзори муосири тарҳрезӣ муттаҳид созанд. Таҷдиди барномаҳои таълимӣ ва таъмини муассисаҳо бо таҷҳизоти компютерӣ ва нармафзори мувофиқ қадамҳои аввалиндараҷа дар ин самт мебошанд.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ТЕХНИЧЕСКОМ ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

Я.Г. Назиров, Б.М. Курбонов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. статья посвящена анализу важных аспектов преподавания графических дисциплин (начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика) в высших технических учебных заведениях. Подчеркивается, что в условиях стремительного развития информационных технологий и систем компьютерного проектирования (САПР) возникла необходимость пересмотра содержания и методов обучения. Основная цель-выявить проблемы и предложить решения путем интеграции традиционных и инновационных методов, включая активное использование плота и практическое обучение.

Ключевые слова: графические дисциплины, инженер, начертательная геометрия, проект, чертеж.

SOME ASPECTS OF TEACHING GRAPHIC DISCIPLINES IN A TECHNICAL HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Ya.G. Nazirov, B.M. Kurbonov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The article is devoted to the analysis of important aspects of teaching graphic disciplines (descriptive geometry, engineering and computer graphics) in higher technical educational institutions. It is emphasized that in the context of the rapid development of information technologies and computer-aided design (CAD) systems, it has become necessary to revise the content and methods of teaching. The main goal is to identify problems and propose solutions by integrating traditional and innovative methods, including active use of the raft and practical training.

Keywords: graphic disciplines, engineer, descriptive geometry, project, drawing.

Адабиёт

1. Джураев, Т. К. К терминологии компьютерной графики Autocad и Компас-3D / Т. К. Джураев, Б. М. Курбонов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – Т. 2, № 4(44). – С. 16-18. – EDN ZCKLFJ.

2. Чураев Т.Қ., Алиев Қ.Н., Қубонов Б.М. Нақшакашии компютерӣ Душанбе 2018– 148 с.

3. Назиров Я.Г. Абдурахмонова Г.А. Геометрияи тасвирӣ, нақшакашии муҳандисӣ ва нақшакашии компютерӣ асоси салоҳияти ихтисосҳои муҳандисӣ . //Маводи конференсияи IX байналмилалӣ илмӣ-амалии илм-асоси рушди инноватсионӣ. Душанбе: ДТТ ба номи академик М. С. Осимӣ 18-19 апрели 2024 – С 222-226.

Маълумот дар бораи муаллифон

Назирова Яҳё Гиёҳович – н.и.т., и.в. дотсенти кафедраи нақшакашии муҳандисӣ ва компютерӣ ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ Маълумоти шахсӣ: E-mail: yakhya80@gmail.com

Қурбонов Бадриддин Маҳмадҷонович – муаллими калони кафедраи нақшакашии муҳандисӣ ва компютерӣ ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. Маълумоти шахсӣ: E-mail: badr18112015@gmail.com

УДК.517.9

ҲАЛЛИ СИСТЕМАИ МУОДИЛАҶОИ ДИФФЕРЕНЦИАЛӢ БО ИСТИФОДАИ ТАБДИЛДИҶИИ ЛАПЛАС

М.М. Садриддинов

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Асоси ҳисобкуниҳои алгоритмӣ дар соҳаи илму техника ба системаи муодилаҳои дифференциалӣ бо коэффитсиентҳои доимӣ алоқамандии зич доранд. Дар мақола ҳалли системаи муодилаҳои дифференциалии ҳаттӣ бо коэффитсиентҳои доимӣ тавассути табдилдиҳии Лаплас оварда шудаанд, ки бо мисоли мушаххас шарҳ ёфтааст.

Калидвожаҳо: спектри матритса, коэффитсиентҳои доимӣ, проекторҳои ҳаттӣ, фазои ҳаттӣ, фазои нормиронидашуда, вектор-функсия, функсияи голоморфӣ, функсияи маҳдуд, экспоненсиалии дихотомӣ, табдилдиҳии Лаплас, муодилаҳои интегралӣ.

Барои тасдиқи ҳалли масъалаи мазкур бо истифодаи табдилдиҳии Лаплас ҳалли системаи муодилаҳои дифференциалӣ бо коэффитсиентҳои доимиро дида мебароем:

$$\frac{dX_k(t)}{dt} = \sum_{s=1}^{\infty} \alpha_{ks} X_s(t), \quad t=0, \quad X_s = X_{s0}, \quad |X_{s0}| \leq C_0 \quad (k=1, 2, \dots), \quad (1)$$

ки дар ин ҷо $X_k(t)$ - функсияи номаълуми аз вақт вобаста буда, α_{ks} - коэффитсиентҳои доимӣ мебошанд. Барои ёфтани ҳалли системаи (1) маҳдудияти зеринро дохил мекунем:

$$\sum_{s=1}^{\infty} |\alpha_{ks}| < a, \quad (k=1, 2, \dots). \quad (2)$$

Бо назардошти шартҳои аввала ва нобаробарии (2) системаи (1) ба системаи муодилаҳои интегралӣ оварда мешавад [1]:

$$X_k(t) = X_{k0} + \int_0^t \sum_{s=1}^{\infty} \alpha_{ks} X_s(\tau) d\tau \quad (k=1, 2, \dots). \quad (3)$$

Барои ҳалли системаи (1) норми функсияро дар фазои маҳдуди m дохил мекунем:

$$X(t) = \sup_k \{ |X_k(t)| \} \quad (k=1, 2, \dots),$$

ки дар натиҷа муодилаи интегралӣ (3) намуди зерин мегирад:

$$X(t) \leq C_0 + \int_0^t a X(\tau) d\tau. \quad (4)$$

Бо назардошти нобаробарии (2) ва баробарии (3) ҳангоми $t \geq 0$ ҳалли муодилаи интегралӣ (4) намуди зерин мегирад:

$$X(t) \leq C_0 \exp\{at\},$$

ки дар ин ҷо функсияи $X_k(t)$ ҳангоми $t \rightarrow \infty$ нисбат ба функсияи экспоненсиалӣ тезтар намеафзояд. Дар мавриди $\operatorname{Re} p > a$ барои функсияи $X_k(t)$ тасвири Лаплас намуди зерин мегирад [3]:

$$f_k(p) = \int_0^{\infty} e^{-pt} x_k(t) dt \quad (k=1, 2, \dots), \quad (5)$$

ки дар ин ҷо

$$X_k(t) \xrightarrow{*} f_k(p) \text{ ё } f_k(p) \xleftarrow{*} X_k(t)$$

аст. Дар асоси хосиятҳои асосии табдилдиҳии Лаплас [1-2] ҳалли системаи муодилаҳои алгебравии (1) намуди зерин мегирад:

$$f_k(p) = X_{k0}(t) + \sum_{s=1}^{\infty} \alpha_{ks} f_s(p) \quad (k=1, 2, \dots). \quad (6)$$

Дар ҳолати $|p| > a$ ҳалли системаи (6) - ро бо усули пайдарпайиҳои тақрибӣ ҳосил кардан мумкин аст. Гузоришҳои зеринро дохил мекунем:

$$X_k(t) = \begin{pmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \\ \dots \\ X_n(t) \\ \dots \end{pmatrix}, F(p) = \begin{pmatrix} f_1(p) \\ f_2(p) \\ \dots \\ f_n(p) \end{pmatrix}, A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}.$$

Дар ин маврид системаи (6) - ро дар намуди

$$F(p) = \frac{1}{p} X_0 + \frac{1}{p} AF(p), \quad X_0 = X(0) \quad (7)$$

ифода мекунем, ки бо истифодаи пайдарпайиҳои тақрибӣ намуди зерин мегирад:

$$F(p) = \sum_{r=0}^{\infty} \frac{A^r}{p^{r+1}} X_0 = (Ep - A)^{-1} X_0. \quad (8)$$

Барои боз ҳам саҳеҳтар баҳо додани соҳаи наздикшавии қатори (8) бузургии p - ро маълум месозем:

$$p = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\|A\|^n},$$

ки онро радиуси спектралии матритсаи A меноманд. Аз системаи (7) ҳосил мекунем:

$$AF(p) - pF(p) = -X_0. \quad (*)$$

Дар ҳолати спектри A дар нимҳамвории $\operatorname{Re} p < \gamma$ ҳамаҷо, он ғоҳ бо назардошти нобаробарии (4), баробариҳои (7) ва (8) барои функсияи аслии $X(t)$ - ҳалли системаи (1) бо ёрии формулаҳои баргاردонӣ ҳангоми $t > 0$ намуди зерин мегирад [4]:

$$X(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} e^{pt} F(p) dp = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} e^{pt} (Ep - A)^{-1} X_0 dp. \quad (9)$$

Қайд. Барои ҳалли системаи (1) ба воситаи формулаи (9) вақти зиёдеро талаб мекунад. Аз ин рӯ, истифода аз шартҳои аввала ва бо назардошти баробариҳои (3) ва (*) системаи (1) дар намуди

$$\frac{dX(t)}{dt} - AX(t) = 0, \quad X(t) = X_0 \quad (10)$$

ё дар намуди интегралӣ сарбаст

$$X(t) = \frac{1}{2\pi i} \oint_{\Gamma} e^{pt} (Ep - A)^{-1} X_0 dp \quad (11)$$

ифода карда мешавад, ки дар ин ҷо контури Γ спектри матритсаи A - ро пурра дарбар мегирад. Баробарии (11) - ро ба муодилаи (10) гузошта меёбем:

$$\frac{dX(t)}{dt} - AX(t) \equiv \frac{1}{2\pi i} \oint_{\Gamma} e^{pt} (Ep - A)(Ep - A)^{-1} X_0 dp \equiv 0.$$

Формулаи (11) ҳалли системаи (10) - ро барои дилхоҳ қимати t дар мувофиқа ба формулаи (9) муайян месозад.

Ҳамин тариқ, дар асоси баробариҳои (8), (10) ва (11) ҳалли хусусии системаи (1) намуди зерин мегирад [4 - 8]:

$$X(0) = \frac{1}{2\pi i} \oint_{\Gamma} (Ep - A)^{-1} X_0 dp = \frac{1}{2\pi i} \oint_{\Gamma} \sum_{r=0}^{\infty} p^{-r-1} A^r X_0 dp = X_0.$$

Мисол. Бо истифода аз усули Лаплас ҳалли системаи муодилаҳои ифференсиалии

$$\frac{dx_k(t)}{dt} = kx_k(t), \quad (k = 1, 2, \dots)$$

- ро бо шартҳои аввалин

$$x_k(0) = 1$$

меёбем. Мувофиқи табдилдиҳии Лаплас

$$L\{x'_k(t)\} = pF_k(p) - x_k(0) = pF_k(p) - 1.$$

Ба муодила мегузorem:

$$pF_k(p) - 1 = -kF_k(p).$$

Муодилаи ҳосилшударо нисбат ба $F_k(p)$ ифода намуда меёбем:

$$(p + k)F_k(p) = 1$$

ё

$$F_k(p) = \frac{1}{p + k}.$$

Мувофиқи табдилдиҳии баръакси Лаплас ҳосил мекунем:

$$L^{-1}\left\{\frac{1}{p + k}\right\} = e^{-kt}.$$

Дар натиҷа ҳалли система намуди зерин мегирад:

$$x_k(t) = e^{-kt}, \quad k = 1, 2, \dots$$

Адабиёт

1. Валеев К.Г., Жаутыков О.А. Бесконечные системы дифференциальных уравнений. – Алма-Ата: Наука, 1974, - 416 с.
2. Далецкий Ю.Л., Крейн М.Г. Устойчивость решений дифференциальных уравнений в банаховом пространстве. – М.: Наука, 1970. - 535 с.
3. Курбаншоев С.З., Садриддинов М.М. Дифференциальное уравнение расщепления. Материалы международной научной конференции, посвященной 60-летию Т. Собирова. «Дифференциальные уравнения и их приложения», ТГНУ, Душанбе 2000. с. 41-42.
4. Садриддинов М.М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью. // Политехнический вестник. Серия: Серия Инноватсия, интеллект. №3(63), 2024. – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023. – С.4-11, ISSN 2520-2235
5. Зарипов, С. Б. Масъалаи канорӣ барои муодилаи интегралӣ дученакаи симметрии ғайри моделии намуди Волterra бо хатҳои суперсингулярӣ / С. Б. Зарипов // Паёми политехникӣ. Бахши: Интеллект, Инноватсия, инвестиция. – 2025. – №. 3(71). – Р. 5-12. – EDN JJQCCO.
6. Садриддинов, М. М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью / М. М. Садриддинов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 3(63). – С. 4-10. – EDN OQTOYW.
7. Садриддинов, М. М. Построение нелинейных проекторов для систем дифференциальных уравнений, содержащих малый параметр / М. М. Садриддинов, У. Р. Рустамбекова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3(59). – С. 5-11. – EDN ILZYCQ.

8. Хафизов, Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами / Х. М. Хафизов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 1(65). – С. 5-7. – EDN PTVOZB.

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАПЛАСА

М.М. Садриддинов

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Основа алгоритмических вычислений в науке и технике тесно связана с системами дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. В статье представлено решение системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с использованием преобразования Лапласа, которое объясняется на конкретном примере.

Ключевые слова: спектр матрицы, линейные проекторы, линейное пространство, нормированное пространство, вектор-функция, голоморфная функция, ограниченная функция, экспоненциальная дихотомия, преобразование Лапласа, интегральное уравнение.

SOLVING A SYSTEM OF DIFFERENTIAL SURFACES USING THE LAPLACE TRANSFORM

M.M. Sadriddinov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. the foundation of algorithmic computation in science and engineering is closely related to systems of differential equations with constant coefficients. This article presents the solution of a system of linear differential equations with constant coefficients using the Laplace transform, which is explained with a specific example.

Keywords: matrix spectrum, linear projections, linear space, normed space, vector function, holomorphic function, bounded function, exponential dichotomy, Laplace transform, integral equation.

Маълумот дар бораи муаллиф

Садриддинов Махмади Махмудович – дотсенти кафедраи математикаи олии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ. Печтаи электронӣ: mahmadi_1972@mail.ru, тел: 987-44-51-51

УДК 517.53

ДАРАЧАИ КОМПЛЕКСИИ АДАДИ КОМПЛЕКСӢ

Н.С. Азимов

(ДПДТТХ ба номи академик М. С. Осимӣ, Хуҷанд, Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола амалиёти ба дараҷаи дилхоҳ (натуралӣ ва комплексӣ) бардоштани адади комплексӣ, ки дар ҳалли масъалаҳои электромеханика ва электроника аҳамияти калон дорад, баррасӣ шудааст. Хусусиятҳои яққимата ва бисёрқимата будани функсияи дараҷавӣ вобаста ба нишондиҳандаи он таҳлил гардида, шартҳои аналитикӣ ва конформӣ будани инъикосҳо асоснок карда шудаанд.

Вожаҳои калидӣ: Адади комплексӣ, дараҷаи комплексӣ, функсияи дараҷавӣ, аналитикӣ, функсияи бисёрқимата, логарифм, инъикоси конформӣ.

Муқаддима

Ҳангоми ҳалли масъалаҳои электромеханика, электроника ва дигар масъалаҳои техникӣ ба

дараҷаи натуралӣ ва комплексӣ бардоштани адади комплексӣ талаб карда мешавад.

Дар ин кор бардоштани адади комплексӣ ба дилхоҳ дараҷа дида баромада мешавад.

Адади зайлро баррасӣ мекунем: $(x + yi)^n$

Фарз мекунем, ки n адади натуралӣ аст. Он гоҳ барои ба дараҷаи натуралӣ бардоштани адади комплексӣ аз формулаи маълум истифода мебарем:

$$z^n = r^n(\cos n\varphi + i\sin n\varphi) \quad (1)$$

$z = \sqrt{x^2 + y^2}$ модули адади комплексӣ

$\varphi = \arctg \frac{y}{x}$ аргументи адади комплексӣ

Мисол меорем: $(1 + \sqrt{3}i)^6$

Модул ва аргументи ададро ҳисоб мекунем:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{1^2 + (\sqrt{3})^2} = \sqrt{1 + 3} = 2$$

$$\varphi = \arctg \frac{y}{x} = \arctg \frac{\sqrt{3}}{1} = \frac{\pi}{3}.$$

Аз ин ҷо, мувофиқи формулаи (1) ҳосил мекунем:

$$(1 + \sqrt{3}i)^6 = 2^6 \left(\cos 6 \cdot \frac{\pi}{3} + i \sin 6 \cdot \frac{\pi}{3} \right) = 64(\cos 2\pi + i \sin 2\pi) = 64(1 + i \cdot 0) = 64$$

Ҷавоб: 64

Қайд мекунем, ки ҳангоми n -и ратсионалӣ низ формулаи (1) истифода бурда мешавад. Акнун фарз мекунем, ки дараҷа низ дар намуди адади комплексӣ мебошад: $a + bi$

Аз ин ҷо:

$$z^n = (x + iy)^{a+bi}$$

Ишора мекунем:

$$A = (x + iy)^{a+bi}$$

Ҳарду тарафро логарифмонида ҳосил мекунем:

$$\ln A = \ln(x + iy)^{a+bi}$$

Аз ин ҷо

$$\ln A = (a + bi) \cdot \ln(x + iy)$$

$$A = e^{(a+bi)\ln(x+yi)}$$

(2)

Логарифми адади комплексиро мувофиқи формулаи зерин меёбем:

$$\ln z = \ln|z| + i(\arg z + 2k\pi), \quad k = 0, \pm 1 \dots$$

дар ин ҷо

$z = \sqrt{x^2 + y^2}$ модули адади комплексӣ

$\arg z = \arctg \frac{y}{x}$ аргументи адади комплексӣ

Мисол. Ҳисоб кунед $\left(\frac{1-\sqrt{3}i}{2}\right)^{1+i}$

Мувофиқи формулаи (2):

$$\left(\frac{1-\sqrt{3}i}{2}\right)^{1+i} = e^{(1+i)\ln\left(\frac{1-\sqrt{3}i}{2}\right)}$$

Аз ин ҷо:

$$|z| = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{3}{4}} = 1$$

$$\arg z = \arctg \frac{-\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \arctg(-\sqrt{3}) = 2k\pi - \frac{\pi}{3}$$

Он гоҳ

$$\operatorname{Ln}\left(\frac{1-\sqrt{3}i}{2}\right) = \operatorname{Ln}1 + i\left(2k\pi - \frac{\pi}{3}\right) = i\left(2k\pi - \frac{\pi}{3}\right)$$

Аз ин ҷо

$$\frac{(1-\sqrt{3}i)^{1+i}}{2} = e^{(1+i)i\left(2k\pi - \frac{\pi}{3}\right)} = e^{i(2k\pi - \frac{\pi}{3})} \cdot e^{\left(\frac{\pi}{3} - 2k\pi\right)}$$

Дар ҳолати хусусӣ, ҳангоми $k = 0$ ҳосил мекунем:

$$e^{\frac{\pi}{3}} \cdot \left(\cos \frac{\pi}{3} - i \sin \frac{\pi}{3}\right) = e^{\frac{\pi}{3}} \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i\right) = \frac{2,86}{2}(1 - \sqrt{3}i) = 1,43 \cdot (1 - 1,73i) = 1,43 - 2,47i.$$

Ҷавоб: $1,43 - 2,47i$

Хулоса

Функсияи $\omega = z^a$ танҳо ҳангоми бутун ва ҳақиқӣ будани a функсияи якқимата мебошад; агар $a > 0$ бошад, он дар тамоми ҳамворӣ муайян ва аналитикӣ мебошад; агар $a < 0$, адади бутуни манфӣ бошад, функсия дар тамоми ҳамворӣ, ба ғайр аз нуқтаи $z = 0$, аналитикӣ мебошад. Дар ҳолатҳои боқимондаи нишондиҳандаи a , ин функсияи бисёрқимата аст. Бо муқаррар кардани ягон шохаи якқиматаи функсияи логарифмӣ дар муайянкунии дараҷаи z^a , шохаҳои якқиматаи функсияи нишондиҳандавиҷо ҷудо кардан мумкин аст. Ба монанди шохаҳои функсияи логарифмӣ, онҳо дар ҳамворӣ бо буриш дар тӯли ниммеҳвари ҳақиқии манфӣ аналитикӣ мебошанд ва инъикоси тавассути онҳо иҷрошаванда дар ҳамаи нуқтаҳои соҳаи баррасишаванда конформӣ мебошад.

Адабиёт

1. П.И. Романовский. Ряды Фурье. Теория поля. Аналитические и специальные функции. Преобразование Лапласа. Москва, Наука – 1964г., с. 303.
2. М.Б. Бланк, В.А. Петров., А.А. Полухин. Задачник-практикум по теории аналитических функций. Москва, Просвещение – 1976г., с. 125.
3. Н.С.Пискунов. Дифференциальное и интегральное исчисления. Москва, Наука;1978г - 576с.
4. Шабат, Б. В. Введение в комплексный анализ. В 2-х ч. Ч. 1. Функции одного переменного: учебник для вузов / Б. В. Шабат. — 4-е изд., испр. — Москва: Наука, 1985. - 464 с.
5. Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной: учебник для вузов / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. — 6-е изд., стер. — Москва: Физматлит, 2010. — 336 с.
6. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. — 12-е изд., перераб. и доп. — Москва: Юрайт, 2016. — 701 с.

СТЕПЕНЬ КОМПЛЕКСНОГО ЧИСЛА

Н.С. Азимов

(Политехнический институт Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими)

Аннотация. В статье рассматривается операция возведения комплексного числа в любую степень (натуральную и комплексную), необходимая для решения задач электромеханики и электроники. Анализируются свойства однозначности и многозначности степенной функции в зависимости от показателя, а также обосновываются условия аналитичности и конформности осуществляемых отображений.

Ключевые слова: Комплексное число, комплексная степень, степенная функция, аналитичность, многозначная функция, логарифм, конформное отображение.

THE POWER OF A COMPLEX NUMBER

N.S. Azimov

(Polytechnic Institute of the Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi)

Abstract. The article examines the operation of raising a complex number to any power (natural and complex), which is essential for solving problems in electromechanics and electronics. The

properties of single-valuedness and multi-valuedness of the power function depending on the exponent are analyzed, and the conditions for the analyticity and conformality of the resulting mappings are substantiated.

Keywords: Complex number, complex power, power function, analyticity, multi-valued function, logarithm, conformal mapping.

Маълумот дар бораи муаллиф

Азимов Н.С. – омӯзгори калони кафедраи математикаи олий ва физикаи Донишқадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд, Вилояти Суғд, шаҳри Хучанд, Тел. моб. +992 927353333, dilmurod.tjk@gmail.com

УДК 517.9.

ВОЛНЫ В ИЗОТРОПНОЙ КУСОЧНО - ЛИНЕЙНОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДАХ С МАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПАМЯТЬЮ

У. Бахтовар

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Рассмотрены вопросы распространения электромагнитных волн в кусочно-неоднородных нелинейных средах. Приведены постановки краевых задач для получения систем нелинейных интегро-дифференциальных уравнений частных производных. Их приближенные периодические во времени решения разыскиваются по методу эквивалентной линеаризации. Получено обобщение формулы Френеля E - задачи электродинамики для сред, обладающих свойствами памяти. Показано, что для непроводящих сред без памяти $\varphi'_1 = \varphi_1 = \varphi_2$, то есть углы падения отражения и преломления равны.

Ключевые слова: кусочно-линейная среда, неоднородная среда, памятью, линейная и нелинейная среда, E - задачи электродинамики.

1. Рассмотрим задачу распространения электромагнитной волны в изотропной кусочно-линейной и нелинейной среде, обладающей свойствами памяти (последствия).

Расположим декартову систему координат таким образом, чтобы среда с разными свойствами разделяла плоскости zOy : среда 1 (полупространство, $z > 0$) характеризуется материальными уравнениями поля $D = D_1(E_1)$, $J = J_1(E_1)$, $B = B_1(H_1)$, а среда 2 (полупространство, $z < 0$) - материальными уравнениями поля $D = D_2(E_2)$, $J = J_2(E_2)$, $B = B_2(H_2)$.

Предложим, что в первом полупространстве задана падающая линейно поляризованная касательная, составляющая напряженность электрического поля $E_1(0, t)$, являющаяся периодической функцией времени и удовлетворяющая условию регулярности на бесконечности, то есть

$$\begin{aligned} E_1(0, t) &= E_1(t) = E_1(t + T), \\ \lim_{z \rightarrow \infty} E(z, t) &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где T – период изменения электрически поля во времени.

Задача определения электромагнитных полей.

$$H(z, t) = \begin{cases} H_1(z, t) + H'_1(z, t), & z > 0, \\ H_2(z, t), & z < 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$E(z, t) = \begin{cases} E_1(z, t) + E'_1(z, t), & z > 0, \\ E_2(z, t), & z < 0, \end{cases} \quad (3)$$

в общем случае сводится к отысканию периодических по t решениями уравнений Максвелла [1, 2]

$$\begin{aligned} -\frac{\partial H}{\partial z} &= \frac{\partial D(E)}{\partial t} + j(E), \\ \frac{\partial E}{\partial z} &= -\frac{\partial B(H)}{\partial t} \end{aligned} \quad (4)$$

с общими материальными уравнениями

$$D(t) = D(E(\tau), \tau \leq t), \quad J(t) = J(E(\tau), \tau \leq t), \quad B(t) = B(H(\tau), \tau \leq t). \quad (5)$$

Поля (2), (3) полностью определяются скалярными функциями напряженности электрического $E(z, t)$ и магнитного $H(z, t)$ полей. Материальные уравнения поля (5) в общем случае сложные, нелинейные, более того обладают свойствами линейной и нелинейной памятью (последствия).

Необходимо найти соотношения между амплитудами напряженности электромагнитного поля падающей, отраженной и преломленной волн. Для этого следует учесть, что на границе раздела, т. е. в плоскости $z = 0$, должны выполняться граничные условия непрерывности тангенциальных составляющих суммарных электрического и магнитного полей.

$$\begin{aligned} \lim_{z \rightarrow 0+} [H_1(z, t) + H'_1(z, t)] &= \lim_{z \rightarrow 0-} H_2(z, t), \\ \lim_{z \rightarrow 0+} [E_1(z, t) + E'_1(z, t)] &= \lim_{z \rightarrow 0-} E_2(z, t). \end{aligned} \quad (6)$$

Ниже мы остановимся на определении электромагнитного поля в полупространстве $z > 0$ и $z < 0$ поставленной выше задачи для конкретных материальных уравнений (5), то есть на отыскании периодических решений краевых задач (1), (4) - (6).

2. Предположим теперь, что первое полупространство является сегнетоэлектрическими, а второе линейным, тогда материальные уравнения (5) можно представить в виде

$$\begin{aligned} D(E) &= \begin{cases} \varepsilon_1 E_1, & z > 0, \\ \varepsilon_2 E_2, & z < 0, \end{cases} \\ J(E) &= \begin{cases} \bar{\sigma}_1 (|E_1|) E_1, & z > 0, \\ \sigma_2 E_2, & z < 0, \end{cases} \\ B(H) &= \begin{cases} \mu_1 H_1, & z > 0, \\ \mu_2 H_2, & z < 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

Решение поставленных задачи (1) - (4), (6), (7) будем искать в виде

$$\begin{aligned} E_i(z, t) &= E_i \exp[-k_{1i}z] \cos(k_{2i}z - \omega t + \psi_i), \\ H_i(z, t) &= H_i \exp[-k_{1i}z] \cos(k_{2i}z - \omega t + \varphi_i). \end{aligned} \quad (8)$$

С наличием отраженной волны, распространяющейся в полупространство $z > 0$:

$$\begin{aligned} E'_1(z, t) &= E'_1 \exp[-k_{11}z] \cos(k_{21}z - \omega t + \psi'_1), \\ H'_1(z, t) &= H'_1 \exp[-k_{11}z] \cos(k_{21}z - \omega t + \varphi'_1). \end{aligned} \quad (9)$$

где ω , E_1 , и ψ_1 - заданные частота, амплитуда и фаза, постоянные k_{1i} , k_{2i} , E'_1 , E_2 , H_i , H_2 , H'_1 , φ_i , ψ_2 , φ'_1 и ψ'_1 ($i = 1, 2$) подлежат определению.

Постоянные k_{1i} и k_{2i} , характеризующие соответственно затухание и фазовую скорость распространения плоской волны в соответствующем полупространстве $z > 0$ и $z < 0$, определяются из уравнений

$$k_{1i}^2 - k_{2i}^2 + \omega^2 \mu_i \varepsilon_i = 0, \quad 2k_{1i}k_{2i} - \omega \mu_i \bar{\sigma}_i(|E_i|) = 0, \quad (10)$$

где

$$\bar{\sigma}_i(|E_i|) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \sigma_i(|E_i| e^{-x} \cos \tau) e^{-2x} \cos^2 \tau d\tau dx.$$

Для положительных постоянных k_{1i} и k_{2i} получим выражение

$$k_{1i,2i} = \omega \sqrt{\frac{\mu_i \varepsilon_i}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{\bar{\sigma}_i^2(|E_i|)}{\omega^2 \varepsilon_i^2}} \mp 1 \right)}.$$

Из второго уравнения (4) с учетом материального уравнения поля (7) легко найдем H'_1 и φ'_1 через E'_1 и ψ'_1 :

$$H'_1 = \frac{E'_1 \sqrt{k_{11}^2 + k_{21}^2}}{\omega \mu_1}; \quad \varphi'_1 = \psi'_1 + \arctg \frac{k_{11}}{k_{21}}.$$

Зная $E_i(z, t)$, легко найти $H_i(z, t)$ ($i = 1, 2$) с помощью второго уравнения Максвелла (4) и третьего материального уравнения поля (7). Для $H_i(z, t)$ при этом справедливо представление вида

$$H_i(z, t) = \frac{E_i \sqrt{k_{1i}^2 + k_{2i}^2}}{\omega \mu_i} \exp[-k_{1i}z] \times \cos \left(k_{2i}z - \omega t + \psi_i + \arctg \frac{k_{1i}}{k_{2i}} \right).$$

Теперь из условий (6) найдем E_2 , E'_1 , ψ_2 и ψ'_1 . Для них справедливо представление вида:

$$E_2 = 2\mu_1 E_1 \sqrt{\frac{k_{12}^2 + k_{22}^2}{(\mu_1 k_{12}^2 + \mu_2 k_{11}^2)^2 + (\mu_1 k_{22} + \mu_2 k_{21})^2}}; \quad (11)$$

$$\psi_2 = \psi_1 - \arctg \frac{\mu_2 (k_{11} k_{22} - k_{21} k_{12})}{\mu_1 (k_{12}^2 + k_{22}^2) + \mu_2 (k_{11} k_{22} + k_{21} k_{12})}; \quad (12)$$

$$E'_1 = E_1 \sqrt{\frac{(\mu_1 k_{12} - \mu_2 k_{11})^2 + (\mu_1 k_{22} - \mu_2 k_{21})^2}{(\mu_1 k_{12} + \mu_2 k_{11})^2 + (\mu_2 k_{21} + \mu_1 k_{22})^2}}; \quad (13)$$

$$\psi'_1 = \psi_1 - \arctg \frac{2\mu_1 \mu_2 (k_{11} k_{22} - k_{21} k_{12})}{\mu_1^2 (k_{12}^2 + k_{22}^2) - \mu_2^2 (k_{11}^2 + k_{21}^2)}. \quad (14)$$

Соотношения (11) и (14) есть обобщение формулы Френеля для нелинейных сред, т.е. E - задачи электродинамики.

Замечание 1. Если $k_{11} = k_{12} = 0$, то соотношения (11) - (14) примут вид:

$$E_2 = \frac{2\mu_1 k_{22} E_1}{\mu_2 k_{21} + \mu_1 k_{22}}; \quad \psi_2 = \psi_1; \quad (15)$$

$$E_1' = \frac{\mu_1 k_{22} - \mu_2 k_{21}}{\mu_2 k_{21} + \mu_1 k_{22}} E_1; \quad \psi_1' = \psi_1. \quad (16)$$

Соотношения (15) и (16) полностью совпадают с формулой Френеля для E - задачи электродинамики [3].

3. Предположим теперь, что первое полупространство является сегнетоэлектрическими, а второе линейным, тогда материальные уравнения (5) можно представит в виде

$$D(E) = \begin{cases} \varepsilon_1 E_1 + \int_{-\infty}^t \varphi_1(t-\tau) E_1 d\tau, & z < 0, \\ \varepsilon_2 E_2 + \int_{-\infty}^t \varphi_2(t-\tau) E_2 d\tau, & z < 0, \end{cases}$$

$$J(E) = \begin{cases} \bar{\sigma}_1(|E_1|) E_1, & z > 0, \\ \sigma_2 E_2, & z < 0, \end{cases} \quad (17)$$

$$B(H) = \begin{cases} \mu_1 H_1 + \int_{-\infty}^t \psi_1(t-\tau) H_1 d\tau, & z > 0, \\ \mu_2 H_2 + \int_{-\infty}^t \psi_2(t-\tau) H_2 d\tau, & z < 0. \end{cases}$$

В отличие от линейных постановок, краевые задачи (1) - (4), (6), (7), (8), (9) не допускают точного решения. Приближенное решение краевой задачи (1) - (4), (6), (7), (8), (9) будем искать по методу эквивалентной линеаризации [3 - 8] в виде (8) и (9). Для k_{1i} , k_{2i} , E_1' , E_2 , H_i , H_2 , H_1' , φ_i , ψ_2 , φ_1' и ψ_1' ($i=1,2$), получаем систему нелинейных алгебраических уравнений вида:

$$\begin{aligned} H_i [k_{1i} \cos \theta_i + k_{2i} \sin \theta_i] &= E_i (\bar{\sigma}_i(|E_i|) + \omega \varphi_{ic}), \\ H_i [-k_{1i} \sin \theta_i + k_{2i} \cos \theta_i] &= E_i (\omega \varepsilon_i + \omega \varphi_{is}), \\ E_i [k_{1i} \sin \theta_i + k_{2i} \cos \theta_i] &= \omega H_i (\mu_i + \psi_{ic}), \\ E_i [k_{1i} \cos \theta_i - k_{2i} \sin \theta_i] &= \omega H_i \psi_{is}, \\ i &= 1, 2, \end{aligned} \quad (18)$$

где

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_i(|E_i|) &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} \sigma_i(|E_i| e^{-x} \cos \tau) e^{-2x} \cos^2 \tau d\tau dx, \\ \theta_i &= \varphi_i - \psi_i, \quad \bar{\sigma}_2(|E_2|) = \sigma_2. \end{aligned}$$

Из четвертого уравнения полученной системы (18) находим

$$\theta_i = \arctg \frac{k_{1i}(\mu_i + \psi_{ic}) - k_{2i} \psi_{is}}{k_{1i} \psi_{is} + k_{2i}(\mu_i + \psi_{ic})}. \quad (19)$$

Дальнейшее исключение E_i , H_i и θ_i из системы (18) с помощью (19) дает систему двух уравнений для определения постоянных

$$\begin{cases} k_{1i}^2 - k_{2i}^2 + a_i = 0, \\ 2k_{1i}k_{2i} - b_i = 0, \end{cases} \quad (20)$$

где

$$\begin{aligned} a_i &= \omega^2 (\varepsilon_i \mu_i + \varepsilon_i \psi_{ic} + \mu_i \varphi_{ic} - \psi_{is} \varphi_{is} + \psi_{ic} \varphi_{ic}) - \omega \bar{\sigma}_i(|E_i|) \psi_{is}; \\ b_i &= \omega^2 (\varepsilon_i \psi_{ic} + \mu_i \varphi_{is} + \psi_{ic} \varphi_{is} - \psi_{is} \varphi_{ic}) + \omega (\bar{\sigma}_i(|E_i|) \mu_i + \bar{\sigma}_i(|E_i|) \psi_{ic}); \\ \psi_{ic} &= \int_0^\infty \psi_i(s) \cos \omega s ds; \quad \psi_{is} = \int_0^\infty \psi_i(s) \sin \omega s ds; \\ \varphi_{ic} &= \int_0^\infty \varphi_i(s) \cos \omega s ds; \quad \varphi_{is} = \int_0^\infty \varphi_i(s) \sin \omega s ds; \\ i &= 1, 2. \end{aligned}$$

Из третьего и четвертого уравнений системы (18) с учетом (20) можно найти H_1 , H_2 и H'_1 в виде

$$H_1 = \frac{E_1}{\omega} \sqrt{\frac{k_{11}^2 + k_{21}^2}{(\mu_1 + \psi_{1c})^2 + \psi_{1s}^2}}, \quad H_2 = \frac{E_1}{\omega} \sqrt{\frac{k_{12}^2 + k_{22}^2}{(\mu_2 + \psi_{2c})^2 + \psi_{2s}^2}}, \quad (21)$$

$$H'_1 = \frac{E'_1}{\omega} \sqrt{\frac{k_{11}^2 + k_{21}^2}{(\mu_1 + \psi_{1c})^2 + \psi_{1s}^2}}. \quad (22)$$

Теперь из условий (6) найдем E_2 , E'_1 , ψ_2 и ψ'_1 . Для них справедливо представление вида:

$$E_2 = 2E_1 \sqrt{\frac{(k_{12}^2 + k_{22}^2)N_1}{(k_{12}^2 + k_{22}^2)N_1 + (k_{11}^2 + k_{21}^2)N_2 + 2[(k_{11}k_{12} + k_{21}k_{22})N_3 + (k_{11}k_{22} - k_{21}k_{22})N_4]}}; \quad (23)$$

$$\psi_2 = \psi_1 - \arctg \frac{(k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12})N_3 - (k_{11}k_{12} + k_{21}k_{22})N_4}{(k_{12}^2 + k_{22}^2)N_1 + (k_{11}k_{12} + k_{21}k_{22})N_3 + (k_{11}k_{22} - k_{21}k_{22})N_4}; \quad (24)$$

$$E'_1 = E_1 \sqrt{\frac{(k_{12}^2 + k_{22}^2)N_1 + (k_{11}^2 + k_{21}^2)N_2 - 2[(k_{11}k_{12} + k_{21}k_{22})N_3 + (k_{11}k_{22} - k_{21}k_{22})N_4]}{(k_{12}^2 + k_{22}^2)N_1 + (k_{11}^2 + k_{21}^2)N_2 + 2[(k_{11}k_{12} + k_{21}k_{22})N_3 + (k_{11}k_{22} - k_{21}k_{22})N_4]}}; \quad (25)$$

$$\psi'_1 = \psi_1 - \arctg \frac{2[(k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12})N_3 - (k_{11}k_{12} + k_{21}k_{22})N_4]}{(k_{12}^2 + k_{22}^2)N_1 - (k_{11}^2 + k_{21}^2)N_2}. \quad (26)$$

где

$$\begin{aligned} N_1 &= \psi_{1s}^2 + (\mu_1 + \psi_{1c})^2; \quad N_2 = \psi_{2s}^2 + (\mu_2 + \psi_{2c})^2; \quad N_3 = \psi_{1s}\psi_{2s} + (\mu_1 + \psi_{1c})(\mu_2 + \psi_{2c}); \\ N_4 &= \psi_{1s}(\mu_2 + \psi_{2c}) - \psi_{2s}(\mu_1 + \psi_{1c}). \end{aligned}$$

Соотношения (23) и (26) есть обобщение формулы Френеля для нелинейных (сегнетоэлектрические) сред, обладающих свойствами памятью (последствия) как в первой, так и во второй средах.

Замечание 2. Если $\sigma_i \rightarrow 0$ и $\psi_i(x) = 0$, $\varphi_i(x) = 0$, то есть среда без памятью (последствия), то $k_{11} = 0$ и $k_{12} = 0$, то соотношения (23) - (26) примут вид:

$$E_2 = \frac{2\mu_1 k_{22} E_1}{\mu_1 k_{22} + \mu_2 k_{21}}; \quad E'_1 = \frac{\mu_1 k_{22} - \mu_2 k_{21}}{\mu_2 k_{21} + \mu_1 k_{22}} E_1; \quad \psi'_1 = \psi_2 = \psi_1. \quad (27)$$

Соотношения (25) полностью совпадают с формулой Френеля для E - задачи электродинамики [3].

Замечание 3. Если $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ и $\psi_i(x) = 0$, $\varphi_i(x) = 0$, то есть среда без памятью (последствия), то соотношения (23) - (26) будут следующими:

$$E_2 = 2E_1 \sqrt{\frac{k_{12}^2 + k_{22}^2}{(k_{11} + k_{12})^2 + (k_{21} + k_{22})^2}}; \quad \psi_2 = \psi_1 - \arctg \frac{k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12}}{k_{12}^2 + k_{22}^2 + k_{11}k_{12} + k_{21}k_{22}};$$

$$E'_1 = E_1 \sqrt{\frac{(k_{11} - k_{12})^2 + (k_{21} - k_{22})^2}{(k_{11} + k_{12})^2 + (k_{21} + k_{22})^2}}; \quad \psi'_1 = \psi_1 - \arctg \frac{2(k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12})}{k_{12}^2 + k_{22}^2 - (k_{11}^2 + k_{21}^2)}.$$

Фактическое решение найдено. Внося в (2) и (3) выражения (11) - (14), получаем

$$H(z, t) = \begin{cases} E_1 \frac{\sqrt{k_{11}^2 + k_{21}^2}}{\omega \mu_1} e^{-k_{11}z} \left[\cos(k_{21}z - \omega t + \psi_1 + \arctg \frac{k_{11}}{k_{21}}) + \sqrt{\frac{(\mu_1 k_{12} - \mu_2 k_{11})^2 + (\mu_1 k_{22} - \mu_2 k_{21})^2}{(\mu_1 k_{12} + \mu_2 k_{11})^2 + (\mu_2 k_{21} + \mu_1 k_{22})^2}} \times \right. \\ \left. \times \cos \left(k_{21}z - \omega t + \psi_1 - \arctg \frac{2\mu_1 \mu_2 (k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12})}{\mu_1^2 (k_{12}^2 + k_{22}^2) - \mu_2^2 (k_{11}^2 + k_{21}^2)} \right) \right], z > 0; \\ \frac{2\mu_1 E_1 (k_{12}^2 + k_{22}^2)}{\omega \mu_2 \sqrt{(\mu_1 k_{12}^2 + \mu_2 k_{11}^2)^2 + (\mu_1 k_{22} + \mu_2 k_{21})^2}} e^{-k_{12}z} \times \\ \times \cos \left(k_{22}z - \omega t + \psi_1 - \arctg \frac{\mu_2 (k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12})}{\mu_1 (k_{12}^2 + k_{22}^2) + \mu_2 (k_{11}k_{22} + k_{21}k_{22})} \right), z < 0; \end{cases}$$

$$E(z, t) = \begin{cases} E_1 e^{-k_{11}z} \left[\cos(k_{21}z - \omega t + \psi_1) + \sqrt{\frac{(\mu_1 k_{12} - \mu_2 k_{11})^2 + (\mu_1 k_{22} - \mu_2 k_{21})^2}{(\mu_1 k_{12} + \mu_2 k_{11})^2 + (\mu_2 k_{21} + \mu_1 k_{22})^2}} \times \right. \\ \left. \times \cos \left(k_{21} - \omega t + \psi_1 - \arctg \frac{2\mu_1 \mu_2 (k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12})}{\mu_1^2 (k_{12}^2 + k_{22}^2) - \mu_2^2 (k_{11}^2 + k_{21}^2)} \right) \right], z > 0; \\ 2\mu_1 E_1 \sqrt{\frac{k_{12}^2 + k_{22}^2}{(\mu_1 k_{12}^2 + \mu_2 k_{11}^2)^2 + (\mu_1 k_{22} + \mu_2 k_{21})^2}} e^{-k_{12}z} \times \\ \times \cos \left(k_{22}z - \omega t + \psi_1 - \arctg \frac{\mu_2 (k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12})}{\mu_1 (k_{12}^2 + k_{22}^2) + \mu_2 (k_{11}k_{22} + k_{21}k_{22})} \right), z < 0. \end{cases}$$

Литература

1. Курбонов, И. Нелинейные краевые задачи электродинамики в однородных средах с памятью / И. Курбонов // ДАН РТ. – 2015. - Т. 58. - №6. - С. 458-464.
2. Игболов, С.И. Нелинейные краевые задачи электродинамики в средах с памятью / Игболов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2018. - №4. – С. 29-34.
3. Курбонов, И. E - задача электродинамики для изотропной кусочно-линейной и нелинейной среды с памятью / И. Курбонов, У. Бахтовар // Доклады НАНТ. – 2022. Т. 65. - №3-4. - С. 162-170.
4. Бахтовари, У. E - задача нелинейных краевых задач электродинамики в полупространстве $y > 0$ однородных средах с памятью / У. Бахтовари // Политехнический вестник. Серия: Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. №1 (61). - С. 5-11.
5. Зарипов, С. Б. Масъалаи канорӣ барои муодилаи интегралӣ дученакаи симметрии ғайри моделии намуди Волтерра бо хатҳои суперсингулярӣ / С. Б. Зарипов // Паёми политехникӣ. Бахши: Интеллект, Инноватсия, инвестиция. – 2025. – No. 3(71). – P. 5-12. – EDN JQCCSO.

6. Садриддинов, М. М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью / М. М. Садриддинов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 3(63). – С. 4-10. – EDN OQTOYW.

7. Садриддинов, М. М. Построение нелинейных проекторов для систем дифференциальных уравнений, содержащих малый параметр / М. М. Садриддинов, У. Р. Рустамбекова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3(59). – С. 5-11. – EDN ILZYCQ.

8. Хафизов, Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами / Х. М. Хафизов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 1(65). – С. 5-7. – EDN PTVOZB.

МАВҚҲО ДАР МУҲИТҲОИ ИЗОТРОПИИ ҚИСМАН - ХАТӢ ВА ҒАЙРИХАТӢ БО ХОТИРАҲОИ МАГНИТӢ ВА ЭЛЕКТРИКӢ

У. Бахтовари

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола масъалаи паҳншавии мавҷҳои электромагнитӣ барои муҳитҳои ғайрихаттии қисман-ғайриҷинса дида шудааст. Гузориши масъалаҳои канори барои ҳосил кардани системаҳои ғайрихаттии муодилаҳои интегро-дифференциалӣ бо ҳосилаҳои хусусӣ оварда шудааст. Ҳалли тақрибии даврии онҳо нисбат ба вақт ба воситаи методи хаттиқунонии эквиваленти кофтукоб карда мешавад. Формулаи Френел барои E – масъалаи электродинамикаи муҳитҳои дорои хотира, умумӣ карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки барои муҳитҳои шиддат нагузаронанда дорои хотира набуда $\varphi'_1 = \varphi_1 = \varphi_2$ аст. Яъне кунҷи афтиш, инъикос ва шикаст баробар мебошад.

Калидвожаҳо: муҳитҳои қисман ҷинса, муҳитҳои ғайриҷинса, хотира, муҳитҳои хатӣ, муҳитҳои ғайрихатӣ, E – масъалаи электродинамика.

WAVES IN ISOTROPIC SUSPENSION-LINEAR AND NONLINEAR MEDIA WITH MAGNETIC AND ELECTRIC MEMORY

U. Bakhtovari

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The problems of propagation of electromagnetic waves in piecewise- inhomogeneous nonlinear media are considered. Substitutions of boundary nonlinear integro-differential problems are given to obtain systems of partial differential equations. Their approximate time-periodic solutions are sought by the method of equivalent linearization. A generalization of the Fresnel formulas of the E-problem of electrodynamics for media with memory properties is obtained. It is shown that for non-conducting media without memory $\varphi'_1 = \varphi_1 = \varphi_2$. The is, the angles of incidence of reflection and refraction are equal.

Keywords: piecewise linear medium, inhomogeneous medium, memory, linear and nonlinear medium, E-problems of electrodynamics.

Маълумот дар бораи муаллиф

Бахтовари Умар – ассистенти кафедраи математикаи оӣ. Телефон: (+992) 907-93-26-93.
E-mail: Bakhtovariu1991@gmail.com.

УДК 517.9.

О ПОСТРОЕНИЕ ПРИБЛИЖЁННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МНОГООБРАЗИЙ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

М.А. Нусайриев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе методом последовательных приближений построены приближённые интегральные многообразия G_1, G_2 решений.

Ключевые слова: интегральное многообразие, дифференциальное уравнение, последовательные приближение.

Введение

Рассматривается система дифференциальных уравнений

$$\frac{dX}{dt} = A(t)X + \mu\phi(t, X, Y), \quad \frac{dY}{dt} = B(t)Y + \mu\psi(t, X, Y), \quad (1)$$

где вектор-функции $\phi(t, X, Y)$, $\psi(t, X, Y)$ удовлетворяет условиям

$$\begin{aligned} \phi(t, 0, 0) &\equiv 0, \quad \psi(t, 0, 0) \equiv 0, \\ \|\phi(t, X_1, Y_1) - \phi(t, X_2, Y_2)\| &\leq L\{\|X_1 - X_2\| + \|Y_1 - Y_2\|\}, \\ \|\psi(t, X_1, Y_1) - \psi(t, X_2, Y_2)\| &\leq L\{\|X_1 - X_2\| + \|Y_1 - Y_2\|\}. \end{aligned}$$

Предположим, что все решения системы линейных уравнений

$$\frac{dX}{dt} = A(t)X \quad (2)$$

стремятся к нулю при $t \rightarrow +\infty$ и фундаментальная нормированная при $t = \tau$ матрица решений $N(t, \tau)$ системы (2) удовлетворяет условию [1]

$$\|N(t, \tau)\| \leq ce^{-\lambda|t-\tau|}, \quad t \geq \tau, \quad \lambda > 0.$$

Аналогично, предположим, что все решения системы линейных дифференциальных уравнений

$$\frac{dY}{dt} = B(t)Y \quad (3)$$

стремятся к нулю при $t \rightarrow -\infty$ и фундаментальная нормированная при $t = \tau$ матрица решений $P(t, \tau)$ системы уравнений (3) удовлетворяет условию

$$\|P(t, \tau)\| \leq ce^{\lambda|t-\tau|} \quad t \leq \tau, \quad \lambda > 0.$$

Таким образом, система уравнений (1) при $\mu = 0$ имеет интегральное многообразие (ИМ) G_1 [2] размерности q и (ИМ) G_2 размерности $p = m - q$. Оказывается, что при достаточно малых значениях параметра $|\mu|$ приближенные интегральные многообразия (ПИМ) G_1, G_2 также существуют и их размерность не изменяется [3].

Пусть правые части системы уравнений (1) голоморфны по X, Y в области D :

$$D = \{\|X\| < \rho, \quad \|Y\| < \rho, \quad -\infty < t < \infty\}$$

и удовлетворяют в этой области при комплексных X, Y условиям ограниченности

$$\|\phi(t, X, Y)\| \leq K, \quad \|\psi(t, X, Y)\| \leq K \quad (K > 0).$$

Тогда уравнения ПИМ G_1, G_2 [4] можно представить в виде

$$Y = \mu u(t, X, \mu), \quad X = \mu V(t, Y, \mu) \quad (4)$$

где вектор-функции $u(t, X, \mu)$, $\mu V(t, Y, \mu)$ будут голоморфны по X, Y в некоторой области $D_1 \subset D$

$$D_1 = \{\|X\| < \rho_1, \quad \|Y\| < \rho_1, \quad -\infty < t < \infty \quad (0 < \rho_1 \leq \rho)\}$$

и ограничены в области D_1 . Поэтому уравнения ПИМ G_1, G_2 решений системы (1) можно искать в виде степенных рядов по степеням параметра μ .

$$Y = \mu u_1(t, X) + \mu^2 u_2(t, X) + \dots + \mu^n u_n(t, X) + \dots$$

Пусть теперь на n -й итерации известны приближенные уравнения ПИМ G_1 решений системы (4)

$$Y = u_n(t, X, \mu), \quad u_n(t, X, \mu) \equiv 0 \quad (n = 0, 1, 2, \dots).$$

При $\tau > \tau$ находим решение системы дифференциальных уравнений (СДУ)

$$\frac{dX_n}{d\tau} = A(\tau)X_n + \mu\phi(\tau, X_n, u_n(\tau, X_n, \mu)), \quad X \equiv X_n(\tau, t, X, \mu),$$

удовлетворяющее начальному условию $X_n(\tau, t, X, \mu) = X$. Найденное решение $X = X_n$ подставляется в систему уравнений

$$\frac{dY_n}{d\tau} = B(\tau)Y_n + \mu\psi(\tau, X_n, y_n), \quad Y_n = Y_n(\tau, t, X, \mu)$$

и затем ищем ограниченное при всех $\tau \geq t$ решение $y_n = y_n(\tau, t, X, \mu)$, которое можно найти как ограниченное при $\tau \geq t$ решение системы интегральных уравнений

$$Y_n(\tau, t, X, \mu) = -\mu \int_t^\infty M(t, s)\psi(s, X_n(s, t, X, \mu), Y_n(s, t, X, \mu))ds.$$

Уточненное значение вектора $u_{n+1}(t, X, \mu)$ находится по формуле

$$u_{n+1}(t, X, \mu) = Y_n(\tau, t, X, \mu) \quad (n = 0, 1, 2, \dots).$$

Таким образом, множество решений СДУ (1), примыкающих к нулевому решению при $\tau \rightarrow +\infty$, образует ПИМ G_1 решений.

Аналогично ищется другое ПИМ G_2 решений. Множество решений СДУ (1), примыкающих к нулевому решению при $\tau \rightarrow -\infty$, образует ПИМ G_2 решений.

Отметим, что на каждом n -м ($n = 0, 1, 2, \dots$) шаге векторы $u_n(t, X, \mu)$, $v_n(t, Y, \mu)$ можно искать не точно, а приближенно в виде разложений по степеням параметра μ .

Пример. В первом приближении системы уравнений $Y = Y_n(\tau, t, X, \mu)$, $X = X_n(\tau, t, X, \mu)$ принимают вид [5 - 9]

$$Y = \mu \int_t^\infty P(t, \tau)\psi(s, N(s, t)X, 0)ds = O(\mu^3),$$

$$X = \mu \int_{-\infty}^t N(t, s)\Phi(s, N(s, 0), -P(s, t)Y)ds = O(\mu^3). \quad (5)$$

Применим данные приближенные формулы для отыскания ПИМ G_1, G_2 системы уравнений

$$\frac{dY_1}{d\tau} = z_1 - z_2 - \mu z_1 z_2, \quad \frac{dZ_2}{d\tau} = -3z_1 - z_2 + 0,5\mu z_2^2,$$

замена переменных

$$z_1 = x - y, \quad z_2 = 3x + y, \quad x = \frac{1}{4}(z_1 + z_2), \quad y = \frac{1}{4}(z_2 - 3z_1)$$

приводит систему уравнений к виду

$$\frac{dx}{dt} = -2x + \frac{\mu}{8}(3x^2 + 10xy + 5y^2), \quad \frac{dy}{dt} = 2y + \frac{\mu}{8}(27x^2 - 6xy - 5y^2).$$

При $\mu = 0$ линейные однородные уравнения имеют нормированные при $\tau = t$ решения

$$N(t, \tau) = e^{-2(t-\tau)}, \quad P(t, \tau) = e^{2(t-\tau)},$$

По формулам (5) получим уравнения приближенных интегральных многообразий G_1, G_2

$$y = -\mu \frac{9}{10}x^2 + O(\mu^3),$$

$$x = \mu \frac{1}{16}y^2 + O(\mu^3).$$

Литература

1. Курбаншоев С.З., Нусайриев М.А. Построения инвариантных многообразий системы разностных уравнений. // Доклады АН РТ. т 57 №11-12 2014г стр 807-812.
2. Валеев К.Г., Курбаншоев С.З. Построение интегральных многообразий.-Душанбе, Дониш, 2006.-510с.
3. Курбаншоев С.З. Аналитические интегральные многообразия.-Душанбе: Дониш, 1991. 340с.

4. Курбаншоев С.З., Нусайриев М.А. Построение центрального интегрального многообразия // Вестник Таджикского технического университета. Серия естественных наук, 2024. № 4, с. 9-16.

5. Валеев К.Г. Расщепление спектра матриц-Киев: Вища школа, 1985-272с.

6. Зарипов, С. Б. Масъалаи канорӣ барои муодилаи интегралӣ дученакаи симметрии ғайри моделии намуди Волterra бо хатҳои суперсингулярӣ / С. Б. Зарипов // Паёми политехникӣ. Бахши: Интеллект, Инноватсия, инвестиция. – 2025. – №. 3(71). – Р. 5-12. – EDN JJQCCO.

7. Садриддинов, М. М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью / М. М. Садриддинов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 3(63). – С. 4-10. – EDN OQTOYW.

8. Садриддинов, М. М. Построение нелинейных проекторов для систем дифференциальных уравнений, содержащих малый параметр / М. М. Садриддинов, У. Р. Рустамбекова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 3(59). – С. 5-11. – EDN ILZYCQ.

9. Хафизов, Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами / Х. М. Хафизов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 1(65). – С. 5-7. – EDN PTVOZB.

ОИД БА СОХТАНИ ИНТЕГРАЛҲОИ БИСЕРШАКЛАИ ТАҚРИБИИ СИСТЕМАИ МУОДИЛАҲОИ ДИФФЕРЕНСИАЛӢ

М.А. Нусайриев

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола бо методи пайдарпай наздиккунии ҳалли G_1, G_2 интегралҳои бисершаклаи тақрибӣ сохта мешаванд.

Калидвожаҳо: интегралҳои бисершакла, муодилаи дифференсиалӣ, наздиккунии пайдарпай.

CONSTRUCTION OF APPROXIMATE INTEGRAL MANIFOLDS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS

M.A. Nusayriev

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation: This paper approximate integral manifolds G_1, G_2 of solutions are constructed using the method of successive approximations.

Keywords: integral manifold, differential equation, successive approximation.

Маълумот дар бораи муаллиф

Нусайриев Мастибек Алиёрбекович - номзади илмҳои физикаю-математика, дотсенти кафедраи «Математикаи оӣ» ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. тел: 935038180. E-mail: mastibek82@mail.ru.

УДК 517.955

О РЕШЕНИЯХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЧЕТВЁРТОГО ПОРЯДКА С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Хафизов Х.М.

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе рассматривается дифференциальное уравнение в частных производных четвёртого порядка с постоянными коэффициентами и исследуются его решения в экспоненциальном классе и получаются их явные представления.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение в частных производных четвертого порядка, экспоненциальный класс, явные представления.

Введение

В настоящей работе рассматривается дифференциальное уравнение в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами вида:

$$\left(\frac{\partial^4 u}{\partial t^4} + u \right)^n = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial^4 u}{\partial x_j^4} + p_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} \right)^n \quad (1)$$

где m, n ($m, n \geq 2$) – заданные натуральные числа; $t \geq 0, (x_1, x_2, \dots, x_m) \in R^m$; p_j ($j = \overline{1, m}$) – действительные числа, $u(x_1, x_2, \dots, x_m)$ – искомая функция.

В работе [1] доказано, что модельное уравнение с экстремальным свойством вида

$$L = \max_{\alpha \in A} \left\{ \sum_{j=1}^m \alpha_j (L_j u)^s \right\}^{\frac{1}{s}}$$

где $A = \{ \alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m) : 0 < \alpha_j < 1, \sum_{j=1}^m \alpha_j^{\frac{k}{k-s}} = 1 \}, k > s > 0$

эквивалентно следующему уравнению

Следствием этого уравнения при

$$(Lu)^k = \sum_{j=1}^m (L_j u)^k \quad (1)$$

Наша цель состоит в исследовании решений уравнения (1) в экспоненциальном классе.

С целью исследования решений уравнения (1) в экспоненциальном классе дополним его начальными условиями:

$$\frac{\partial^{1-i} u}{\partial t^{1-i}}(t_0, x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}) = u_{0i} \quad (i = \overline{1, 4}) \quad (2)$$

и переопределенную систему дифференциальных уравнений [1 - 6]

$$\frac{\partial^4 u}{\partial t^4} + u = Cu, \quad \frac{\partial^4 u}{\partial x_j^4} + p_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} = C_j u \quad (j = \overline{1, m}) \quad (3)$$

которая определяет класс экспоненциальных решений уравнения (1). Здесь C и C_j ($j = \overline{1, m}$) – произвольные действительные числа, являющиеся решением уравнения согласования:

$$\sum_{j=1}^m C_j^n = C^n \quad (4)$$

Пусть $p_j^2 + 4C_j > 0$ ($j = \overline{1, m}$) Тогда решение уравнения (1) в экспоненциальном классе, т. е. в классе функций, удовлетворяющих систему (3), с учетом (2) представляется в виде:

$$\begin{aligned}
 u(t, x_1, x_2, \dots, x_m) = & \{A_0 \exp[-\sqrt[4]{C-1}(t-t_0)] + B_0 \exp[\sqrt[4]{C-1}(t-t_0)] + \\
 & + D_0 \cos[\sqrt{C-1}(t-t_0)] + E_0 \sin[\sqrt{C-1}(t-t_0)]\} \times \\
 & \times \prod_{j=1}^m \left\{ \exp \left[-\sqrt{\frac{p_j^2 + 4C_j - p_j}{2}}(x_j - x_{0j}) \right] + \exp \left[\sqrt{\frac{p_j^2 + 4C_j - p_j}{2}}(x_j - x_{0j}) \right] + \right. \\
 & \left. + \cos \left[\sqrt{\frac{p_j^2 + 4C_j + p_j}{2}}(x_j - x_{0j}) \right] + \sin \left[\sqrt{\frac{p_j^2 + 4C_j + p_j}{2}}(x_j - x_{0j}) \right] \right\}
 \end{aligned} \quad (5)$$

где

A_0, B_0, D_0, E_0 произвольные постоянные числа.

Потребуем, что решения вида (5) удовлетворяли начальным условиям (2), откуда легко следует:

$$A_0 = \frac{\sqrt[4]{(C-1)^3} u_{01} - \sqrt{C-1} u_{02} + \sqrt[4]{C-1} u_{03} - u_{04}}{4 \cdot 3^m \cdot \sqrt[4]{(C-1)^3}}$$

$$B_0 = \frac{\sqrt[4]{(C-1)^3} u_{01} + \sqrt{C-1} u_{02} + \sqrt[4]{C-1} u_{03} + u_{04}}{4 \cdot 3^m \cdot \sqrt[4]{(C-1)^3}}$$

$$D_0 = \frac{\sqrt{C-1} u_{01} - u_{03}}{2 \cdot 3^m \cdot \sqrt{C-1}}$$

$$E_0 = \frac{\sqrt{C-1} u_{02} - 2u_{04}}{2 \cdot 3^m \cdot \sqrt[4]{(C-1)^3}}$$

Пусть $p_j^2 + 4C_j > 0$ ($j = \overline{1, m}$) Тогда решение уравнения (1), удовлетворяющее начальным условиям (2), может быть представлено в виде:

$$\begin{aligned}
 u(t, x_1, x_2, \dots, x_m) = & \{A_0 \exp[-\sqrt[4]{C-1}(t-t_0)] + B_0 \exp[\sqrt[4]{C-1}(t-t_0)] + D_0 \cos[\sqrt{C-1}(t-t_0)] + \\
 & + E_0 \sin[\sqrt{C-1}(t-t_0)]\} \times \prod_{j=1}^m \left\{ \cos \left[\sqrt{\frac{p_j}{2}}(x_j - x_{0j}) \right] + \sin \left[\sqrt{\frac{p_j}{2}}(x_j - x_{0j}) \right] \right\}
 \end{aligned} \quad (6)$$

где, постоянные A_0, B_0, D_0, E_0 определяются в следующем виде:

$$A_0 = \frac{\sqrt[4]{(C-1)^3} u_{01} - \sqrt{C-1} u_{02} + \sqrt[4]{C-1} u_{03} - u_{04}}{4 \cdot \sqrt[4]{(C-1)^3}}$$

$$B_0 = \frac{\sqrt[4]{(C-1)^3} u_{01} + \sqrt{C-1} u_{02} + \sqrt[4]{C-1} u_{03} + u_{04}}{4 \cdot \sqrt[4]{(C-1)^3}}$$

$$D_0 = \frac{\sqrt{C-1} u_{01} - u_{03}}{2 \cdot \sqrt{C-1}}$$

$$E_0 = \frac{\sqrt{C-1} u_{02} - u_{04}}{2 \cdot \sqrt[4]{(C-1)^3}}$$

Имеет место

Теорема. Пусть C и C_j ($j = \overline{1, m}$) – являются решением уравнения согласования (4). Тогда решение уравнения (1), удовлетворяющее начальным условиям (2), в экспоненциальном классе представляется в виде (5) - (6).

Литература

1. Юниси М. Об одном классе модельных уравнений с экстремальным свойством. Вестник национального университета, 2004, серия математика, № 1, с.128-135
2. Гадозода М., Хафизов Х.М., Саидов Ш.А. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка. Материалы международной научной конференции, посвященной 20-летию Конституции Республики Таджикистан и 60-летию ученых математиков А.Мухсинова, А.Б.Нозимова, С.Байзаева, Д.Осимовой, К.Тухлиева. Учёные записки. Специальный выпуск, часть I, №2(29) Ходжент, 2014г., с. 141-144.
3. Хафизов Х.М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных k -того порядка с постоянными коэффициентами. Политехнический Вестник. –Душанбе, 2017.- №3(39). с.6-10.
4. Зарипов, С. Б. Масъалаи канорӣ барои муодилаи интегралӣ дученакаи симметрии ғайри моделии намуди Волтерра бо хатҳои суперсингулярӣ / С. Б. Зарипов // Паёми политехникӣ. Бахши: Интеллект, Инноватсия, инвестиция. – 2025. – №. 3(71). – Р. 5-12. – EDN JJQCCO.
5. Садриддинов, М. М. Применение проекторов для расщепления системы дифференциальных уравнений с аналитической правой частью / М. М. Садриддинов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 3(63). – С. 4-10. – EDN OQTOYW.
6. Хафизов, Х. М. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка с постоянными коэффициентами / Х. М. Хафизов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 1(65). – С. 5-7. – EDN PTVOZB.

ДАР БОРАИ ҲАЛЛИ МУОДИЛАИ ДИФФЕРЕНСИАЛИИ БО ҲОСИЛАҲОИ ХУСУСИИ ТАРТИБИ ЧОРУМ БО КОЭФФИЦИЕНТҲОИ ДОИМӢ

Хафизов Х. М.

(ДТТ ба номи академик М. Осимӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин кор муодилаи дифференсиалии бо ҳосилаҳои хусусии тартиби чорум бо коэффисиентҳои доимӣ баррасӣ шуда ҳалли он дар синфи экспоненсиалӣ таҳқиқ шуда, тасвирҳои ошқори онҳо ҳосил мешаванд.

Калидвожаҳо: муодилаи дифференсиалӣ бо ҳосилаҳои хусусии тартиби чорум, синфи экспоненсиалӣ, тасвири ошкор.

ON SOLUTIONS OF A FOURTH-ORDER PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATION WITH CONSTANT COEFFICIENTS

Hafizov H.M.

(TTU named after Academician M. Osimi, Dushanbe, Tajikistan)

Abstract. In this paper, we consider a fourth-order partial differential equation with constant coefficients, investigate its solutions in the exponential class, and derive their explicit representations.

Keywords: a fourth-order partial differential equation, the exponential class, explicit representations.

Маълумот дар бораи муаллиф

Ҳафизов Ҳасан Маҷидович-н.ф.-м., дотсенти кафедраи математикаи олии ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ. суроға: ш. Душанбе, х. акад. Раҷабовҳо 10, тел. 908883030, hafizov7171@mail.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА ДУШАНБЕ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Д.С. Азимов, Г.К.Пирова, Ф.Б. Зоиров

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В работе выполнена оценка состояния атмосферного воздуха города Душанбе на фоне изменения климата с использованием опубликованных данных по PM_{2.5} и PM₁₀ и рекомендаций ВОЗ. Показано, что концентрации взвешенных частиц существенно превышают рекомендуемые уровни и обладают выраженной сезонной изменчивостью. Установлена роль отопления в холодный период и пылевых эпизодов в тёплый сезон, что указывает на необходимость комплексных мер по снижению загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: Душанбе; качество воздуха; PM_{2.5}; PM₁₀; пыль; отопление углём; инверсии; изменение климата.

Введение

Атмосферный воздух крупных городов Центральной Азии формируется под воздействием двух групп факторов: (i) регионально-климатических (аридный климат, дефицит осадков, частые пылевые переносы, сильная сезонная контрастность метеорологических условий) и (ii) урбаногенных (рост транспорта, бытовое и коммунальное сжигание топлива, промышленность и энергетика). Для Душанбе критически важны мелкодисперсные частицы (PM_{2.5} и PM₁₀), поскольку именно они связаны с наиболее значимыми медико-санитарными последствиями и часто определяют превышения нормативов/рекомендаций.

На фоне глобального и регионального потепления изменяются условия формирования загрязнения: возрастает частота экстремальных температур и устойчивых антициклональных ситуаций, меняется режим ветра и влагообеспеченности, что может усиливать как фотохимические процессы, так и накопление аэрозоля при инверсиях. Для Таджикистана прогнозируется рост средней температуры в XXI веке; по оценкам GIZ/партнёров, к концу века потепление может составить порядка +1,3...+6,3 °C (в зависимости от сценария) относительно базового периода 1986–2005 гг.

Методы и проведение исследования

В настоящей работе проведена комплексная оценка состояния атмосферного воздуха города Душанбе на фоне изменения климатических условий на основе анализа опубликованных научных данных, результатов инструментальных измерений и международных нормативных ориентиров. Исследование носит обзорно-аналитический характер и направлено на выявление основных закономерностей формирования загрязнения атмосферы в условиях аридного климата и нарастающего климатического воздействия.

Авторами в работе [1,2] использованы результаты рецепторного моделирования PMF (Positive Matrix Factorization) и лабораторного анализа аэрозольных проб PM_{2.5}, полученных в ходе полевых кампаний 2015–2016 и 2018–2019 гг. на территории города Душанбе. Общий массив данных включал 138 проб атмосферного аэрозоля, что позволило выделить основные источники формирования мелкодисперсных частиц и количественно оценить их вклад в среднюю концентрацию PM_{2.5}. Проведённый анализ показал доминирующую роль процессов сжигания биомассы и угля, а также значимый вклад энергетике, вторичных аэрозолей и почвенной пыли, что указывает на комплексный характер загрязнения атмосферного воздуха в городе.

Для оценки крупнодисперсной фракции аэрозоля (PM₁₀) в работе использованы результаты годового исследования состава и источников частиц PM₁₀, опубликованные в

открытом доступе [3]. Авторами указанного исследования проведён анализ сезонной изменчивости концентраций, а также изучены пиковые эпизоды загрязнения, характерные для зимнего и летнего периодов. Установлено, что в холодный сезон рост концентраций PM₁₀ в значительной степени обусловлен процессами отопления и сжигания топлива, тогда как в тёплый период преобладают пылевые эпизоды, связанные с сухими климатическими условиями, переносом минеральной пыли и вторичным ресуспендированием дорожных отложений.

С целью учёта влияния изменения климата в работе использованы справочные климатические данные и прогнозные оценки, представленные в климатическом профиле Республики Таджикистан, подготовленном при поддержке GIZ, а также в национальных и региональных аналитических материалах [4]. На основе этих источников авторами проанализированы тенденции изменения температуры воздуха, частоты экстремальных погодных явлений и условий, способствующих формированию температурных инверсий и застойных метеорологических ситуаций. Полученные сведения позволили рассмотреть возможные климато-обусловленные механизмы усиления загрязнения атмосферы города Душанбе.

Для сопоставления фактических и оценочных уровней загрязнения атмосферного воздуха в работе использованы рекомендации Всемирной организации здравоохранения 2021 года по допустимым среднегодовым концентрациям PM_{2.5} и PM₁₀ [5]. Применение данных ориентиров позволило провести сравнительную оценку экологического риска и определить степень превышения рекомендованных уровней, что является важным элементом экологического и санитарно-гигиенического анализа.

Дополнительно авторами рассмотрены контекстные показатели мониторинга качества воздуха, публикуемые международными платформами, в частности данные IQAir по среднегодовым концентрациям PM_{2.5} для города Душанбе за 2023 год. Использование этих материалов позволило расширить пространственно-временной контекст исследования и сопоставить результаты научных кампаний с текущими оценками состояния атмосферного воздуха.

Таким образом, применённый подход, основанный на интеграции экспериментальных данных, результатов рецепторного моделирования, климатических оценок и международных нормативных рекомендаций, позволил всесторонне охарактеризовать состояние атмосферы города Душанбе и сделать обоснованные выводы о влиянии климатических изменений на формирование уровней загрязнения атмосферного воздуха.

Результаты и обсуждение

Уровни PM_{2.5} и источники в Душанбе

По данным комплексного исследования PM_{2.5} в Душанбе, средняя концентрация составила $90,9 \pm 68,5 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$, что существенно выше ориентиров ВОЗ по среднегодовому уровню и выше европейских предельных значений, упомянутых авторами [1].

Моделирование PMF выделило восемь источников и показало доминирование сжигания биомассы и угля (особенно в холодный сезон), а также заметную роль энергетики, вторичных сульфатов и пылевых компонентов.

Таблица 1 - Источники PM_{2.5} в Душанбе (по результатам PMF), % вклада

№	Источник	Вклад, %
1.	Сжигание биомассы	22,3
2.	Сжигание угля	21,3
3.	Энергетика/электростанции	17,5
4.	Вторичные сульфаты	11,5
5.	Почвенная/дорожная пыль	11,3
6.	Транспорт	7,7
7.	Цементная промышленность	6,9
8.	Сжигание отходов	1,5

Интерпретация в контексте климата. Усиление зимних инверсий при штилевых условиях и рост потребности в отоплении в отдельные холодные периоды (в сочетании с доступностью твёрдого топлива) создают условия для накопления PM_{2.5}. Одновременно потепление и изменения в циркуляции могут повышать вероятность длительных застойных эпизодов в отдельные сезоны, увеличивая продолжительность загрязнения (механизм «застоя» важнее, чем само среднее потепление).

PM₁₀, сезонность пыли и зимние эпизоды

Для PM₁₀ показано, что примерно 70% времени уровни превышали рекомендации ВОЗ; среднегодовое значение порядка $80 \pm 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [3-6].

Летом фиксировались эпизоды с пиковыми значениями до $434 \mu\text{g}/\text{m}^3$, что связывается с вкладом минеральной и дорожной пыли.

Зимой средние уровни достигали порядка $152 \mu\text{g}/\text{m}^3$ из-за вклада отопления и сжигания топлива; подчёркивается роль температур ниже $\sim 10^\circ\text{C}$ как условия усиления зимнего загрязнения.

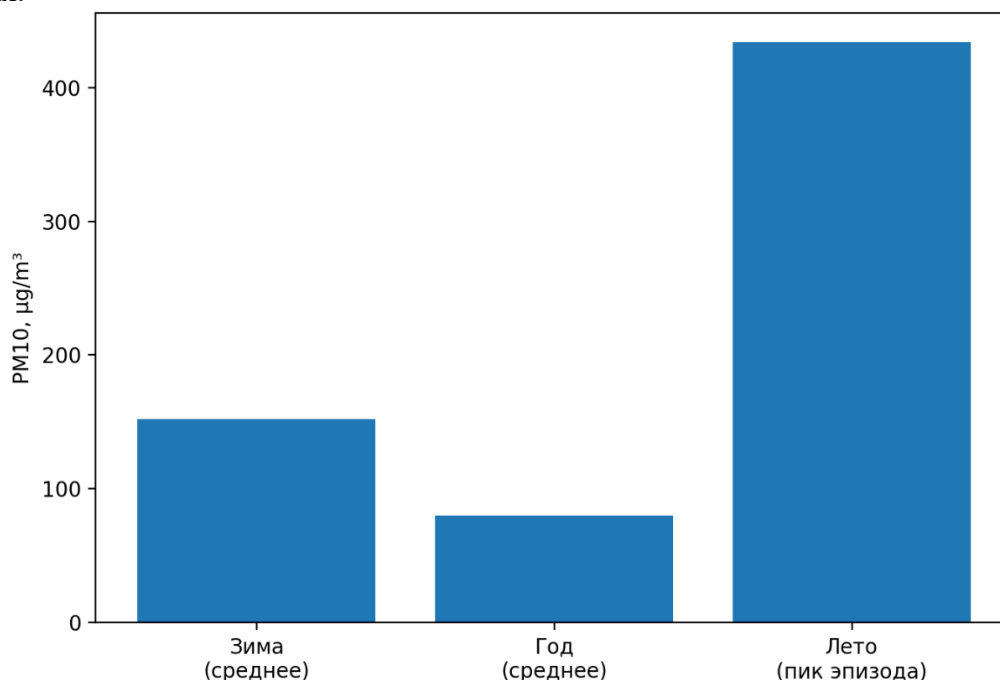


Рисунок 1. Сезонная динамика загрязнения атмосферного воздуха города Душанбе взвешенными частицами PM₁₀

Из данных, представленных на рис. 1, следует, что уровни загрязнения атмосферного воздуха города Душанбе взвешенными частицами PM₁₀ характеризуются ярко выраженной сезонной изменчивостью. Наиболее высокие концентрации PM₁₀ наблюдаются в летний период, когда фиксируются экстремальные эпизоды загрязнения, достигающие максимальных значений. Данный факт обусловлен совокупным влиянием аридных климатических условий, высокой температуры воздуха, дефицита осадков, а также усилением процессов пылеобразования и переноса минеральной и дорожной пыли.

Климатический аспект. Для Центральной Азии характерны периоды засухи и пылевых переносов; при потеплении и изменениях влагообеспеченности возрастает риск деградации почв и усиления пылеобразования. В городских условиях это накладывается на дорожную пыль и строительную активность, что делает летние пиковые эпизоды PM₁₀ особенно чувствительными к климату.

Сопоставление с рекомендациями ВОЗ и индикаторами мониторинга

В 2021 г. ВОЗ обновила глобальные рекомендации: PM_{2.5} (годовое среднее) — $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM₁₀ (годовое среднее) — $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

На этом фоне опубликованные оценки для Душанбе указывают на многократные превышения:

- PM2.5 (по исследовательским кампаниям 2015–2019) $\approx 90,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- PM10 (годовое среднее) $\approx 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- по данным IQAir, в публикациях по итогам 2023 г. приводится среднегодовая PM2.5 для Душанбе порядка $28,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (как оценка по сети станций/платформе).

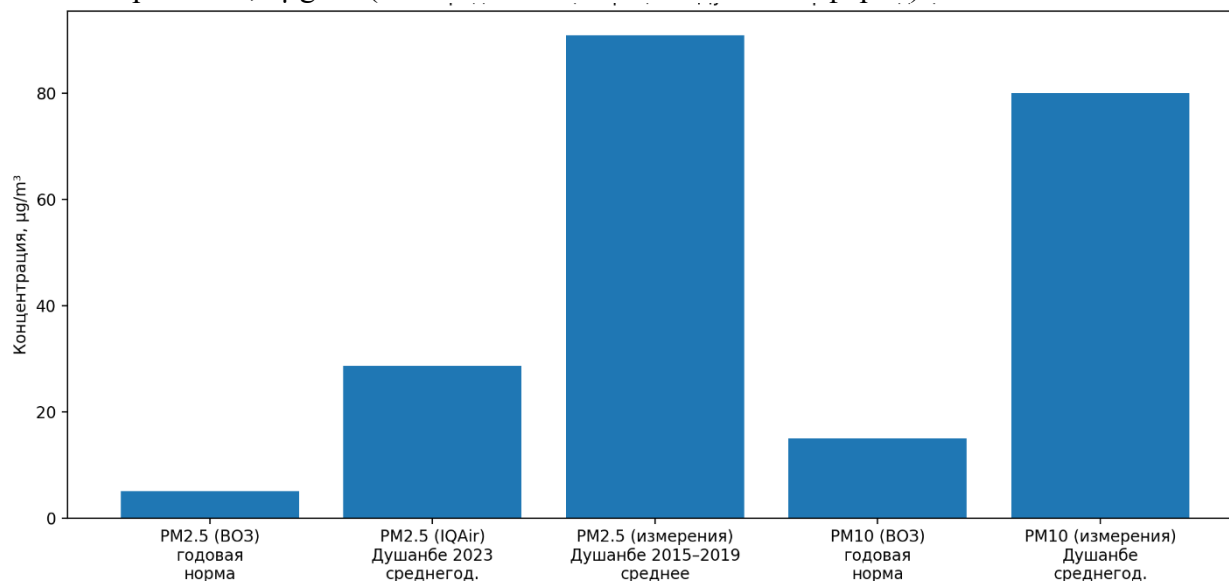


Рисунок 2. Сравнительная оценка среднегодовых концентраций PM2.5 и PM10 в городе Душанбе относительно рекомендуемых предельных уровней Всемирной организации здравоохранения

Анализ данных, представленных на рис. 2, показывает значительное превышение среднегодовых концентраций взвешенных частиц PM2.5 и PM10 в атмосферном воздухе города Душанбе по сравнению с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения. Концентрации PM2.5, полученные в ходе инструментальных измерений и научных кампаний, превышают рекомендованный уровень ВОЗ в десятки раз, что указывает на высокий уровень потенциального риска для здоровья населения.

Даже при использовании оценочных данных мониторинговых платформ, характеризующих современное состояние качества воздуха, значения PM2.5 остаются существенно выше нормативных ориентиров. Аналогичная ситуация наблюдается и для PM10, среднегодовые концентрации которых значительно превышают рекомендуемые значения, подтверждая наличие устойчивого загрязнения атмосферного воздуха.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что качество атмосферного воздуха в городе Душанбе не соответствует современным международным санитарно-гигиеническим требованиям. Это подчёркивает необходимость реализации комплексных мер по снижению выбросов загрязняющих веществ, в том числе за счёт оптимизации системы отопления, модернизации энергетического сектора и управления пылевыми источниками в условиях усиливающегося климатического воздействия.

Согласно климатическому профилю, для Таджикистана фиксируется рост среднегодовой температуры на протяжении XX века; в прогнозах ожидается существенное дальнейшее потепление, причём величина зависит от сценария выбросов.

В национальных оценках также указывается, что к 2030 г. среднегодовая температура по регионам страны может вырасти примерно на $+0,2...+0,4 \text{ }^\circ\text{C}$ относительно 1961–1990 гг., а в более долгосрочной перспективе рост будет значительно выше.

Механизмы, через которые климат может усиливать загрязнение в Душанбе:

- Инверсии и застой воздуха в холодный сезон → накопление PM2.5 при сжигании угля/биомассы.
- Рост частоты/интенсивности жарких периодов → усиление вторичных аэрозолей и фотохимии (в т.ч. через повышенную радиацию и застойные условия), рост энергопотребления и выбросов от энергетики.

• Засушливость и пылевые переносы → рост PM10 и вклад минеральной/дорожной пыли летом.

Выводы

По опубликованным исследованиям, PM2.5 в Душанбе характеризуется высокими средними уровнями и выраженной сезонностью; ключевые источники — сжигание биомассы и угля, энергетика, вторичные аэрозоли и пылевые компоненты.

Для PM10 типичны значительные превышения рекомендованных уровней ВОЗ на протяжении большей части года, с летними пиковыми эпизодами (минеральная/дорожная пыль) и зимним ростом (отопление и сжигание топлива).

Сопоставление с обновлёнными рекомендациями ВОЗ (2021) показывает, что наблюдаемые/оценочные уровни РМ в Душанбе в разы выше ориентиров, что указывает на приоритетность мер по снижению выбросов от отопления твёрдым топливом, модернизации энергетики и управления пылевыми источниками.

На фоне климатического потепления и изменения режимов экстремумов в регионе ожидается усиление факторов риска для качества воздуха (инверсии/застой, жара, пылевые процессы), поэтому меры по улучшению воздуха следует рассматривать как часть климатической адаптации города.

Литература

1. Papagiannis S., Air quality challenges in central asian urban areas: a pM2.5 source apportionment analysis in Dushanbe, Tajikistan / S. Papagiannis, S.F. Abdullaev, V. Vasilatou, M.I. Manousakas, K. Eleftheriadis, E. Diapouli // Environmental Science and Pollution Research. 2024. T. 31. № 27. С. 39588-39601.

2. Азимов Д.С. Воздействие изменения климата на качество атмосферного воздуха в городе Душанбе / Азимов Д.С. // В сборнике: Химия и инженерная экология - XXV. сборник трудов международной научной конференции (школа молодых ученых), посвященной научному сотрудничеству России и дружественных стран, а также деятельности Академического союза «Зелёного» развития Ассоциации технических университетов России и Китая. Казань, 2025. С. 197-199.

3. Fomba Kh.W. The seasonal variation of asian dust, anthropogenic pm, and their sources in Dushanbe, Tajikistan / Kh.W. Fomba, O.L. Faboya, N. Deabji, A Makhmudov., Ju. Hofer, (and others) Atmospheric Environment. 2024. T. 333. С. 120667.

4. Отходы Душанбинской ТЭЦ-2 - сырье для производства стройматериалов / Ф. Х. Насруллоев, Х. Б. Бобоев, Х. Ш. Гулахмадов, М. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 1(41). – С. 291-304. – EDN XSBZID.

5. Эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха при модернизации электрофильтра к рукавному для снижения воздействия пыли на территории ОАО «Таджикцемент» / С. М. Каримов, Х. Б. Бобоев, С. Ж. Иброхимов, С. Ш. Самиев // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 2(2). – С. 9-13. – EDN CNKFOI.

6. Каримов, С. М. Асосноккунии омилҳои манбаъҳои партов барои ҳисоб кардани паҳншавии газу чанги истеҳсолоти сементбарорӣ ба ҳавои атмосферӣ / С. М. Каримов, Ҳ. Б. Бобоев, Ҳ. Ш. Гулахмадов // Паёми политехники Баҳши: Техника ва ҷомеа. – 2025. – №. 3(11). – Р. 21-27. – EDN LMWJHZ.

БАҲОДИҲИИ ҲОЛАТИ ҲАВОИ АТМОСФЕРАИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ ДАР ШАРОИТИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ

Д.С. Азимов, Г.К. Пирова, Ф.Б. Зоиров

(ДТТ ба номи акад. М. Осимӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар ин кор баҳодиҳии ҳолати ҳавои атмосфераи шаҳри Душанбе дар заминаи тағйирёбии иқлим бо истифода аз маълумоти нашршуда оид ба PM2.5 ва PM10 ва тавсияҳои Созмони умумиҷаҳонии тандурустӣ анҷом дода шудааст. Нишон дода шуд, ки

концентратсияи моддаҳои муаллақ аз меъёрҳои тавсиявӣ ба таври назаррас зиёд буда, бо тағйирёбии возеҳи мавсимӣ тавсиф меёбад. Нақши равандҳои гармидиҳӣ дар мавсими сард ва эпизодҳои чанголудшавӣ дар мавсими гарм муайян гардида, зарурати татбиқи чораҳои мукамал оид ба коҳиш додани ифлосшавии ҳавои атмосфера асоснок карда мешавад.

Калидвожаҳо: Душанбе; сифати ҳаво; PM2.5; PM10; моддаҳои муаллақ; чанголудшавӣ; гармидиҳӣ бо ангишт; инверсияи ҳароратӣ; тағйирёбии иқлим.

ASSESSMENT OF THE ATMOSPHERIC CONDITION OF DUSHANBE CITY IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

D.S. Azimov, G.K. Pirova, F.B. Zoirov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This study assesses the state of atmospheric air in the city of Dushanbe in the context of climate change, using published data on PM2.5 and PM10 and World Health Organization (WHO) recommendations. It is shown that the concentrations of particulate matter significantly exceed the recommended levels and exhibit pronounced seasonal variability. The role of heating during the cold period and dust episodes in the warm season has been identified, indicating the need for comprehensive measures to reduce air pollution.

Keywords: Dushanbe; air quality; PM2.5; PM10; dust; coal heating; temperature inversions; climate change.

Сведения об авторе

Азимов Додарбек Садриддинович - к.т.н., с.п. кафедры БЖДиЭ ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: azimovdodarbek@gmail.com

Пирова Гулбахор Камчинбековна – лаборант кафедры БЖДиЭ ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: pirovagulbahor@gmail.com

Зоиров Фируз Бахронович – к.т.н., доцент кафедры БЖДиЭ ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: firuz.zoirov.b@gmail.com

УДК 504.3.054

БЕХАТАРИИ ҶАҶОЛИЯТИ ҲАЁТИ ИНСОН ВА ЭКОЛОГИЯ

А.А. Ахмедова

(Муассисаи таълимии ғайридавлатии Донишқадаи саноат ва хизматрасонӣ)

Шарҳи мухтасар. Бехатарии ҷаҷолияти инсон ва экология масъалаҳои ҳифзи ҳаёт ва саломатии инсонро дар шароити таъсири омилҳои муҳити зист баррасӣ менамояд. Дар шароити рушди босуръати саноат, технология ва афзоиши аҳоли, таъсири манфии инсон ба табиат зиёд гардида, мувозинати экологӣ ҳалалдор мешавад. Ин раванд боиси ифлосшавии ҳаво, об ва хок, тағйирёбии иқлим ва камшавии гуногунии биологӣ мегардад. Таъмини бехатарии ҷаҷолияти инсон талаб менамояд, ки тадбирҳои ҳифзи муҳити зист, истифодаи оқилонаи захираҳои табиӣ ва ҷорӣ намудани технологияҳои аз ҷиҳати экологӣ бехатар амалӣ карда шаванд. Ҳамзамон, баланд бардоштани маърифати экологӣ ва масъулияти шаҳрвандон дар самти ҳифзи табиат нақши муҳим мебозад. Ҳамоҳангии ҷаҷолияти инсон бо талаботи экология омили асосии рушди устувор ва таъмини зиндагии солим барои наслҳои имрӯзу оянда мебошад.

Калидвожаҳо: бехатарии ҷаҷолияти инсон, экология, муҳити зист, ҳифзи табиат, рушди устувор, ифлосшавӣ, захираҳои табиӣ, тағйирёбии иқлим, маърифати экологӣ, технологияи сабз.

Муқаддима

Дар шароити ҷаҳони муосир масъалаи бехатарии ҷаҷолияти ҳаёти инсон ва ҳифзи муҳити зист аҳамияти махсус пайдо кардааст. Пешрафти босуръати илму техника, рушди саноат, афзоиши аҳоли ва истифодаи зиёди захираҳои табиӣ боиси ба вучуд омадани хавфҳои гуногун баҳри саломатӣ ва ҳаёти инсон гардидааст. Инчунин, таъсири манфии ҷаҷолияти инсон ба табиат

ба мушкилоти ҷиддии экологӣ оварда мерасонад. Аз ин рӯ, омӯзиш ва татбиқи қоидаҳои бехатарӣ ва инчунин муносибати оқилонаи инсон ба муҳити зист яке аз вазифаҳои муҳимтарини ҳар яки мо ба ҳисоб меравад.

Мафҳум ва вазифаҳои бехатарии фаъолияти ҳаёт. Бехатарии фаъолияти ҳаёт (БФХ) соҳаест, ки қонуниятҳои ҳифзи инсонро аз хавфҳои муҳити зист, истеҳсолот ва ҳолатҳои фавқулода меомӯзад. Ҳадафи асосии он таъмини шароити бехатар барои зиндагӣ, меҳнат ва истироҳати инсон мебошад.

Вазифаҳои асосии БФХ инҳоянд, муайян ва таҳлили манбаъҳои хавф, пешгирӣ ва коҳиш додани таъсири омилҳои зараровар, омода намудани аҳоли ба ҳолатҳои фавқулода, ташкили чорабиниҳои муҳофизатӣ дар истеҳсолот ва муҳити зист [1-3].

Хавфҳо метавонанд табиӣ, техникӣ, иҷтимоӣ ва экологӣ бошанд. Ба хавфҳои табиӣ заминларза, сел, ярҷ, обҳезӣ ва хушксолӣ дохил мешаванд. Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки кишвари кӯҳсор аст, махсусан ба заминларза ва сел дучор мегардад. Хавфҳои техникӣ бошанд, бо истифодаи нодурусти таҷҳизот, нақлиёт, нерӯи барқ ва моддаҳои кимиёвӣ алоқаманд мебошанд.

Барои таъмини бехатарӣ риояи қоидаҳои техникаи бехатарӣ, истифодаи воситаҳои муҳофизати инфиродӣ, гузаронидани дастурдиҳӣ ва омӯзиши доимӣ зарур аст. Ҳамчунин, омодагӣ ба ҳолатҳои фавқулода ва донишҳои тартиби эвакуатсия метавонад талафоти ҷонӣ ва моддиро коҳиш диҳад.

Муҳити зист ва экология. Экология илмест, ки муносибати байни организмҳои зинда ва муҳити зистро меомӯзад. Муҳити зист маҷмуи омилҳои табиӣ ва сунъист, ки ба ҳаёти инсон ва дигар мавҷудоти зинда таъсир мерасонанд. Ба ин омилҳо ҳаво, об, хок, наботот, ҳайвонот ва иқлим дохил мешаванд.

Дар асри ХХI инсоният бо мушкилоти ҷиддии экологӣ рӯ ба рӯ шудааст. Аз ҷумла, ифлосшавии ҳаво аз партовҳои саноатӣ ва нақлиёт, ифлосшавии обҳои нӯшокӣ, нобудшавии ҷангалҳо, кам шудани гуногунии биологӣ.

Тағйирёбии иқлим. Тағйирёбии иқлим, ки бо баландшавии ҳарорати миёнаи Замин алоқаманд аст, боиси обшавии пирияхҳо, зиёд шудани офатҳои табиӣ ва кам шудани захираҳои об мегардад. Барои кишвари мо, ки қисми зиёди захираҳои оби минтақа аз пирияхҳо сарчашма мегиранд, ин масъала хеле муҳим мебошад [4-6].

Алоқамандии бехатарии ҳаёт ва экология. Бехатарии фаъолияти ҳаёт ва экология бо ҳамдигар робитаи зич доранд. Муҳити ифлос ва вайроншуда метавонад сабаби бемориҳои гуногун, паст шудани сифати зиндагӣ ва афзоиши хавфҳо гардад. Масалан, ифлосшавии ҳаво боиси бемориҳои роҳҳои нафас, аллергия ва бемориҳои дилу раг мегардад. Истифодаи оби ифлос метавонад сабаби бемориҳои сироятӣ шавад.

Аз тарафи дигар, риояи нақардани қоидаҳои бехатарӣ дар истеҳсолот метавонад ба садамаҳои экологӣ оварда расонад. Таркиши корхонаҳои кимиёвӣ, ихроҷи моддаҳои захролуд ва садамаҳои нақлиётӣ метавонанд ба муҳити зист зарари калон расонанд.

Аз ин рӯ, таъмини бехатарии инсон бидуни ҳифзи муҳити зист ғайриимкон аст. Рушди устувор бояд ба тавозуни байни манфиатҳои иқтисодӣ, иҷтимоӣ ва экологӣ асос ёбад.

Барои бехтар намудани бехатарии фаъолияти ҳаёт ва ҳифзи муҳити зист чораҳои зерин муҳиманд: баланд бардоштани маърифати экологӣ ва ҳуқуқии аҳоли; ҷорӣ намудани технологияҳои тоза ва каммасраф, назорати давлатӣ аз болои фаъолияти корхонаҳо, кам кардани партовҳо ва рушди коркарди дубора;

ҳифзи захираҳои об ва ҷангал. Омодасозии аҳоли ба ҳолатҳои фавқулода. Ҳар як шаҳрванд бояд дар нигоҳдории тозагии муҳити зист саҳм гузорад: сарфакорона истифода бурдани обу нерӯ, партофтани партовҳо ба ҷойҳои муайяншуда ва иштирок дар корҳои ободонӣ намунаи одии масъулиятшиносӣ мебошанд.

Бехатарии фаъолияти ҳаёти инсон ва экология ду самти муҳим ва ба ҳам вобаста мебошанд. Саломатӣ, зиндагии осуда ва рушди устувори ҷомеа танҳо дар шароити муҳити тоза ва бехатар имконпазир аст. Ҳифзи табиат на танҳо вазифаи давлат, балки масъулияти ҳар як инсон мебошад. Танҳо бо ҳамкории ҷомеа, татбиқи донишҳои илмӣ ва риояи қоидаҳои бехатарӣ мо метавонем барои наслҳои оянда муҳити солим ва устуворро ҳифз намоем [7].

Асосҳои ҳуқуқӣ ва меъёрии бехатарии фаъолияти ҳаёт ва ҳифзи муҳити зист. Таъмини бехатарии фаъолияти ҳаёт ва ҳифзи муҳити зист бе заминаи мустаҳками ҳуқуқӣ ғайриимкон аст. Қонунгузории ҳар як давлат меъёрҳо ва талаботҳоро дар самти ҳифзи меҳнат, бехатарии саноатӣ, ҳифзи табиат ва истифодаи оқилонаи захираҳои табиӣ муайян мекунад. Ин меъёрҳо барои пешгирии садамаҳо, кам кардани ифлосшавӣ ва таъмини саломатии аҳоли равона гардидаанд.

Иҷрои қатъии талаботи қонунгузорӣ имкон медиҳад, ки сатҳи хавф коҳиш ёбад ва рушди устувори ҷомеа таъмин гардад. Дар баробари ин, ҳамкориҳои байналмилалӣ дар соҳаи экология аҳамияти калон дорад, зеро мушкilotи экологӣ марз надоранд.

Омилҳои асосии хавф дар муҳити истехсолӣ. Муҳити истехсолӣ яке аз манбаъҳои асосии хавф барои инсон ба ҳисоб меравад. Дар корхонаҳо ва муассисаҳо омилҳои гуногуни зараровар мавҷуданд, ки метавонанд ба саломатии кормандон таъсири манфӣ расонанд.

Ба чунин омилҳо дохил мешаванд:

1. Омилҳои физикӣ (садо, ларзиш, ҳарорати баланд ё паст, радиатсия);
2. Омилҳои кимиёвӣ (газҳо, буғҳо, моддаҳои захролуд);
3. Омилҳои биологӣ (бактерияҳо, вирусҳо, занбӯруғҳо);
4. Омилҳои равонӣ (фишори равонӣ, стресс, ҳастагӣ).

Барои паст кардани таъсири ин омилҳо истифодаи таҷҳизоти муҳофизатӣ, автоматизатсияи равандҳо, назорати санитарӣ ва ташкили шароити мусоиди меҳнат зарур мебошад. Инчунин, муоинаи даври тиббӣ ва омӯзиши кормандон нақши муҳим мебошад.

Нақши технологияҳои муосир дар таъмини бехатарӣ ва ҳифзи экология. Пешрафти технология имконият медиҳад, ки сатҳи бехатарӣ ва ҳифзи муҳити зист беҳтар карда шавад. Технологияҳои «сабз» ва инноватсионӣ ба коҳиши партовҳо ва сарфаи захираҳо мусоидат мекунад.

Истифодаи чунин технологияҳо на танҳо муҳити зистро ҳифз мекунад, балки самаранокии иқтисодиро низ баланд мебардорад. Яке аз мушкilotи ҷиддии экологӣ афзоиши ҳаҷми партовҳои маишӣ ва саноатӣ мебошад. Партовҳои пластикӣ, моддаҳои кимиёвӣ ва дигар маводҳои вайроннашаванда ба муҳити зист зарари калон мерасонанд.

Ҳолатҳои фавқулода — ин вазъиятҳои мебошанд, ки ба ҳаёт ва саломатии одамон, инчунин ба муҳити зист хатари ҷиддӣ эҷод мекунад. Ба онҳо офатҳои табиӣ, садамаҳои техникӣ ва ҳолатҳои экологӣ дохил мешаванд.

Омодагӣ ба чунин ҳолатҳо бояд дар сатҳи давлатӣ ва инфиродӣ амалӣ гардад. Чораҳои асосӣ инҳоянд: таҳияи нақшаҳои эвакуатсия, ташкили машқҳои омӯзишӣ, таъмини воситаҳои муҳофизатӣ;

Нақши маориф ва тарбия дар рушди маърифати экологӣ. Маориф ва тарбия омилҳои муҳими ташаккули фарҳанги бехатарӣ ва экологӣ мебошад. Аз синни хурдӣ бояд ба кӯдакон муҳаббат ба табиат, эҳтиром ба муҳити зист ва масъулиятшиносӣ омӯзонида шавад.

Дар муассисаҳои таълимӣ омӯзиши фанҳои марбут ба экология ва бехатарии ҳаёт бояд дар сатҳи баланд ба роҳ монда шавад. Ташкили чорабиниҳои экологӣ, шанбегӣҳо, аксияҳои ниҳолшинонӣ ва озмунҳо метавонад ҳисси масъулияти иҷтимоиро тақвият бахшад.

Рушди устувор – кафили ояндаи бехатар. Мафҳуми рушди устувор ба чунин рушд ишора мекунад, ки нисбати насли имрӯзаро қонеъ сохта, имконияти наслҳои ояндаро маҳдуд намекунад. Ин маънои онро дорад, ки истифодаи захираҳои табиӣ бояд оқилона ва сарфакорона бошад.

Танҳо дар ҳолати нигоҳ доштани тавозун байни ин се самт метавон ба пешрафти воқеӣ ноил гардид.

Хулоса

Бехатарии фаъолияти ҳаёти инсон ва экология масъалаҳои ҳаётан муҳим мебошанд, ки ба саломатӣ, зиндагии осуда ва ояндаи ҷомеа таъсири бевосита мерасонанд. Пешгирии хавфҳо, истифодаи технологияҳои муосир, риояи меъёрҳои ҳуқуқӣ ва баланд бардоштани маърифати экологӣ заминаи асосии таъмини бехатарӣ мебошанд.

Ҳар як инсон бояд дарк намояд, ки муносибати ӯ ба муҳити зист ба ояндаи ҷомеа таъсир мерасонад. Бо муттаҳид соختани кӯшишҳои давлат, ҷомеа ва ҳар як шаҳрванд метавон муҳити солим, бехатар ва устуворро барои наслҳои оянда ҳифз намуд.

Адабиёт

1. Белова С.В. – Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/. БЗ9 С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С.В. Белова. 7-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 618 С.
2. Микрюков В.Ю. – Безопасность жизнедеятельности — Москва : Высшая школа, 2004. — 479 с.
3. Латчук В.Н., Миронов С.К. – Основы безопасности жизнедеятельности, базовый уровень. М.: Дрофа, 2018. 80 с.
4. Каримов, С. М. Асосноккунии омилҳои манбаҳои партов барои ҳисоб кардани паҳншавии газу чанги истеҳсолоти сементбарорӣ ба ҳавои атмосферӣ / С. М. Каримов, Ҳ. Б. Бобоев, Ҳ. Ш. Гулахмадов // Паёми политехники Бахши: Техника ва ҷомеа. – 2025. – №. 3(11). – Р. 21-27. – EDN LMWJHZ.
5. Отходы Душанбинской ТЭЦ-2 - сырье для производства стройматериалов / Ф. Х. Насруллоев, Х. Б. Бобоев, Х. Ш. Гулахмадов, М. М. Сафаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 1(41). – С. 291-304. – EDN XSBZID.
6. Эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха при модернизации электрофильтра к рукавному для снижения воздействия пыли на территории ОАО «Таджикцемент» / С. М. Каримов, Х. Б. Бобоев, С. Ж. Иброхимов, С. Ш. Самиев // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 2(2). – С. 9-13. – EDN CNKFOI.
7. Назаров, А. Ш. Экспертные методы определения угроз информационной безопасности / А. Ш. Назаров, И. Т. Ли, Д. А. Назаров // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 1(53). – С. 23-26. – EDN DIIOTY.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ЭКОЛОГИЯ

А.А. Ахмедова

(Негосударственное образовательное учреждение Института промышленности и услуг)

Аннотация. В данной работе рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности человека в условиях современного экологического состояния окружающей среды. Анализируется взаимосвязь между деятельностью человека и изменениями в природной среде, а также влияние экологических факторов на здоровье и безопасность населения. Особое внимание уделяется проблемам загрязнения воздуха, воды и почвы, техногенным рискам и мерам по снижению негативного воздействия на окружающую среду. Подчеркивается необходимость формирования экологической культуры и ответственного отношения к природе как основы устойчивого развития общества.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, экология, экологическая безопасность, окружающая среда, загрязнение, здоровье человека, устойчивое развитие, техногенные риски, природные ресурсы, охрана природы.

HUMAN LIFE SAFETY AND ECOLOGY

A. A. Akhmedova

(Non-state educational institution of the Institute of Industry and Services)

Abstract. Human life safety and ecology are closely interconnected fields that focus on protecting human health and preserving the natural environment. Life safety studies the prevention of accidents, natural disasters, industrial hazards, and other risks that may threaten human well-being. Ecology examines the relationships between living organisms and their environment, emphasizing the importance of sustainable use of natural resources. Modern environmental problems such as climate change, air and water pollution, and biodiversity loss directly affect human safety and quality of life. Therefore, ensuring environmental protection, promoting sustainable development, and increasing public awareness are essential for creating a safe and healthy future for humanity.

Keywords: human life safety, ecology, environmental protection, sustainable development, environmental pollution, climate change, natural resources, public health.

Маълумот дар бораи муаллиф

Ахмедова Аниса Аҳмадҷоновна - ассистенти кафедраи тиббӣ ва фарматсевтии Донишқадаи саноат ва хизматрасонӣ. E-mail – anisaahmedova1408agmail.com

УДК 504.3.054

ТАРКИБИ ҒИЗОӢ АНГАТ БА САЛОМАТИИ ИНСОН

Н.Ф. Раҳимов

(Донишгоҳи давлатии молия ва иқтисоди Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур таркиби кимиёвӣ ва ҳосиятҳои биологӣ-фаъоли гиёҳи ангат мавриди баррасӣ қарор гирифтааст. Ангат бо доштани миқдори зиёди витаминҳо (С, Е, К), каротиноидҳо, флавоноидҳо ва кислотаҳои рағғани муфид (Омега-3, 6, 7 ва 9) дар тиб ва саноати хӯрокворӣ мақоми махсус дорад. Муаллиф таъсири мусбати ин гиёҳро дар тақвияти низоми масуният, беҳтар кардани фаъолияти дилу рағҳо ва табобати захмҳои пӯст асоснок менамояд.

Калидвожаҳо: ангат, таркиби ғизоӣ, витаминҳо, саломатии инсон, антиоксидантҳо, тибби халқӣ, кислотаҳои рағғанӣ.

Дар пояи маълумотҳои илмӣ ва тадқиқотҳои гуногун (аз ҷумла аз манбаъҳои байналмилалӣ ва таҳқиқотҳои муосир), таркиби ғизоии ангат (меваҳои *Hippocae rhamnoides*) вобаста ба минтақа, навъ ва шароити муҳит фарқ мекунад. Дар Тоҷикистон (минтақаҳои кӯхӣ) витамини С ва антиоксидантҳо одатан зиёдтар ҳастанд.

Ҷадвал - Таркиби умумии ғизоии (дар 100г меваи тару тоза)

Моддаи ғизоии	Миқдор тақрибӣ)	%
Энергия (калория)	52-79ккал	3-4
Об	82	—
Сафедаҳо	0.9-3.1г	2-6
Чарбх(фатҳо)	2.5-5.0г	4-8
Карбогидратҳо(умуми)	2.2-11г	1-4
Қандҳо(сахарҳо)	4.45г	-99
Нахи ғизоӣ (fiber)	6.55г	-25

Яке аз масъалаҳои муҳими дар назди истеҳсолкунандагон истода ин истеҳсоли маҳсулоти ғизоии аз ҷиҳати экологӣ тоза ва илова бар ин барои саломатӣ безарар мебошад. Бинобар ин айна ҳол дар тамоми ҷаҳон барои таъмини аҳоли бо ғизои солим, ки организмро бо моддаҳои зарурии биологӣ таъмин мекунад, аз иловагиҳои ғизоӣ истифода мекунад. Ба сифати иловагиҳои ғизоӣ дар тамоми ҷаҳон аз моддаҳои кимиёӣ ва табиӣ, аз он ҷумла растаниҳо, истифода мекунад [1.с.56].

Дар вақти коркард ва истеҳсоли маҳсулоти хӯрока ранги табиӣ онҳо паст ё тағйир меёбад. Бинобар ин ҳангоми истеҳсол бисёр намуди маҳсулоти хӯрокаро ранг мекунад. Бо ин мақсад дар корхонаи истеҳсоли аз рангҳои синтетикӣ истифода мебаранд, дар ҳоле ки ин рангҳо барои организми инсон зарароваранд. Рангҳои синтетикӣ нисбат ба рангҳои табиӣ як қатор бартарияти технологӣ доранд. Онҳо ба коркардҳои ҳароратии технологӣ устуворанд ва рангҳои равшанро медиҳанд. Ба ғайр аз ин арзиши аслии рангҳои синтетикӣ назар ба рангҳои табиӣ хеле пасттар аст ва синтетикиро ба гурӯҳҳои зерин ҷудо мекунад:

Чадвали витаминҳо (рег 100г)

Витамин	Миқдор (тақриби)
Витамины С (аскорбин кислота)	200-600МГ(ДАР800+МГ)
Витамины Е(токоферол)	15-160МГ
Витамины К	110-230МКГ
Витамины А (аз каротиноидҳо)	ЗИЁД(В КАРОТИН)
Витаминҳои гуруҳи В	В1. В2. В6. ФОЛАТ

Ҳамаи онҳо дар намуди намакҳои натрий истифода мешаванд. Ҳалшавандагии хуб дар моеъҳо аз он ҷумла об,равған спирт ба истеҳсолкунандагон имконият медиҳад, ки онҳоро дар ранг намудани маҳсулоти ғизоӣ истифода баранд.Аммо барои ин ҳама рангҳои синтетикӣ меъёри муайяни истеъмоли муқаррар шудааст ва аз меёр зиёд истеъмоли он ба организм зарар оварда хатарнок мебошад. Бинобар ин аз ҷониби Ташкилотҳои умумиҷаҳонии тандурустӣ ва ҳифзи саломатии аҳоли қисми зиёди ин рангҳо барои истифода дар маҳсулоти ғизоӣ манъ шудаанд.

Аз ин сабаб дарёфти манбаъҳои равшанҳои ғизоӣ аз табиат, усулҳои ҳосилкунӣ ва истифодаи онҳо дар истеҳсоли маводи хӯрока яке аз масъалаҳои асосӣ муҳим мебошад,хусусан барои Ҷумҳурии Тоҷикистон,ки олами набототаш бой ва беҳамтост.

Мақсади ин тадқиқоти илмӣ омӯхтани усулҳои ҳосилкунӣ ва истифодаи рангҳои табиӣ дар истеҳсоли маводи хӯрока аз он ҷумла, дар истеҳсоли маҳсулоти ширӣ мебошад.Барои расидан ба ин ҳадаф дар кафедраи химия як қатор озмоишҳо ба роҳ монда шуданд [2.с.75].

Чадвал - Истеҳсолкунандагони асосӣ ва корхонаҳои маълум дар Тоҷикистон (аз маълумотҳои охирин то соли 2025-2026)

№ Номи корхона/соҳибкор	Минтақа ноҳия	Маҳсулоти асосӣ	Эзоҳҳои муҳим
1.ООО”гулчехра-80”	Ишқошим (вилояти хатлон)	Равғани ангат.сок.чойи оромбахш собун маҳсулотти тиббӣ то 12 намуд	Дар октябри 2024 Президенти Тоҷикистон Эмомали Раҳмон ифтитоҳ кард.Истеҳсоли солона то 500кг равшан. Аз меваҳои тозаи маҳаллӣ
2.ООО<<Био тех саноат>>	Данғара (вилояти Хатлон)	Рағани ангат (дар шишаҳои 250мл)	Маҳсулот бо штрих кодҳои тоҷикӣ фурухта мешавад барои истеъмол вва тиббӣ
3. Корхонаи маҳалли дар ишқошим (бо номи соҳибкор Доро Қаландаров)	Ишқошим	Равған.хокаи ангат.сок.чойҳои оромбахш. маҳсулоти нос. Шампун	Аз соли 2025 маҳсулот дар намоишгоҳҳои байналмилалӣ (масалан Берлин) пешниҳод кардаанд.
4.Корхонаи хурд ва соҳибкорони маҳаллӣ (дар Хоруғ ва Помир)	Хоруғ.ВМКБ	Равған.хокаи ангат.сок.маҳсулоти косметикӣ.	Аксаран истеҳсоли хонагӣ ё корхонаи хурд. Дар соли 2024-2025 технопаркҳо ва корхонаҳои нав кушода шуданд.
5.Гуп<<Ниҳолпарвар>>ва дигар ташкилотҳои давлатӣ	Ваҳдат ва дигар ноҳияҳо	Парвариши ангат ва чамбовари (на истеҳсоли маҳсулот)	Барои ниҳолҳо ва заминҳои кишт истифода мешавад, аммо коркарди пурра нест.

Ангат ҳамчун 3.56—8% қанд, то 2,6% кислотаҳои органикӣ, 2,64% моддаҳои даббоғӣ, то 9% равшани сурхтоб ё норанҷӣ, кверсетин ва изорамнетин, донакаш 240мг% каротиноидҳои ҳархела, ликонин, тараксантин, фитофинин дорад, дар мағзи донакаш 12—13% равшан, инчунин витаминҳои В1 (то 0,28мг%) В2(то 0,38мг%), Е ва Г (110—165мг%),каротин (40—100мг%) ҳаст. Барги ангат 8—9% (шоҳчаи наврустааш то 10%) моддаҳои даббоғӣ, кверсетин, изорамнетин,

миритсетин дорад. Табибони халқӣ ҷӯшоб ва оби меваи ангатро барои тақвияти кори узвҳои ҳозима, табобати илтиҳобу захми меъда, зангила, саратони сурхрӯда тавсия медиҳанд. Истеъмоли ҷӯшоби меваю барги ангат рехтани муй сарро бозмедорад. Ҷӯшоби донакаш мусҳил аст. Бо рағани ангат касалиҳои гуногуни пӯст, амрози занона, захми меъдаю рӯдаи дувоздахангуштaro табобат мекунад. Гарчанде барг, реша ва шохчаҳои буттаи ин растанӣ низ аз моддаҳои барои организм зарурӣ-витаминҳо, микроэлементҳо, тезобҳои органикӣ ва моддаҳои фаъоли биологӣ бой аст, аммо дар хочагии халқ мавриди истифода кам қарор гирифтаанд. Дар таркиби узвҳои номбурдаи ин растанӣ ба ғайр аз ин моддаҳо инчунин пигментҳо рангкунадҳои табиӣ низ мавҷуданд [3.с.34].

Бо мақсади ҳосил намудани ранги ғизӣ аз қисмҳои гуногуни гиёҳӣ ангат як қатор корҳои таҷрибавӣ дар озмоишгоҳи илмӣ кафедраи химия гузаронида шуданд.

Таҷқиқот оид ба ҳосил кардани ғизӣ аз растанӣ номбурда нишон доданд, ки дар таркиби барги ангат 25%, шохчаҳо 20% ва реша 15% ранги ғизӣ мавҷуд аст. Рангҳо бо усули экстраксия гузаронида шуд. Ба сифати экстрагент мо аз об, маҳлули гидрокарбонати натрий ва рағани растанӣ истифода бурдем. Рангҳо ба намуди хоҳаҳои хушк ва маҳлулҳои ғализ ҳосил шуданд.

Ҳосиятҳои физикийи химиявии рангҳои ҳосилшуда (ҳалшавӣ дар об ва ҳалкунандаҳои органикӣ,

Зичӣ, туршии фаъол, миқдори хушк, миқдори моддаҳои рангкунанда) омӯхта шуданд. Устувории моддаҳои ҳосилшуда, таъсири ҳарорат, муҳити маҳлул муҳлати гармкунӣ ба ранги онҳо муайян шуданд.

Адабиёт

1. Флора Таджикской ССР, П. Н. Овчинников. – Москва; Ленинград: Издательство академии наук СССР, 1957. – Том 1. Папоротникообразные. – 543 с.
2. Растения для декоративного садоводство Таджикистана. – М.: Наука, 1986, с. 273-274.
3. Ходжиматова М. Дикорастущие лекарственные растения Таджикистана // - Душанбе. - 1989. - 365с.

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ОБЛЕПИХИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Н.Ф. Рахимов

(Таджикского государственного финансового и экономического университета)

Аннотация. В данной статье рассматриваются химический состав и биоактивные свойства облепихи. Облепиха занимает особое место в медицине и пищевой промышленности благодаря высокому содержанию витаминов (С, Е, К), каротиноидов, флавоноидов и полезных жирных кислот (Омега-3, 6, 7 и 9). Автор обосновывает положительное влияние этого растения на укрепление иммунной системы, улучшение работы сердечно-сосудистой системы и заживление кожных повреждений.

Ключевые слова: облепиха, пищевой состав, витамины, здоровье человека, антиоксиданты, народная медицина, жирные кислоты.

NUTRITIONAL VALUE OF SEA BUCKTHORN FOR HUMAN HEALTH

N.F. Rahimov

(Tajik State University of Finance and Economics)

Abstract. This article examines the chemical composition and bioactive properties of sea buckthorn. Sea buckthorn holds a special place in medicine and the food industry due to its high content of vitamins (C, E, K), carotenoids, flavonoids, and essential fatty acids (Omega-3, 6, 7, and 9). The author highlights the positive impact of this plant on strengthening the immune system, improving cardiovascular functions, and healing skin lesions.

Keywords: sea buckthorn, nutritional composition, vitamins, human health, antioxidants, traditional medicine, fatty acids.

Маълумот дар бораи муаллиф

Раҳимов Н.Ф. - муаллими калони кафедраи фанҳои табиатшиносии Донишгоҳи давлатии молия ва иқтисоди Тоҷикистон. Mail. Farhuddin.2013@mail.ru Тел: (+992) 988 72 85 44

УДК 504.06:614.8

АРЗЁБИИ МИҚДОРИИ ХАТАР ДАР МУҲИТИ ЗИСТ ВА ҲИФЗИ БЕХАТАРИИ ИНСОН

Н.Қ. Рашидов

(ДПДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд)

Шарҳи мухтасар. Мақола ба масъалаи арзёбии миқдории хатар дар муҳити зист ва ҳифзи беҳатарии инсон бахшида шудааст. Натиҷаҳои тадқиқот нишон медиҳанд, ки фаъолияти инсон, истифодаи захираҳои табиӣ ва сӯзишворӣ ба афзоиши газҳои гулхонаӣ ва ифлосшавии ҳаво оварда мерасонад. Истифодаи моделҳои миқдорӣ, аз ҷумла формулаи Ресо, барои баҳодиҳии хавфи иқтисодии экологӣ нишон дод, ки ихроҷи газ аз 90–100 м² ба арзиши тахминии 1620 сомонӣ баробар аст ва метавонад ҳамчун асос барои банақшагирии чораҳои пешгирикунанда ва ҷорӣ намудани технологияҳои муосир дар саноат хизмат кунад. Ҳамчунин, истифодаи коэффитсиенти К барои арзёбии сатҳи консентратсияи моддаҳои зараровар нишон дод, ки сатҳи ифлосшавӣ 2,25 маротиба аз меъёр зиёд буда, метавонад ба саломатии кормандон таъсири манфӣ расонад.

Калидвожаҳо: арзёбии хатар, муҳити зист, газҳои гулхонаӣ, CO₂-эквивалент, консентратсияи моддаҳои зараровар, Ресо, коэффитсиенти К, беҳатарии инсон.

Муқаддима

Таъсири доимии инсон ба муҳити зист беасар наметавонад — табиат тағйир меёбад ва башарият ҳарчи бештар ба нуқтаи бозгаштнопазир наздик мешавад. Одамоне, ки аз ин мушкил нигаронанд, барои пешгирии рушди минбаъдаи бӯҳрони экологӣ тадбирҳои гуногун меандешанд.

Дар шароити ҷаҳонишавӣ ва рушди босуръати технологияи кишвар, масъалаи беҳатарии инсон ва ҳифзи муҳити зист ба яке аз самтҳои афзалиятноки сиёсати давлатӣ ва илм табдил ёфтааст. Афзоиши аҳоли, фаъолияти истехсолии инсон, истифодаи захираҳои табиӣ ва истифодаи энергияи табиат, боиси зиёд шудани таъсири антропогенӣ ба биосфера гардид. Мувофиқи маълумоти Созмони Ҷаҳонии Тандурустӣ (СҶТ), ифлосшавии ҳаво ҳамасола сабаби зиёда аз 7 миллион ҷави бемаҳал мегардад [6]. Ин мубрами омӯзиши масъалаҳои беҳатарии шароити иҷтимоиву экологии инсонро тасдиқ менамояд.

В.И. Вернадский инсонро ҳамчун «қувваи геологӣ» арзёбӣ намуда, таъкид намудааст, ки фаъолияти инсон метавонад равандҳои табииро дар миқёси глобалӣ тағйир диҳад [1]. Андешаи ӯ фаҳмиш оид ба заминаи назариявии беҳатарии экологиро ташкил медиҳад.

Беҳатарии фаъолияти инсон дар шароити муосири кунунӣ, маҷмуи чорабиниҳо ва тадбирҳои илмӣ-техникӣ мебошад, ки ба қоғиз додани таъсири омилҳои манфӣ дар сатҳи глобалӣ қарор дорад. Аз ғайри назарияи идоракунии хатар, сатҳи умумии хатар дар баҳодиҳии экологӣ аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад [7]:

$$R_{eco} = [P \times \sum_{i=1}^n (M \times GWP) \times CCO_2] \times K_s$$

ки дар ин ҷо: R_{eco} — хавфи иқтисодии экологӣ (сомонӣ);

P — эҳтимолияти ҳодиса;

M — массаи газ (тонна);

GWP — коэффитсиенти гармшавии глобалӣ (CO₂-экв.);

CCO_2 — арзиши иҷтимоии 1 т CO₂ (сомонӣ/т);

K_s — коэффитсиенти ҳассосияти экологӣ (1–3 вобаста ба минтақа).

Мисол: муайян шудааст, ки дар ҳолатҳои фавқулода сӯхтани 90–100 м² майдони корхонаи оддӣ ба биосфера тахмин CO₂ - 40 т; CH₄ - 5 т хориҷ мешавад. Истифода аз формулаи боло

ҳангоми коэффитсиентҳо чунин нишондод доштан: $GWPCO_2=1$; $GWPCN_4=28$ (100-солаи IPCC); $CCO_2 = 500$ сомонӣ/т (арзиши иҷтимоии карбон); $P=0,015$; $K_s=1,2$ (минтақаи саноатии миёна).
Табдил ба эквиваленти CO_2 :

$$CO_2 = (40 \times 1) + (5 \times 28)$$

Муайян кардани зарари экологӣ:

$$Leco=180 \times 500=90000 \text{ сомонӣ}$$

Ҳисоби хавфи интизорӣ:

$$Reco=0,015 \times 90000 \times 1,2 = 1620 \text{ сомонӣ}$$

Арзёбии илмӣ нишон медиҳад, ки дар ҳолати фавқулода бо эҳтимолияти 1,5% ва ҳаҷми хориҷи эквивалент CO_2 - 180 т, хавфи иқтисодии экологӣ ба **1620 сомонӣ** баробар мебошад. Натиҷаҳои ҳисобнамуда арзиши миёнаи интизоршавандаи зарари экологиро ифода мекунад ва метавонад ҳамчун асос барои банақшагирии чораҳои пешгирикунанда; муайян намудани самаранокии технологияҳои каммасраф; таҳияи сиёсати идоракунии хавфи экологӣ; баҳодиҳии иқтисодии ташкилотӣ истифода гардад. Ҳатто эҳтимолияти нисбатан паст метавонад ба зарари назаррас оварда расонад. Аз ин рӯ, принсипи пешгирӣ яке аз асоси ҳадафи экологӣ ба шумор меравад.

Brundtland G.H. дар назарияи «Ҷомеаи хатар» қайд мекунад, ки ҷомеаи индустриалӣ на танҳо неъмат, балки хатарро низ пайдо мекунад [4]. Яъне бо рушди технологӣ ҳамеша эҳтимолияти афзоиши хавфҳо вучуд дорад ва идоракунии онҳо вазифаи муҳими мутахассисон мебошад.

Яке аз нишондиҳандаҳои муҳими беҳатарии экологӣ – концентратсияи моддаҳои зараровар дар муҳит мебошад. Барои баҳодиҳӣ ба меёри коэффитсиенти зиёдшавӣ формулаи зерин истифода мешавад [2]:

$$K = \frac{KB}{KX}$$

дар ин ҷо: KB – концентратсияи воқеӣ ва KX – концентратсияи ҳадди иҷозатдодашуда.

Агар концентратсияи оксиди нитроген (NO_2) бо асбоби **Colorimetric tube муайян карда шуд, ки дар минтақаи саноатӣ он ба $0,09 \text{ мг/м}^3$ баробар аст, меёри иҷозатдодашуда $0,04 \text{ мг/м}^3$ мебошад, пас:**

$$K = \frac{0,090}{0,04} = 2,25$$

Ин нишон медиҳад, ки сатҳи ифлосшавӣ 2,25 маротиба аз меёр зиёд буда, метавонад ба саломатии одамони дар истеҳсолот фаъолият бурдаистода таъсири манфӣ расонад.

Барри Коммонер яке аз қонунҳои асосии экологияро чунин ифода кардааст: «Ҳама чиз бо ҳама чиз дар табиат алоқаманд аст» [3]. Ин маънои онро дорад, ки ифлосшавии ҳаво метавонад ба ифлосшавии хок ва об оварда расонад, ки тавассути занҷири ғизӣ ба инсон таъсир мерасонад.

Агар истеъмоли солони захираҳо аз қобилияти барқароршавии табиат зиёд бошад, вайроншавии тавозунии экологӣ ба вучуд меояд. Дар гузориши Комиссияи ҷаҳонии муҳити зист ва рушд таъкид шудааст, ки рушди устувори муосир бояд ниёзҳои имрӯзаи ҷомеаро таъмин намуда, имконияти экологии сиҳатро барои наслҳои оянда таъмин намояд [4].

Тағйирёбии иқлим яке аз хатарҳои глобалии муосир мебошад. Афзоиши концентратсияи газҳои гулхонавӣ (CO_2 , CH_4) боиси баланд шудани ҳарорати миёнаи глобалӣ мегардад. Мувофиқи маълумоти байналмилалӣ, ҳарорати миёнаи Замин дар муқоиса бо давраи пешазсаноатӣ зиёда аз $1^\circ C$ баланд шудааст. Ин раванд ба хушксолӣ, камобӣ ва коҳиши ҳосилнокии оварда мерасонад [8].

Ҳисоби ҳаҷми ихроҷи моддаҳо чунин муайян мешавад:

$$E=Q \times K_p$$

дар ин ҷо: E – ҳаҷми хориҷшавии газ (тонна);

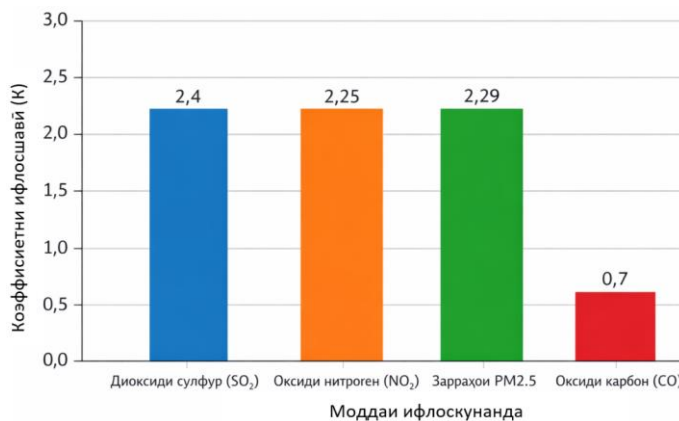
Q – истеъмоли сӯзишворӣ;

K_p – коэффитсиенти хориҷ.

Агар корхона 10000 тонна сӯзишворӣ истифода бурда, $K_p = 2,5$ т CO_2 /т бошад, ҳаҷми онро чунин муайян менамоем:

$$E = 10000 \times 2,5 = 25000 \text{ тонна } \text{CO}_2$$

Тибқи натиҷаҳои муайяншуда, ки аз расм дида мешавад SO_2 ($K = 2,4$), NO_2 ($K = 2,25$) ва $\text{PM}_{2,5}$ ($K \approx 2,29$) сатҳи ифлосшавӣ аз 2 маротиба аз меъёри иҷозатдодашудаи СанПин зиёд мебошад [9, 10]. Ин нишондиҳандаҳо хавфи экологиро нишон медиҳанд. Танҳо барои CO ($K = 0,7$) сатҳ аз меъёр пасттар аст. Ин нишон медиҳад, ки назорати сарфи энергия ва гузариш ба манбаҳои барқароршаванда аҳамияти стратегӣ дорад.



Коэффициенти ифлосшавӣ бо моддаҳои зараровар

Таҳлили илмӣ нишон медиҳад, ки беҳатарии фаъолияти инсон бевосита ба ҳолати экологӣ вобаста мебошад. Назарияҳои Вернадский, Коммонер, Бек ва Брундтланд асоси методологии фаҳмиши муносири ин равандро ташкил медиҳад. Ҳисоби микдорӣ (арзёбии хатар, коэффициентҳои ифлосшавӣ, самаранокии истифодаи захираҳо) имконият медиҳанд, ки сатҳи хатар ба таври илмӣ муайян карда шавад. Танҳо тавассути татбиқи технологияҳои каммасраф, мониторинги доимӣ ва риояи принципҳои рушди устувор метавон муҳити солим ва амнияти фаъолияти инсонро таъмин намуд.

Адабиёт

1. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1986. – 261 с.
2. Каплан С., Гаррик Б.Дж. Количественное определение риска // Risk Analysis. – 1981. – Т. 1. – № 1. – С. 11–27.
3. Commoner B. The Closing Circle: Nature, Man, and Technology. – New York: Alfred A. Knopf, 1971. – 326 p.
4. Brundtland G.H. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. – Oxford: Oxford University Press, 1987. – 383 p.
5. Beck U. Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne. – Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1986. – 391 s.
6. World Health Organization. Air Pollution and Health. – Geneva: WHO, 2018. – URL: <https://www.who.int> (санади электронӣ).
7. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. – Cambridge: Cambridge University Press, 2021. – 291 p.
8. United Nations Environment Programme. Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability. – Nairobi: UNEP, 2018. – 90 p.
9. СанПиН 2.1.6.1032–01 “Гигиенические требования к чистоте атмосферного воздуха населённых мест”.
10. Назаров, А. Ш. Экспертные методы определения угроз информационной безопасности / А. Ш. Назаров, И. Т. Ли, Д. А. Назаров // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 1(53). – С. 23-26. – EDN DIIOTY.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКА В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Рашидов Н.Ҷ.

(ДПДТТ имени академика М.С. Осими в городе Худжанд)

Аннотация. Статья посвящена количественной оценке риска в окружающей среде и обеспечению безопасности человека. Результаты исследований показывают, что деятельность человека, использование природных ресурсов и топлива приводят к увеличению выбросов парниковых газов и загрязнению воздуха. Применение количественных моделей, включая формулу Ресо для оценки экономического экологического риска, показало, что выбросы газа с площади 90–100 м² соответствуют ориентировочной стоимости 1620 сомони и могут служить основой для планирования профилактических мер и внедрения современных технологий в промышленности. Использование также коэффициента К для оценки уровня концентрации вредных веществ показало, что уровень загрязнения превышает норматив в 2,25 раза и может негативно влиять на здоровье работников.

Ключевые слова: оценка риска, окружающая среда, парниковые газы, CO₂-эквивалент, концентрация вредных веществ, Ресо, коэффициент К, безопасность человека.

QUANTITATIVE RISK ASSESSMENT IN THE ENVIRONMENT AND HUMAN SAFETY

Rashidov N.J.

(DPDTT named after academician M.S. Osimi in the city of Khujand)

Abstract. The article is devoted to quantitative risk assessment in the environment and human safety. Research results indicate that human activities, the use of natural resources, and fuel consumption contribute to increased greenhouse gas emissions and air pollution. The application of quantitative models, including the Reco formula for estimating economic environmental risk, showed that gas emissions from an area of 90–100 m² correspond to an estimated value of 1,620 somoni and can serve as a basis for planning preventive measures and implementing modern industrial technologies. The use of the K coefficient to assess the level of harmful substance concentration revealed that pollution levels exceed the standard by 2.25 times, potentially negatively affecting the health of workers.

Keywords: risk assessment, environment, greenhouse gases, CO₂-equivalent, harmful substance concentration, Reco, K coefficient, human safety.

Маълумот дар бораи муаллиф

Рашидов Наим Чалолович — д.и.к., дотсент, мудири кафедраи агротехнология ва экологияи саноати ДПДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Хучанд. Маълумоти шахсӣ: E-mail: n.rashidov70@gmail.com

УДК 504

МУҚОИСАИ УСУЛҲОИ МУСТАҲКАМ КАРДАНИ СУТУНҲОИ ОҲАНУ БЕТОНӢ АЗ НУҚТАИ НАЗАРИ САМАРАНОКИИ ИҚТИСОДИӢ

Ш. Ибодуллозода, Х.Б. Додочонов

(ДПДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Тавре ки таҷриба нишон медиҳад интиҳоби ниҳони усули мустаҳкамсозии конструкцияҳои оҳану бетонӣ аз таъсири шумораи зиёди омилҳо вобаста мебошад, ки ҳам имкониятҳои техникӣ ва ҳам самаранокии иқтисодии ҳар як усули маълуми мустаҳкамсозиро дар бар мегиранд. Сохтмони муосир усулҳои нави мустаҳкамсозиро талаб мекунад, ки имконоти кам кардани меҳнатталабӣ ва вақти иҷрои корҳои сохтмониро фароҳам

оварда, ҳамзамон, симои меъмории бинои сохташаванда ва ё барқароршавандаро нигоҳ доранд. Монеаи асосӣ арзиш ва эътимоднокии ин усулҳои нави мустаҳкамкунӣ мебошад.

Калидвожаҳо: бетон, оҳану бетон, масолеҳи композитӣ, углепластик, деформатсияҳо, унсурҳои фишорпазир.

Мукаддима

Дар даҳ соли охир яке аз технологияҳои маъмултарини сохтмони биноҳои истиқоматӣ ва ҷамъиятӣ сохтмони монолитӣ ба ҳисоб меравад. Технологияҳои муосир имкон медиҳанд, ки биноҳо бо болопушҳои беболор тарҳрезӣ ва сохта шаванд, ки онҳо ба сутунҳои оҳану бетонӣ таъя мекунанд [1]. Саноати масолеҳи сохтмонӣ яке аз соҳаҳои асосии хоҷагии халқ ба ҳисоб меравад.

Ин ҳалли техникӣ имконият медиҳад, ки қарорҳои меъмории пурра амалӣ гардида, фазои дохилии бино мувофиқи хоҳиши фармоишгар аз нав тағйир дода шавад.

Барои сохтмони манзил, рушди саноат, иншоотҳои гидротехникӣ, маданияи маишӣ, нақлиёт микдори зиёди намудҳои гуногуни масолеҳи сохтмонӣ лозим аст [2]. Бо сабаби нокифоя будани технологияи иҷрои қорҳои бетонӣ, технологияи сохтмони монолитӣ аксар вақт хавфи паст шудани мустаҳкамии бетонро дар конструксияҳо ба миён меорад [3]. Ин ҳолат бо таъсири омилҳои беруна аз қабилӣ бетонрезӣ дар шароити иқлими гарм [3] ё баръакс, дар ҳароратҳои манфӣ [4], мушкилиҳои интиқоли бетон ба қолаб [5], иҷрои босифати вибратории он [6] ва ғайра вобаста мебошад. Ҳолатҳои таъсири омилҳои субъективӣ низ кам нестанд, ки бо ҳатогиҳои қарорҳои сохтмон алоқаманданд.

Ҳамаи ин боиси дуршавӣ аз қарорҳои лоиҳавӣ гардида, дар натиҷаи ҳулосаҳои таҳлили техникӣ биноҳо зарурати иваз ё мустаҳкамсозии конструксияҳо ба миён меорад.

Тавре таҷриба нишон медиҳад дар унсурҳои ба ҳамиш дучоршаванда, аз ҷумла дар болопушҳои бебалка [7, 8], минтақаи фишорпазири бетон ҳамеша дорои захираи мустаҳкамӣ мебошад. Аз ин рӯ усулҳои маъмултарини мустаҳкамсозӣ арматурабандии иловагии минтақаи кашишёфта ба ҳисоб меравад. Ба ибораи дигар паст шудани мустаҳкамии бетон дар чунин конструксияҳо на ҳамеша боиси зарурати мустаҳкамсозии бомпуш мегардад.

Аммо нисбат ба конструксияҳои борбардори фишорпазир, ки дар онҳо сутунҳо нақши асосӣ доранд, паст шудани мустаҳкамии бетон мустақиман ба паст шудани қобилияти борбардории конструксия оварда мерасонад.

Аксари сутунҳои биноҳои монолитӣ бо болопушҳои беболор дар ҳолати фишори марказӣ ё бо эксцентриситети хурди таъсири бор қор мекунанд [9]. Ҳамчунин бояд ба назар гирифт, ки сутунҳо бо болопуш пайвастагии сахт доранд, ки дар натиҷа ҳисоби равоқҳои сутунҳо ду маротиба кам мегарданд ва дарозии нисбатан хурди онҳо имкон медиҳад то ҳулоса барорем, ки таъсири чандирӣ ба қобилияти борбардории конструксия аҳамияти ҷиддӣ надорад [10]. Ҳамаи ин боис мегардад, ки барои сутунҳои бинои монолитӣ мустаҳкамии конструксия асосан аз қобилияти ҳамҷояи борбардории бетон ва арматура ҳангоми фишори меҳварӣ муайян карда шавад.

Аз миёни усулҳои маъмули мустаҳкамсозӣ бештар усулҳои анъанавӣ, ки ба истифодаи оҳану бетон ва фулуз асос ёфтаанд, маъмул мебошанд. Аз усулҳои нави арматурабандии берунии композитӣ торафт маъруфият пайдо мекунад. Ҳар як усули мустаҳкамсозӣ дорои афзалиятҳо ва нуқсонҳои худ мебошад.

Ҳадафи ин таҳқиқоти илмӣ муайян кардани усули муассиртарин барои мустаҳкам кардан ё барқарор кардани қобилияти борбардории сутунҳои оҳану бетони фишурдашуда мебошад.

Барои таҳқиқот сутун бо дарозии 3 м, буришии 40×40 см ва арматураи дохилӣ 4Ø25 А500 интихоб карда шуд.

Барои фаҳмиши моҳияти таҳқиқоти илмӣ, дар поён намунаи ҳисобҳои мустаҳкамсозии сутун бо се усул ҳангоми коэффитсиенти мустаҳкамсозӣ 1,5 мутобиқи ҳуҷҷатҳои меъёрии амалкунанда СП 164.1325800.2014 ва СП 63.13330.2018 оварда шудаанд.

Ҳангоми таҳқиқот сутуни буришаш 40×40 см, бо дарозии 3 м, синфи бетон В25 ($R_b=14.5$ МПа), Синфи арматураи тулӣ: А500 ($R_{sc}=400$ МПа), $a=3$ см. Қабати муҳофизатӣ 4Ø28 А500 ($A_s, tot=24,63\text{см}^2$) интихоб шудааст.

Ҳисоб кардани унсурҳои мустаҳкамсозии сутуни оҳану бетонӣ бо қабати иловагии оҳану бетонӣ:

Қобилияти борбардории буриши мавҷударо муайян мекунем:

Ҳангоми пайвасти саҳт:

$$l_0 = 0.5l = 0.5 \cdot 3 = 1.5 \text{ м.}$$

$$\lambda_h = 150/40 = 3.75,$$

$$\text{Аз ин рӯ: } \varphi = 1.$$

$$N_{outl} = \varphi \cdot [R_b \cdot A_b + R_{sc} \cdot A_{s,tot}] \quad (1)$$

$$N_{outl} = 1 \cdot [145 \cdot 40 \cdot 40 + 4000 \cdot 24,63] = 330520 \text{ кг} \cdot \text{с}$$

$$k_{yc} = N_{outl} \cdot 1.5 \quad (2)$$

$$k_{yc} = 330520 \cdot 1.5 = 495800$$

Масоҳати буриши қабати иловагии оҳанубетониро муайян мекунем:

$$A_{b,ad} = \frac{\left[\frac{N}{\varphi} - R_b \cdot A_b - R_{sc} \cdot A_{s,tot} \right]}{R_b - 0,01 \cdot R_{sc}} \quad (3)$$

$$A_{b,ad} = \frac{\left[\frac{495800}{1} - 145 \cdot 40 \cdot 40 - 4000 \cdot 24,63 \right]}{145 + 0,01 \cdot 4000} = 893 \text{ см}^2$$

Мо ғафсии қабати иловагии оҳанубетониро муайян мекунем:

$$d = \frac{b+h}{4} + \frac{1}{4} \cdot \sqrt{(b+h)^2 + 4 \cdot A_{b,ad}} \quad (4)$$

$$d = \frac{40+40}{4} + \frac{1}{4} \cdot \sqrt{(40+40)^2 + 4 \cdot 893} = 5 \text{ см} = 5 \text{ см} < d = 6,0 \text{ см}$$

Мо ғафсии қабати иловагии оҳанубетониро бо ҳисобҳои конструктивӣ чунин қабул мекунем: $d = 6,0 \text{ см}$.

- масоҳати воқеии буриши қабати иловагии оҳанубетонии сутун

$$A_{b,ad}^{\text{факт}} = 2 \cdot b \cdot d + 2 \cdot h \cdot d + 4 \cdot d^2 \quad (5)$$

$$A_{b,ad}^{\text{факт}} = 2 \cdot 40 \cdot 6 + 2 \cdot 40 \cdot 6 + 4 \cdot 6^2 = 1104 \text{ см}^2$$

- масоҳати арматураи иловагӣ:

$$A_{s,ad} = 0,01 \cdot A_{b,ad} \quad (6)$$

$$A_{s,ad} = 0,01 \cdot 1104 = 11,04 \text{ см}^2$$

Қабул мекунем: 4Ø16 A500

$$A_{sw,ad} = 8,04 \text{ см}^2$$

Қадами арматураи уфуқии синфи A240 аз рӯйи се шарт қабул карда мешавад:

$$S = 15d_s = 15 \cdot 12 = 180 \text{ мм}$$

$$S = 3d = 3 \cdot 60 = 180 \text{ мм}$$

$$S = 150 \text{ мм}$$

Қабул карда мешавад: $s = 150 \text{ мм}$.

Ҳисоби унсурҳои мустаҳкамсозии сутуни оҳанубетонӣ бо қабати иловагии оҳанубетонӣ:

Варианти мустаҳкамсозии сутун бо қабати иловагии оҳанубетонӣ аз пулоди навъи ВСт3пс6 (синфи С235) бо пластинаҳои пайваस्तкунандаи қабул карда мешавад.

$$R_y = R_{sc} = 215 \text{ МПа} \quad (7)$$

Кунҷакҳо дар маҳлули сементу қум бо часпиши зич дар тамоми дарозӣ ба сутун насб карда мешаванд. Кунҷак танҳо дар қитъаҳои байни пластинаҳо ҳам шуда метавонад.

– масоҳати буриш аз чор кунҷак ҳангоми $\varphi = 1$:

$$A_{s,ad} = \frac{\left[\frac{N}{\varphi} - R_b * A_b - R_{sc} * A_{s,tot} \right]}{R_{sc,ad}} \quad (8)$$

$$A_{s,ad} = \frac{\left[\frac{495800}{1} - 145 * 40 * 40 - 4000 * 24,63 \right]}{2150} = 76,87 \text{ см}^2$$

– масоҳати буриши як кунҷак:

$$A_{s,ad1} = \frac{A_{s,ad}}{4} = 19,2 \text{ см}^2$$

Қабул карда мешавад: 4L125×8, ки барои онҳо:

$$A_{s,ad1} = 19,2 \text{ см}^2$$

$$A_{s,ad,tot} = 78,8 \text{ см}^2$$

$$i_x = 3,9 \text{ см}^2$$

Масофа байни меҳварҳои пластинаҳо набояд аз чандирии ҳадди аксар

$\lambda_i = 40$ зиёд бошад.

$$L = 40x_i \quad (9)$$

$$L = 40x_i = 40 * 3,9 = 156 \text{ см}$$

Аз рӯи талаботи конструктивӣ қабул мекунем: $L = 40$ см.

Паҳнои сатҳ аз рӯи мулоҳизаҳои конструктивӣ 8 см қабул карда мешавад, бинобар ин масофаи ҳолис байни шохаҳои кунҷак дар байни сатҳҳо:

$$L - 8 \text{ см} = 40 - 8 \text{ см} = 32 \text{ см}$$

Чандирии воқеии шоҳаи кунҷак:

$$\lambda = \frac{L}{i_x} \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{32}{3,9} = 8,2$$

Қабул мекунем: $\varphi = 0,99$

Қобилияти борбардории сутуни оҳанубетонӣ, ки бо қабати иловагии фулузӣ мустаҳкам карда шудааст:

Ҳангоми $\varphi = 1$:

$$N_{outl} = \varphi * [R_b * A_b + R_{sc} * A_{s,tot} + \varphi_1 * R_{sc,ad} * A_{s,ad,tot}] \quad (11)$$

$$N_{outl} = 1 * [145 * 40 * 40 + 4000 * 24,63 + 0,99 * 2150 * 78,8] = 498245,8 \text{ кгс} > N_{ad} = 495800 \text{ кгс}$$

Муайян кардани арзиши талабшудаи мустаҳкамии бетон, ки дар ҳолати шиддати мураккаб кор мекунад:

$$R_{b3}^{трёб} = \frac{\left[\frac{N}{\varphi} - R_{sc} * A_{s,tot} \right]}{A_b} \quad (12)$$

$$R_{b3}^{трёб} = \frac{\left[\frac{495800}{1} - 4000 * 24,63 \right]}{1592} = 249 \text{ кгс/см}^2$$

Дар ин ҷо

$$A_b = b * b - 2 * r * r = 40 * 40 - 2 * 2 * 2 = 1592 \text{ см}^2$$

–афзоиши мустаҳкамии бетон ҳангоми насби қабати иловагии пурра:

$$R_{bf} = R_{b3}^{трёб} - R_{bn} = 249 - 145 = 104 \text{ кгс/см}^2$$

– коэффитсиенти арматурагузории уфуқии композитӣ:

$$\mu_f = \frac{R_{bf}}{k_{ef} * k_b * R_f} \quad (13)$$

$$k_{ef} = 1 - \frac{(b-2r)^2 + (h-2r)^2}{2b * h} \quad (14)$$

$$k_{ef} = 1 - \frac{(40 - 2 * 2)^2 + (40 - 2 * 2)^2}{2 * 40 * 40} = 0,19$$

Ҳангоми ҳисоб барои қабати иловагии яклухт коэффитсиенте, ки мавҷудияти қатшавиҳоро дар сатҳ ба инобат мегирад $k_e=1$ қабул мегардад.

-муқовимати ҳисобии маводи композитӣ дар кашиш ҳангоми коэффитсиенти $\gamma_{f2} = 1,0$

$$R_f = \frac{\gamma_{f1} * \gamma_{f2} * R_{fn}}{\gamma_f} \quad (15)$$

$$R_f = \frac{\gamma_{f1} * \gamma_{f2} * R_{fn}}{\gamma_f} = \frac{0,95 * 1,0 * 3790}{1,2} = 30000 \text{ кгс/см}^2$$

$$\mu_f = \frac{104}{0,19 * 1,0 * 30000} = 0,0182$$

– масоҳати буриши арматураи композитӣ:

$$A_f = \mu_f * A_b \quad (16)$$

$$A_f = \mu_f * A_b = 0,0182 * 1592 = 29 \text{ см}^2$$

– периметри буриши корӣ, ки бояд мустаҳкам карда шавад:

$$U_f = 2(b + h - 4r) \quad (17)$$

$$U_f = 2(b + h - 4r) = 2(40 + 40 - 4 * 2) = 144 \text{ см}$$

– шумораи қабатҳои иловагӣ бо ғафсии $t=0,27 \text{ мм}$:

$$n_f = \frac{A_f}{U_f * t_f} \quad (18)$$

$$n_f = \frac{A_f}{U_f * t_f} = \frac{29}{144 * 0,027} = 7,45 \text{ қабат}$$

Қабул карда мешавад: 8 қабат.

Ё ҳангоми истифодаи маводи КБ 900 бо ғафсии $t=0,48 \text{ мм}$:

$$n_f = \frac{A_f}{U_f * t_f} = \frac{29}{144 * 0,048} = 4,1 \text{ қабат}$$

Қабул карда мешавад: 4 қабат.

Натиҷаҳои ҳисоб:

Қабати иловагии оҳанубетонӣ бо андозаҳо аз рӯи талаботи конструктивӣ қабул карда мешавад.

Ғафсии қабати набетон: 6 см, арматураи тулӣ: 4, Ø16 A500, ки тақрибан 1% аз масоҳати набетонро ташкил медиҳад. Барои мустаҳкамсозии як сутун: 0,33 м³ бетон зарур аст. Арзиши умумӣ бо назардошти нархи чаканаи арматура ва бетон (мувофиқи нархи бетон дар ш. Хучанд) 410 сомонӣ.

Аз нуқтаи назари масрафи маводҳо, қабати иловагии оҳанубетонӣ самараноктарин усули мустаҳкамсозӣ ба ҳисоб меравад. Варианти мустаҳкамсозӣ бо қабати иловагии фулузӣ нишон дод, ки барои ҳар сутун бояд 4 кунҷакҳои фулузӣ бо паҳнои 125 мм ва ғафсии 8 мм насб карда шавад. Ҳамчунин пластинкаҳои уфуқӣ полосаҳо бо паҳнои 8 см бо қадами 40 см истифода мешаванд. Ҳамагӣ 12 м кунҷакҳо ва 11 м полосаҳо лозим мешаванд.

Ҳамчунин бояд ба назар гирифт, ки вазни кунҷақҳои фулузӣ тақрибан 45 кг мебошад, ки ин равандро барои истеҳсоли системаи мустаҳкамкунии фулузӣ хеле мушкул мекунад.

Мустаҳкамсозии композитӣ имкон медиҳад, ки қобилияти борбардории конструкция Ҳангоми коэффитсенти мустаҳкамсозӣ бо истифодаи 8 қабати торҳои карбонӣ (ғафсии 0,27 мм) ё 4 қабат (ғафсии 0,48 мм) таъмин карда шавад.

Ҳаҷм ва арзиши маводи истифодашаванда ба шумораи қабатҳо ва миқдори часпанда вобаста аст. Аммо нархи торҳои карбонӣ бо ғафсӣ мутаносиб нест, бинобар ин ду варианти мустаҳкамсозии композитӣ ҳисоб карда мешаванд.

Аз нуктаи назари масрафи маводҳо, мустаҳкамсозии композитӣ гарантарин усул ба ҳисоб меравад.

Бар асоси маълумоти гирифташуда ва таҳлилҳои анҷомшуда, метавон хулосаҳои зеринро баровард:

1. Ҳамаи усулҳои мустаҳкамсозии тавсифшуда дар ин мақола имкон медиҳанд, ки мустаҳкамии сутун бо коэффитсиенти мустаҳкамсозӣ 1,5 афзоиш дода шавад.

2. Аз рӯи арзиши маводи мустаҳкамсозӣ, самараноктарин ва арзонтарин усул қафаси оҳанубетонӣ мебошад, дар ҳоле ки мустаҳкамсозии композитӣ аз усулҳои дигари мавҷуда бо арзиши хеле баланд фарқ мекунад.

3. Ба арзиши корҳои мустаҳкамсозӣ танҳо маводҳо дохил намешаванд, балки маҳорати кор, интиқол ба объект, иҷораи қолаб, кран ва дигар хароҷотҳо низ ба ҳисоб гирифта мешаванд.

4. Дар кор намунаҳои ҳисоб барои як сутун бо як коэффитсиенти мустаҳкамсозӣ баррасӣ шудаанд. Барои гирифтани тасвири пурра, бояд шумораи коэффитсиентҳои мустаҳкамсозӣ зиёд ва муқоисаи иқтисодӣ барои шумораи бештари конструксияҳо анҷом дода шавад. Ин кор дар оянда иҷро хоҳад шуд.

5. Натиҷаҳои ҳисобҳои мустаҳкамсозии композитӣ нишон доданд, ки масоҳати қиёси уфуқии маводи мустаҳкамкунанда хеле калон аст, ки ба арзиши баландии маводҳо оварда расонидааст. Бо дарназардошти маълумоти эксперименталӣ ва корҳои анҷомшуда барои тақмил додани аппарати ҳисобӣ [11–13], муаллифони ин кор дар оянда пешниҳодҳо барои тақмили ҳисобҳои унсурҳои фишорпазир ва ҷустуҷӯи усулҳои нави мустаҳкамсозӣ таҳия хоҳанд кард.

Адабиёт

1. Пхай П. Эффективность железобетонных монолитных безбалочных перекрытий при строительстве каркасных гражданских зданий // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 2485-2489.

2. Расулов О.Р., Ибодуллозода Ш., Рахимов А.А. Хусусиятҳои дарси лексионӣ ва ташкили он дар донишгоҳи техникӣ бо истифода аз усулҳои инноватсионии таълим ҳангоми омӯзиши фаннимасолеҳи сохтмонӣ // Паёми донишгоҳи милли Тоҷикистон. Расулов О.Р., Ибодуллозода Ш., Рахимов А.А. №8, 2024. С.242-249.

3. Попов Р.А. Экономико-технологические проблемы и перспективы сборно-монолитного домостроения // Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. 2020. С. 166-173.

3. Баскаков К.О. Особенности бетонирования при строительстве высотных зданий в условиях сухого жаркого климата // StudNet. 2020. Т. 3. № 5. С. 425-431.

4. Чернова А.Р., Пыжьянова Д.В., Терехов И.Г. В Бетонирование в условиях отрицательных температур // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук. Материалы Международной научно-технической конференции Памяти В. Х. Хамаева. 2016. С. 148-150.

5. Солодкова Е.В. Особенности транспортировки товарного бетона в РФ // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. Материалы Пятидесятой научной и учебно-методической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 210-213.

6. Максимович С.В. Факторы, влияющие на прочность бетона монолитных конструкций // Современные строительные материалы и технологии. Сборник научных статей II международной конференции. Под редакцией М. А. Дмитриевой. 2020. С. 47-63.

7. Спирин А.С. Способы усиления монолитных безбалочных перекрытий // Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов/института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. Москва, 2021. С. 335-337.

8. Болгов А.Н. Работа узлов сопряжения колонн из высокопрочного бетона с перекрытием в монолитных зданиях с рамно-связевой системой // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2005. С.24.

9. Абрамян С.Г., Гнатюк Д.В. Сборные и сборно-монолитные каркасные системы высотных зданий с плоскими плитами перекрытия // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9. № 1. С. 83. URL: naukovedenie.ru/PDF/83TVN117.pdf

10. Кулебякин И.Н., Торошин А.С. Восстановление монолитных колонн в каркасных зданиях // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017). сборник статей. Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. Вятский государственный университет. 2017. С. 1385-1389.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Ш. Ибодуллозода, Х.Б. Дододжонов
(ДПДТТ имени академика М.С. Осими в городе Худжанд)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы выбора рационального метода усиления железобетонных конструкций с учётом совокупности технических и экономических факторов. Показано, что окончательное решение о применении того или иного способа усиления зависит от конструктивных особенностей элемента, условий эксплуатации, технологических возможностей и стоимостных показателей. Отмечается, что современное строительство ориентировано на внедрение инновационных технологий усиления, обеспечивающих снижение трудоёмкости и сокращение сроков производства работ при сохранении архитектурного облика зданий и сооружений.

Ключевые слова: бетон, железобетон, композитные материалы, углеродное волокно, деформации, сжимаемые элементы

COMPARISON OF METHODS FOR STRENGTHENING REINFORCED CONCRETE COLUMNS FROM THE PERSPECTIVE OF ECONOMIC EFFICIENCY

Sh. Ibodullozoda, Kh.B. Dodojonov
(DPD TT named after academician M.S. Osimi in the city of Khujand)

Abstract. This article examines the selection of rational strengthening methods for reinforced concrete structures, taking into account a combination of technical and economic factors. It is shown that the final decision regarding the application of a particular strengthening technique depends on structural characteristics, service conditions, technological feasibility, and cost indicators. Modern construction practices increasingly focus on innovative strengthening technologies that reduce labor intensity and construction time while preserving the architectural appearance of buildings and structures. Special attention is given to the issues of cost and reliability of modern strengthening methods.

Keywords: concrete, reinforced concrete, composite materials, carbon fiber, deformations, compressible elements

Маълумот дар бораи муаллифон

Ибодуллозода Шоира – асситенти кафедраи сохтмони ДПДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. Маълумоти шахсӣ. E-mail: ibodullozoda92@mail.ru

Додочонов Хушдил Бахтиёрҷонович – асситенти кафедраи сохтмони ДПДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. Маълумоти шахсӣ: E-mail: khushdildodjonov@gmail.com

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭВАКУАЦИИ ПАЦИЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

¹Х.Ф. Ходжамурод, ¹С.Р. Раҳматшозода, ²Д.С. Азимов

(¹Академия Министерства внутренних дел Республики Таджикистан

²ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Безопасность эвакуации людей из медицинских учреждений в случае пожара - вопрос, требующий особого внимания. Особенно важно обеспечить спасение пациентов, которые из-за своего состояния не могут самостоятельно эвакуироваться. В рамках исследования рассматриваются методы повышения безопасности эвакуации в медицинских учреждениях, с упором на разработку индивидуальных планов эвакуации и использованием цифрового двойника здания для оптимизации процесса эвакуации.

Ключевые слова: безопасность эвакуации, индивидуальные планы эвакуации, цифровой двойник здания, медицинские учреждения, система мониторинга.

Введение

Медицинские учреждения, такие как больницы, поликлиники и лаборатории, выполняют важную роль в обществе, предоставляя медицинскую помощь и заботу о пациентах. Однако, данные о пожарах, которые происходят в этих зданиях, вызывают серьезную тревогу и требуют немедленного внимания. Пожары в медицинских учреждениях могут иметь катастрофические последствия, включая угрозу жизни пациентов и персонала, ущерб оборудованию и материальным ценностям, а также нарушение регламента работы учреждения. Безопасность этих зданий и эффективная система пожарной безопасности играют решающую роль в предотвращении пожаров и минимизации их последствий [1].

Пожары в зданиях медицинских учреждений представляют серьезную угрозу безопасности. Они могут возникнуть из-за различных причин, включая неправильное использование или обслуживание электрического оборудования, недостаток или неаккуратное хранение легковоспламеняющихся веществ, а также несоблюдение правил пожарной безопасности со стороны персонала. Нарушение или отсутствие соответствующих мер предосторожности, таких как наличие систем предупреждения и тушения пожара, может увеличить вероятность возникновения и распространения пожара в медицинских учреждениях.

Преыдушие исследования об обеспечении безопасности при пожаре [2, 3] сфокусировались на мониторинге обстановки, движении людских потоков и эвакуации, освещая вопросы управления системой обеспечения пожарной безопасности. Основное внимание уделялось безопасной эвакуации из зданий в случае пожара, в то время как вопросы эвакуации из медицинских учреждений затрагивались косвенно.

В рамках работы [4] изучались вопросы обеспечения безопасной эвакуации людей из медицинских учреждений в условиях пожара. Однако существует необходимость усовершенствовать методы обеспечения безопасности пациентов в медицинских учреждениях в связи с тем, что медицинские учреждения часто имеют специфическую инфраструктуру и особенности пациентской аудитории, требующие индивидуального подхода к обеспечению их эвакуации. Необходимо постоянное совершенствование систем и процессов для обеспечения высокого уровня безопасности пациентов и персонала. Такие меры помогут эффективнее защитить жизни и здоровье людей в случае чрезвычайных ситуаций.

Разработка индивидуальных планов эвакуации для пациентов, неспособных самостоятельно эвакуироваться, имеет большую актуальность в контексте повышения эффективности системы обеспечения пожарной безопасности в медицинских учреждениях представлено на рис. 1.

Структура разработки включает следующие элементы:
1. Идентификация немобильных пациентов
2. Определение потребностей
3. Разработка индивидуального плана эвакуации
4. Обучение персонала

Рисунок 1. Разработка индивидуальных планов эвакуации для пациентов, неспособных самостоятельно эвакуироваться

Сущность этой разработки заключается в создании специальных планов эвакуации, которые будут предназначены для немобильных пациентов, неспособных самостоятельно покинуть здание в случае пожара или другой аварийной ситуации. Эти индивидуальные планы будут разработаны с учетом особенностей каждого конкретного пациента, их медицинских состояний и возможных ограничений.

Структура разработки включает следующие элементы:

1. Идентификация немобильных пациентов.

В первую очередь необходимо провести анализ пациентов, которые нуждаются в индивидуальных планах эвакуации. Это может быть связано с их физическим состоянием (например, пациенты на колясках или в критическом состоянии), возрастом или другими факторами.

2. Определение потребностей.

Для каждого пациента, требующего индивидуального плана эвакуации, необходимо определить их особенности и потребности. Это может включать информацию о медицинском оборудовании, необходимых лекарствах, специализированных транспортных средствах или помощи персонала.

3. Разработка индивидуального плана эвакуации.

На основе идентификации и определения потребностей каждого пациента, будет создан индивидуальный план эвакуации. В этом плане будут указаны конкретные шаги, необходимые для безопасной и эффективной эвакуации каждого пациента.

4. Подготовка персонала.

Персонал медицинского учреждения должен быть обучен выполнению требований индивидуальных планов эвакуации и знать, как правильно и безопасно помочь немобильным пациентам в аварийной ситуации. Обучение должно включать знания о специальных техниках эвакуации, применении необходимого медицинского оборудования и процедурах при оказании первой помощи.

Реализация этой разработки потребует определенных ресурсов, включая временные затраты на проведение исследований для идентификации пациентов и определения их потребностей, необходимость использования экспертных знаний и участия медицинского персонала при разработке индивидуальных планов, а также оборудование и ресурсы для проведения эвакуации, включая специализированные транспортные средства, носилки и подъемные устройства, и обучение персонала с использованием обучающих материалов и программ. Это обучение может включать специализированные тренинги, практические занятия и распространение информационных материалов с инструкциями по индивидуальным планам эвакуации.

В итоге, разработка индивидуальных планов эвакуации для пациентов, неспособных самостоятельно покинуть здание, приведет к улучшению системы обеспечения пожарной

безопасности в медицинских учреждениях и повысит безопасность немобильных пациентов в случае пожара.

Для успешной реализации разработки индивидуальных планов эвакуации для пациентов, неспособных самостоятельно эвакуироваться, можно воспользоваться цифровым двойником пациента, который содержит всю необходимую информацию о его состоянии и специфических потребностях, а также цифровым двойником больницы, включающим данные о пациентах, персонале и оборудовании. Дополнительно, внедрение системы мониторинга для отслеживания местоположения и состояния пациентов позволит быстро реагировать на чрезвычайные ситуации и координировать процессы эвакуации, что значительно улучшит безопасность в медицинских учреждениях и обеспечит надежную защиту пациентов в экстренных ситуациях.

Разработка цифрового двойника здания в контексте системы мониторинга имеет ключевую цель создать виртуальное представление медицинского учреждения с возможностью отслеживать местоположение пациентов и обеспечить эффективную организацию их эвакуации в случае необходимости. Реализация этой цели предусматривает определенный набор задач, включая детальное отображение поэтажных планов здания с учетом всех помещений, коридоров и выходов, а также систему отслеживания местоположения пациентов в реальном времени с использованием специальных трекеров.

Кроме того, цифровой двойник будет содержать индивидуальные планы эвакуации для немобильных пациентов, учитывая их специфические потребности и ограничения. Информация о местоположении пациентов будет оперативно обновляться на модели, что обеспечит персоналу медицинского учреждения возможность быстро реагировать на чрезвычайные ситуации и координировать процесс эвакуации. Кроме того, интеграция цифрового двойника здания с пунктом охраны и пожарной частью позволит обеспечить надежную связь и оперативное информационное взаимодействие для обеспечения безопасности пациентов в случае возникновения аварийных ситуаций.

Выводы

По результатам исследования установлено, что в результате исследования было предложено разрабатывать индивидуальные планы эвакуации для пациентов, которые не могут самостоятельно покинуть здание в случае чрезвычайной ситуации. Эти планы направлены на обеспечение безопасной и эффективной эвакуации каждого пациента, учитывая их индивидуальные потребности. Кроме того, разработка цифрового двойника здания в рамках системы мониторинга представляет инновационный подход к обеспечению безопасности в медицинских учреждениях. Создание виртуального представления здания и отслеживание местоположения пациентов в реальном времени способствует оперативному реагированию на возможные угрозы и организации эвакуации. Данные разработки имеют потенциал значительно повысить уровень безопасности и защитить жизни и здоровье пациентов и персонала медицинских учреждений в чрезвычайных ситуациях.

Литература

1. Шихалев, Д. В. Проблемы управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта. Ч.2. методы мониторинга / Д.В. Шихалев // Проблемы управления. – 2022. – № 2. – С. 3-11.
2. Азимов Д.С., Омилхон сар задани сӯхтор дар биноҳои истикоматӣ ва маъмурӣ / Азимов Д.С., Раҳматшозода С.Р. // Паёми политехники Бахши: Техника ва ҳома. 2025. № 4 (12). С. 33-35. DOI: 10.65599/LMAC9292
3. Самошин, Д.А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации [Текст]: монография / Д.А. Самошин. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. - 210 с.
4. Шихалев, Д. В. Информационное обеспечение управления в системе обеспечения пожарной безопасности объекта защиты / Д. В. Шихалев // Безопасность в техносфере: Сборник статей XV международной конференции, Ижевск, 01 января – 31 2022 года / Научный редактор В.М. Колодкин. Том Выпуск 15. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2022. – С. 46-62.

АСОСҲОИ МЕТОДИИ БАЛАНД БАРДОШТАНИ БЕХАТАРИИ ЭВАКУАТСИЯИ БЕМОРОНИ МУАССИСАҲОИ ТИББӢ ҲАНГОМИ СӢХТОР

¹Х.Ф. Хочамурод, ¹С.Р. Раҳматшозода, ²Д.С. Азимов

¹Академияи Вазорати корҳои дохилии Ҷумҳурии Тоҷикистон

²Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Шарҳи мухтасар. Бехатарии эвакуатсияи одамон аз муассисаҳои тиббӣ ҳангоми сар задани сӯхтор масъалаест, ки диққати махсусро талаб менамояд. Хусусан, таъмини наҷоти бемороне, ки бинобар вазъи саломатиашон мустақилона хориҷ шуда наметавонанд, аҳамияти муҳим дорад. Дар доираи таҳқиқот усулҳои баланд бардоштани бехатарии эвакуатсия дар муассисаҳои тиббӣ мавриди баррасӣ қарор гирифта, диққати асосӣ ба таҳияи нақшаҳои инфиродии эвакуатсия ва истифодаи нусхаи рақамии бино барои такмил ва оптимизатсияи раванди эвакуатсия равона шудааст.

Калидвожаҳо: бехатарии эвакуатсия, нақшаҳои инфиродии эвакуатсия, нусхаи рақамии бино, муассисаҳои тиббӣ, низоми мониторинг.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR IMPROVING THE SAFETY OF PATIENT EVACUATION FROM MEDICAL INSTITUTIONS IN CASE OF FIRE

¹Kh.F. Khojamurod, ¹S.R. Rahmatshozoda, ² D.S. Azimov

(¹Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Tajikistan,

²TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. Ensuring the safety of evacuation of people from medical institutions in the event of a fire is an issue that requires special attention. It is especially important to ensure the rescue of patients who, due to their physical condition, are unable to evacuate independently. This study examines methods for improving evacuation safety in medical institutions, with a focus on the development of individual evacuation plans and the use of a digital twin of the building to optimize the evacuation process.

Keywords: evacuation safety, individual evacuation plans, digital twin of the building, medical institutions, monitoring system.

Сведения об авторах

Ходжамуродзода Фарход Ходжамурод – ассистент кафедры пожарной безопасности Академия МВД РТ. E-mail: khodzhamurodzodafarkhod@mail.ru;

Раҳматшозода Сангинмурод Раҳматшо – майор полиции, заведующий кафедрой пожарной безопасности, Академия МВД РТ. E-mail: rahmat-shoh86@gmail.com;

Азимов Додарбек Садриддинович - к.т.н., с.п. кафедры БЖД и Э ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: azimovdodarbek@gmail.com

УДК 549.7-661.663

ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТАДЖИКИСТАНЕ

¹А. Шарифов, ²З.Х. Гайбуллаева, ²Ф.Б. Хамроев, ²Г.Г. Шодиев

(¹Институт химии имени В.И.Никитина НАНТ, г. Душанбе, Таджикистан, ²ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Анализируется понятие водородной энергетики, свойства водорода и предпосылки внедрения водородной энергетики в экономики Таджикистана.

Ключевые слова: водород, энергоноситель, водородная энергетика, природный газ, нефть, уголь, электролиз воды, безотходная технология, зеленая экономика, декарбонизация производства.

Введение

Водородная энергетика- подотрасль энергетики, где в качестве энергоносителя используют водород H_2 , первый и самый легкий элемент периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева. Три основных показателя делают водород высокоэффективным энергоносителем настоящего и будущего: а) удельная теплотворность H_2 в зависимости от его разновидностей варьируется в пределах от 120 до 142 МДж/кг [1], когда средняя теплотворность природного газа 44 МДж/кг и каменного угля 27 МДж/кг, т.е. теплотворность H_2 соответственно в 3.23 и 5.27 разов больше чем у природного газа и каменного угля; б) сжигание водорода является экологически чистым технологическим процессом, поскольку отходом является образование воды H_2O , когда при сжигании ископаемого топлива (природный газ, уголь, нефть и нефтепродукты, дрова и др.) образуются оксиды CO_2 , CO , SO_2 , NO , NO_2 , P_2O_5 и др., а также зола ископаемого топлива, выбросы которых загрязняют окружающую среду; в) водород в промышленном масштабе получают из воды её электролизом и из органических веществ их превращением в водородсодержащие смеси газов, т.е. все виды сырья для получения H_2 являются возобновляемыми с неисчерпаемыми источниками, которые имеются во всех точках земной поверхности. Эти существенные преимущества показателей свойств водорода в корне отличают использование H_2 в качестве энергоносителя от производства энергии сжиганием ископаемых видов топлива, которые имеют также ограниченные запасы сырья, их месторождения имеются не везде, также их широкое использование для развития индустриализации экономик стран мира привело к нарушению экологического равновесия в природе, которое наглядно видно на примерах таяния ледников, опустошения земель и водоёмов и других катаклизмов двадцатого века [2].

Ещё важным преимуществом водорода является его нахождения в составах многих природных веществ и производимых материалов. В качестве примера из природных веществ можно назвать следующих видов сырья: природного газа, нефти, угля, древесины и других видов растительного происхождения, которые используются как энергоноситель, а также природные полимеры (полисахариды, белки, нуклеиновые кислоты, лигнин, натуральный каучук и др.), являющиеся строительными материалами для роста растительности, овощей, фруктов и других веществ, обеспечивающих жизнедеятельности человечества на земле.

По распространённости на земле среди химических элементов H_2 занимает девятое место по массе, плотная часть земной коры, включая воду и атмосферу, содержит 0.88 мас. % H_2 , в Солнце содержится 57 мас.% H_2 и 40 мас.% He (гелий). В природе H_2 находится в соединении с O_2 , N_2 , S, Cl_2 , P, I_2 , Br_2 и другими элементами. Его содержание в пресной воде оценивается в 11.19 мас.%, а в морской воде-10.72 мас.% [1].

Двадцать первый век отличается все широким использованием экологически чистых видов энергии, в том числе и энергии водорода развитием водородной энергетики, которого можно оценить по данным [3] на примере Китая, где в 2020–2025 гг. объём промышленного производства H_2 в стоимостном выражении вырос до 148 млрд. \$, а в 2026–35 гг. он должен расти до 740 млрд. \$. К 2050 г. объём производства H_2 , достигая 60 млн. тонн /год, будет составлять 10 % от энергопотребления Китая и в денежном выражении достигнет 1 480 млрд \$.

По темпу и мощности развития водородной энергетики развитые страны мира расположены в ряд: Китай, США, Страны ЕС, Индия, РФ и другие. Программы развития водородной энергетики вплоть до 2050 г реализуются во многих странах мира. Так, в РФ утверждена правительственная концепция развития водородной энергетики до 2050 г, согласно которому производство H_2 в 2035 г должно возрасть до 12 млн. т [4].

С использованием H_2 производятся очень много наименований промышленных материалов, необходимых для использования в различных отраслях экономики: кислоты, спирты, искусственные полимеры, щелочи, органические вещества, соли, минеральные удобрения: $(NH_2)_2CO$, NH_2NO_3) и многие другие. Следовательно, водород является не только эффективным и чистый энергоноситель, но и важный составляющий элемент в составах природных веществ и химический реагент для производства многочисленных веществ и материалов разного назначения. Можно утверждать, что современное развитие

промышленности, энергетики и других отраслей экономики стран мира, в том числе и Таджикистана, невозможно без развития производства H_2 и его использования в качестве химического реагента в производствах материалов, нужных для развития индустриализации экономики страны, и энергоносителя для производства энергии с обеспечением экологической чистоты атмосферы, с тем, чтобы приостановить дальнейшее таяние ледников и опустошения земель и водоёмов страны. И эту задачу эффективно решает интенсивное внедрение водородной энергетики в различных отраслях экономики Таджикистана. Правительством страны принята государственная программа создания «*зеленой экономики*», которая параллельным развитием гидроэнергетики, предусматривает ещё и развитие водородной энергетики и использования энергии солнца и ветра в отраслях экономики с учётом использования местных ресурсов [5].

Для эффективного внедрения водородной энергетики в разных отраслях экономики страны важной предпосылкой является знание основных свойств H_2 для выбора приемлемого способа его производства с учётом сырьевых и энергетических ресурсов Таджикистана. Кратко характеризуем свойства H_2 и способов его производства.

Основные показатели свойств H_2 обобщены в справочнике [1], согласно которым он легкий газ с плотностью 0.089 г/см^3 , бесцветный и нетоксичный, без вкуса и запаха, легко воспламеняется и горит бледно-голубым пламенем, при охлаждении до минуса 240°C под давлением 1.28 МПа конденсируется и превращается в легкоподвижную жидкость, а при температуре минус 259°C превращается в твердое состояние с плотностью в 12 разов ниже плотности воды. H_2 горючий и взрывоопасный газ, его концентрационные пределы воспламенения в воздухе 4-75 об. %, а в O_2 4-95 об %, диапазон его детонации в воздухе 18-60 об %, а в O_2 15-90 об %, а максимальная скорость распространения пламени 259 см/с . Самовоспламенение стехиометрической смеси H_2 в воздухе происходит при температуре 510K , при этом температура пламени может достигат до 2300 K .

У H_2 низкая вязкость и высокая теплопроводность, чем другие газы, его удельная теплопроводность $0.182 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$, что в 1.24 раза выше чем у гелия He , в 5.9 раза больше, чем у CH_4 , в 7.2 раза выше чем у N_2 и O_2 , в 10.7 раза выше чем у Ar . Коэффициент динамической вязкости H_2 $8.92 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$, что в 2.11 раза ниже, чем у He . Его энергия воспламенения в 14.5 раза ниже, но скорость распространения пламени в 8 раз выше, чем у CH_4 . Низкая плотность и высокая скорость диффузии H_2 способствуют быстрому снижению его концентрации на открытой местности и в вентилируемых помещениях. Однако, нижняя граница детонации H_2 в 2.06 раза выше, чем у CH_4 , что существенно снижает его взрывоопасность в реальных условиях [6]. Эти свойства H_2 следует учитывать при его использовании в качестве энергоносителя в смеси с воздухом или O_2 .

Способы получения H_2 зависят от вида применяемого сырья. Традиционно в промышленном масштабе его получают: а) электролизом воды; б) конверсией природного газа и оксида углерода; в) газификацией угля и переработки нефти. В способе а) сырьем является вода, а в способах б) и в)- ископаемое топливо: природный газ и уголь. Согласно [7], использование этих способов в мировом производстве H_2 характеризуются, об. %: а) - 4.0; б)-85.0; в)- 11.0. Технологии получения H_2 детально анализированы в работах [1,8] и других, поэтому здесь не будем их рассматривать.

В условиях экономики Таджикистана наиболее приемлемыми способами производства H_2 являются использование электролиза воды и газификация угля, что обосновано нижеприведёнными фактами.

По степени чистоты H_2 разделяется на *зеленый*, получаемый электролизом воды и самый экологически чистый и сравнительно дорогой энергоноситель; *желтый*, получаемый электролизом воды на атомных электростанциях, но он не является экологически чистым, как *зеленый H_2* ; *желтый, брыззовый, изумрудовый, голубой, коричневый (бурый) и серый H_2 -сорта* водорода, получаемые из органического сырья по разным технологиям. Разумеется, что по степени чистоты эти сорта H_2 отличаются от *зеленого H_2* и их стоимость производства также сранительно ниже. В работе [9] нами сделан анализ производства H_2 с учётом энергетического состояния ведущих предприятий Таджикистана и показана, что стоимость производства *зеленого*

H_2 на этих предприятиях, с учётом сравнительно низкой стоимости электроэнергии, существования разных тарифов оплаты стоимости расходуемой энергии на них и избытка производимой электроэнергии в летнее время, может быть сравнительно ниже, чем в других странах мира, что позволяет осуществить электролизное производство зеленого H_2 в стране не только для обеспечения внутренних потребностей в эффективном энергоносителе, но и для экспорта водорода в другие страны. Само электролизное производство водорода есть элемент водородной энергетики, оно может обеспечить не только потребность в водороде для использования в производствах водородсодержащих химических веществ, например аммиака, метанола и т.п., но и становится источником H_2 для использования в производствах тепла на теплоэлектростанциях или даже в домах жителей не только городов, но и самых отдалённых регионов страны. Электролизный способ получения водорода не лимитируется объёмом производства, производительность способа по количеству получаемого H_2 зависит от мощности электролизёра.

Наряду с электролизным производством H_2 , которое можно организовать при, начиная от малых предприятий или индивидуальных хозяйств, и кончая до крупных предприятий, в настоящее время в условиях экономики Таджикистана оптимальным также является организация производства водорода газификацией угля. В стране отсутствуют добычи природного газа и нефти, в то же время добыча угля приваливает объёма более 2 млн. т в год, из этого количества большая часть угля непосредственно сжигается на теплоэлектростанциях и домашних хозяйств для получения тепла, а оставшаяся часть экспортируется в соседние страны.

Опыт использования способа газификации угля в производствах страны имеется. Согласно данным работы [10] газификация угля Фон-Ягнобского месторождения была осуществлена на производствах алюминиевого завода ТалКо, однако её производительность была очень низка и генераторный газ содержал не только теплотворные газы CO , CH_4 и H_2 , но и инертные газы CO_2 , N_2 , Ar и даже O_2 , которые не только снижали общую теплотворность генераторного газа, но и выбрасывались в атмосферу, загрязняя её. Поэтому, традиционный способ газификации угля как грязный и малоэффективный способ получения теплотворных газов непригоден для использования как элемент водородной энергетики в производственных отраслях промышленности и энергетики.

Начиная с десятых годов двадцать первого века при Таджикском техническом университете имени академика М.С.Осими нами были начаты исследования по разработке безотходных технологий газификации угля для получения H_2 и CO при утилизации всех сопутствующих углероду компонентов состава угля как полезные вещества в производствах многих химических материалов. По результатам научных исследований получены более 20 патентов РТ и Евразии, опубликованы научные статьи и материалы конференций, защищены диссертации. Здесь в качестве примера приводим названия некоторых патентов и опубликованных работ [11-13].

Основная идея выполненных нами разработок базируется на положении о том, что уголь является многокомпонентным сырьём, в котором каждый компонент имеет свою парциальную температуру газификации, и углерод, составляющая основную массу угля, газифицируется при более высоких температурах в присутствии окислителей (кислород, водяной пар). Такое состояние угля позволяет при температурах до $500-550^{\circ}C$ провести газификации всех летуче-смолистых веществ с последующим парциальным охлаждением и превращением их в отдельных жидкостей для использования согласно их составу, а при температурах $950-1100^{\circ}C$ провести газификации оставшегося углерода при определённых количественных соотношениях «С: окислитель», позволяющих получить смесь (H_2+CO). Данная смесь является теплотворной и её можно использовать в металлургии, химической промышленности и других производствах. Для получения чистого H_2 данную смесь необходимо подвергнуть мембранному разделению или конвертировать CO ее состава до CO_2 с дальнейшим абсорбционным отделением CO_2 растворами щелочей. При этом, количество H_2 удваивается по отношению к его содержанию в составе смеси (H_2+CO). Выделенный CO_2 используется в производствах карбонатсодержащих веществ, например карба-мида $CO(NH_2)_2$, а оставшийся чистый H_2 будет использован как энергоноситель

водородной энергетике и такие технологии газификации угля, во-первых, декарбонизируют производства тепла сжиганием водорода, во-вторых, позволяют выделить всех компонентов состава угля и использовать их в качестве сырья в производствах материалов. При этом, образующая при газификации углерода зола угля также используется в качестве минеральной добавки в составах цемента, бетона или иного материала. Следовательно, в водородной энергетике не сжигается уголь в качестве энергоносителя, а сжигается водород, полученного из угля, причём технология получения H_2 из угля, как при электролизном способе, является безотходной и экологически чистой.

Следует отметить, что несмотря на ограничения [2] по использованию ископаемого топлива, уголь пока остаётся основным сырьём для теплообеспечения энергетики. Так, согласно интернет-ной информации в 2024 г мировое производство угля составило 4760 млн.т, доля стран мира варьируется в количествах, млн.т: Китай-4780; Индия-1085; Индонезия-836; США- 465; Австралия -463; Россия-427; Южная Африка-235; Казахстан-113; Монголия-107; Германия-92; Турция-87; Польша-85; страны Ближнего Востока-11; другие страны- 153. Во всех названных странах за исключением США в двадцать первом веке наблюдается возрастания объёмов добычи и использования угля, а в США произошло снижение использования угля из-за возрастания доли ВИЭ.

Водородная энергетика наукоёмкая отрасль, что связано со свойствами H_2 , его легкость требует использования высоких давлений до 100 МПа при хранении и транспортировке, его взрываемость требует высоких мер защиты для безопасного использования в качестве энергоносителя. Производства H_2 также являются многоаппаратурными и сложными по управлению параметров технологических процессов. Кроме того, в водородной энергетике в качестве энергоносителя используется не только газообразный H_2 , но многие водородсодержащие вещества в виде аммиака, спиртов, гидридов и других, которые имеют свои технологии получения и использования. Эти факторы подтверждают, что водородную энергетику способны внедрить в разных отраслях экономики высококвалифицированные специалисты по химической технологии, энергетики, управления технологическими процессами и др. Также возникает необходимость выполнения научно-исследовательских работ применительно к конкретному объекту использования водорода.

В соответствии со стратегией развития «зеленой экономики» в Республике Таджикистан [5] в 2023 г при Институте химии имени В.И.Никитина НАНТ организован отдел «Водородная энергетика» для выполнения целенаправленных научно-исследовательских и внедренческих работ по созданию научных основ использования элементов водородной энергетике в промышленных и энергетических производствах материалов и энергии. Сотрудниками отдела разработана концепция внедрения водородной энергетике в отраслях экономики Таджикистана [14], которая предусматривает оценки ресурсов страны для организации оптимальных производств H_2 , определяет основных энергопотребителей и путей их перевода на использование водорода, вопросов подготовки кадров по водородной энергетике и путей её внедрения в производствах материалов и энергии с учётов специфики хозяйственной деятельности объекта внедрения.

Важной задачей для развития водородной энергетике является подготовка кадров по инженерным специальностям. В данном вопросе лидирующую роль должен сыграть Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, тем более что основу научных исследований по водородной энергетике была заложена сотрудниками данного вуза. Ещё в августе 2025 г НАНТ обратилась в Министерство образования и науки об внедрении дисциплины «Водородная энергетика» в учебную программу подготовки инженерных специалистов. Однако, до сих пор данный вопрос не решён министерством. ТТУ имени академика М.С.Осими может подтвердить свое аван-гардство и для решения данного вопроса, внедрив дисциплину «Водородная энергетика» в программу подготовки специалистов начиная с 2025-2026 учебного года. Такой шаг заложить основу и для открытия специальности «Водородная энергетика» при университете в ближайшие годы.

В настоящее время основным координатором по внедрению водородной энергетики в отраслях экономики страны является Министерство энергетики и водных ресурсов в сотрудничестве с организацией GIZ (Германия), которая является консультантом по созданию зеленой экономики. Данным министерством были организованы несколько семинаров и тренингов по разным аспектам водородной энергетики и в сотрудничестве с представителями НАНТ, ТТУ имени академика М.С.Осими и Энергетического института в г.Бохтар разработана «Программа развития водородной энергетики Республики Таджикистан на период 2026-2031 гг», которая представлена в Правительство РТ для утверждения.

Литература

1. Гамбург Д.Ю., Семенов В.П., Дубовкин Н.Ф., Смирнова Л.Н. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справочник под ред. Д.Ю. Гамбурга, Н.Ф. Дубовкина // М.: Химия, 1989.-672с.
2. Киотский Протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, 1992; Парижское соглашение по климату 12.12.2015-CNN Cable News Network, Tumer Broadcaising Sistem Inc//December, 12.12.2015.
3. Развитие рынка водорода в Китае [Электронный ресурс] – URL: <https://energy.hse.ru/hydroenergy> (дата обращения: 21.01.2026).
4. Распоряжение Правительство РФ от 05.08.2021 №2162-р (ред. от 21.10.2024) «Обсуждении Концепции водородной энергетики в РФ». <https://www.consultant.ru-document>.
5. Стратегия развития «зеленой экономики» в Республике Таджикистан на 2023-2037 годы (Приложение 1 к постановлению Правительство Республики Таджикистан от 30 октября 2022 года). - http://www.adlia.tj^show_doc.
6. Тарасов Б.П., Лотоцкий М.В. /Водородная энергетика: прошлое, настоящее, виды на будущее /Рос.хим. журнал общ. им. Д.И.Менделеева //2006, т.1, №6.- С.5-18.
7. Шафиев Д.Р., Трапезников А.Н., Хохонов А.А. и др. /Методы получения водорода в промышленности. Сравнительный анализ//Успехи химии и химической технологии, 2020, Т. 34, №12.-С.53-57.
8. Справочник азотчика (под ред. Мельникова Е.Я.), 2-е изд. М.: Химия, 1986, т.1.-512с.
9. Муродиён А.Ш., Шарифов А., Мирсаидов У.М. /Оценка эффективности разных способов производства водорода в текущих условиях промышленности и энергетики Таджикистана // Доклады НАНТ, 2025, Т. 68, №7. -С. 690-701.
10. Сафиев Х., Усманов Р., Азизов Б.С. и др. /Получение синтез-газа из угля Фон-Ягнобского месторождения // Доклады АН Республики Таджикистан. –2012. –Т. 55. -№ 7. –С. 577-581.
11. Шарифов А., Гайбуллаева З.Х., Шодиев Г.Г и др. /Патенты РТ №974 от 19.06.2018; Способ газификации угля для производства тепла и химических веществ; / Патент РТ №1051 от 16.05.2019 //Способ газификации угля / Патенты Евразии № 037398 от 24.04.2021// Способ газификации угля;/ Патент Евразии № 039523 от 07.07.2020 //Способ газификации угля для производства тепла и материалов.
12. Гайбуллаева З.Х., Шарифов А., Насимов Г.Т. и др. /Безотходная технология газификации угля для получения тепла и химических веществ //Горный журнал, 2022, №9.- С.134–139.
13. Шарифов А., Гайбуллаева З.Х., Гадоев Т.Х. и др./ Ресурсосберегающая технология переработки угля месторождения Фон-Ягноб // Доклады НАНТ. -2023. -Т 66. -№ 3-4. –С. 230-235.
14. Шарифов А. Мирсаидов У.М./Концепция внедрения водородной энергетики в Таджикистане//Доклады НАНТ, 2023, том 66, №5-6.-С. 337-343.

ШАРТҲОИ ҶОРИШАВИИ ЭНЕРГЕТИКАИ ГИДРОГЕНӢ ДАР ТОҶИКИСТОН

А Шарифов, З.Х. Гайбуллоева, Ф.Б. Ҳамроев, Ғ.Ғ. Шодиев

(¹Институти химияи ба номи В.И. Никитин АМИТ, Душанбе, Тоҷикистон, ²ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Унсурҳои энергетикаи гидрогенӣ, хосиятҳои гидроген ва шартҳои ҷорӣ шудани энергетикаи гидрогенӣ дар иқтисодиёти Тоҷикистон таҳлил шудаанд.

Калидвожаҳо: гидроген, энергиябаранда, энергияи гидрогенӣ, гази табиӣ, нафт, ангишт, электролизи об, технологияи бепартов, иқтисоди сабз, бекарбоншавии истеҳсолот.

PREREQUISITES FOR THE IMPLEMENTATION OF HYDROGEN ENERGY IN TAJIKISTAN

A.Sharifov, Z.H.Gaibulloeva, F.B. Hamroev, G.G.Shodiev

(¹Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin NANT, Dushanbe, Tajikistan, ²TTU named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The concept of hydrogen energy, the properties of hydrogen, and the prerequisites for the implementation of hydrogen energy in Tajikistan's economy are analyzed.

Keywords: hydrogen, energy carrier, hydrogen energy, natural gas, oil, coal, water electrolysis, waste-free technology, green economy, decarbonization production.

Маълумот дар бораи муаллифон

Шарифов Абдумунин - д.и.т., профессор, мудирии шӯъбаи “Энергетикаи гидрогенӣ”-и Институти химия ба номи В.И. Никитини АМИТ, тел. (+992) 935435452; E-mail sharifov49@mail.ru.

Ғайбуллоева Зумрат Ҳабибовна - д.и.т., дотсенти Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С. Осимӣ, тел. (+992) 918 67 29 45; E-mail: zumrathabib@rambler.ru.

Ҳамроев Фаридун Бегмуродович - н.и.т, тел. (+992) 900114350; E-mail faridunh@mail.ru.

Шодиев Ғолиб Ғоибович - н.и.т, и.в.дотсенти ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ, тел. (+992) 200338787.

УДК 552.786.67.

ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА КРУГОВОРОТ ВОДЫ В ПРИРОДЕ

И. Мирзоалиев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. анализ явления глобального потепления показал, что при изучении данной проблемы учтены не все аспекты воздействия людей на климат. Это воздействия на процесс испарения и круговорота воды. Считается, что действие людей на процесс испарения по сравнению с его естественным ходом незначительно и его можно пренебречь, что не соответствует реалии настоящего времени. Человечество, в настоящее время своей деятельностью, нарушая естественный ход круговорота воды в природе, существенно влияет на состояние воды и количества испарений в атмосферу, что и является одной из причин резкого изменения климата планеты

Ключевые слова: климат, потепление, Киотский протокол, Парижское соглашение, углекислый газ, пары воды, испарение, осадки.

Введение

До сих пор считается, что действие людей на процесс испарения по сравнению с его естественным ходом настолько мало, что его можно пренебречь. Поэтому в протоколе Киото об изменении климата, который был принят в декабре 1997 года указаны, следующие парниковые газы, которые под воздействием деятельности людей возрастают их концентрация и служат причиной ускорения парникового эффекта: углекислый газ (CO₂), метан (CH₄), закись азота (N₂O), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF₆). В протоколе Киото ничего не было

сказано о влиянии паров воды на глобальное потепление, так как влияние деятельности людей на процесс испарения по сравнению с общим испарением считается настолько незначительным, что его можно пренебречь. В ранних докладах Greenpeace (1992–1993 гг.), когда активно поднималась проблема антропогенного воздействия парниковых газов на климат, влияние паров воды не отрицался. Но уже в «Комплексе информационных документов по изменению климата ЮНЕП» отмечено, что «наличие водяного пара в атмосфере не зависит непосредственно от антропогенной деятельности» и в настоящее время вклад углекислого газа в усиленный парниковый эффект считается основным. После таких оценок водяные пары уже не фигурировали ни в докладах, ни в Киотском протоколе и ни в Парижском соглашении о климате, который был принят на смену Киотскому протоколу 12 декабря 2015 года по итогам 21-й конференции Рамочной конвенции об изменении климата (РКИК).

Такое положение дел, не соответствует той влиянии, которое человечество оказывает на процессы испарения и круговорота воды в природе.

Рассмотрим график затраты энергии для нагревания воды [1]. Из графика видно, что вода при фазовом превращении (переход от твердого в жидком состоянии, также из жидком в газообразном) аккумулирует большое количество солнечной энергии и отдает эту энергию при обратных процессах.

Пары воды в отличие от других парниковых газов имеют большее количество полоса поглощения, охватывающие широкие диапазоны. Максимумы полоса поглощения пары воды составляют: 0,718; 0,810; 0,93; 1,130; 1,4; 1,870; 2,68; 2,74; 6,3 мкм. [2].

Поэтому водяной пар играет основную роль в создании парникового эффекта. Его доля в создании парникового эффекта примерно 36—70 %, в то время как доля других парниковых газов составляют: углекислый газ (CO_2) (9-26 %), метан (CH_4) (4—9 %) и озон (3-7%) [3].

Максимальное температурное влияние на изменение положительной температуры поверхности Земли оказывает естественный процесс изменения влажности (количества водяного пара) в атмосфере за счет естественных обменных процессов испарения и конденсации. Ведущая роль здесь принадлежит океану [4].

Считается, что доля хозяйственной деятельности человека в тепломассопереносе в приземной атмосфере материковой части несоизмеримо мала по сравнению с объемами тепломассопереноса океана [5].

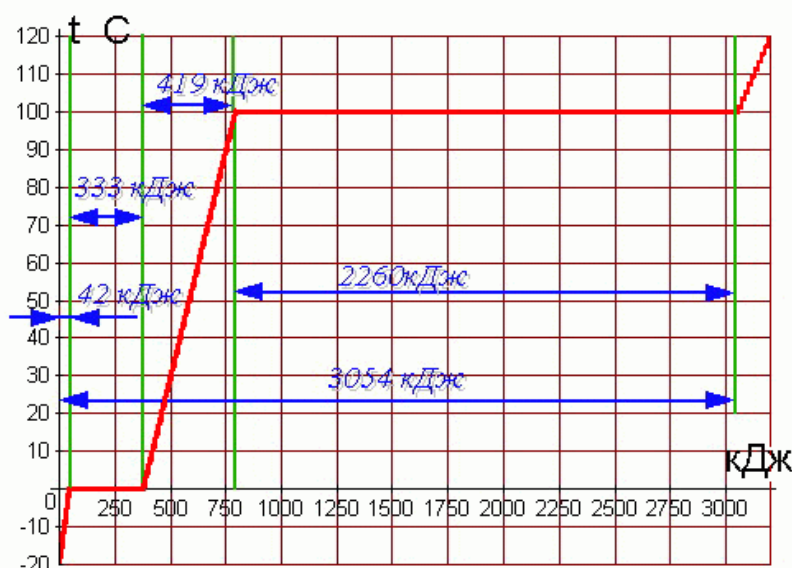


Рисунок 1. График затраты энергии для нагревания 1 кг воды с температуры -20°C до температуры 100°C и его испарение.

Однако эти высказывания не соответствуют реалии нашего времени. В настоящее время более 30% суши площадь которого $149 \cdot 10^6 \text{ км}^2$, находится под интенсивным воздействием людей (орошаемые земли, искусственные водоемы, ирригационные системы и др). В том числе более

10% поверхности земной суши, или $14,9 \cdot 10^6$ км² занимают орошаемые земли, которые в основном расположены в зоны с жарким климатом, где испаряемость воды высокая.

Наблюдения показывают, что количество испаряемой воды и, следовательно, накопленной энергии из одной и той же массы воды в зависимости от его хранения переменная. Допустим 1 литр воды наливаем в посуду с открытой поверхностью 1 метр квадрат. Толщина столба воды при этом составляет 1мм. При температуре среды 15⁰С, скоростью ветра примерно 3м/сек для полного испарения всей воды потребуется приблизительно 8 часов. Если данное количество воды содержат в посуду с открытой поверхностью 1дм², при таких же условиях для его полного испарения потребуется не менее 38 суток. Когда открытая поверхность составляет 1см² для полного испарения данной количество воды потребуется около года.

При орошении земель вода простирается на большой площади, что приводит к возрастанию количество испарений и соответственно накопление солнечной энергии в виде скрытой теплоты испарения. Горячий и сухой климат в орошаемых районах имеет высокий потенциал для испарения воды. Без вмешательства человека испарение из этих земель было незначительно по причине отсутствия воды.

При орошении они превращаются в зоны, активно аккумулирующие солнечной энергии.

Для превращение в пар 1 грамм воды при различной исходной температуры в пар с той же температуры необходимы различные количества энергии. Например, при 0° Ц. - 606 кал.; 50° Ц. - 571 кал.; 100° Ц. - 534 кал.; 150° Ц. - 494 кал. В пределах 0-200⁰С энергии необходимой для испарения можно рассчитать по формуле- $Q_6=606-0,75t$. Количество энергии затраченной при испарение выделяется при конденсации и это препятствует снижению температуры атмосферы, В течение года испаряется $5,11 \times 10^{14}$ тонна воды и столько же выпадает в виде осадков. Энергия затрачиваемое для испарения $5,11 \times 10^{14}$ тонна воды при средней исходной температуры равной 15⁰С примерно составляет $1,2724407 \times 10^{21}$ Кдж. Из этого следует, что для испарения воды (с учетом альбедо Земли) затрачивается 37,8% энергии дошедший до поверхности Земли. Это количество энергии при конденсации передается в атмосферу и поддерживает его температуру.

Сейчас в мировом масштабе ситуация такова, что из каждой десятой реки один не доходить до моря и воды этих рек полностью используются для полива орошаемых земель и в других реках сток в море значительно ниже, чем могло быть. Вода, используемая для орошения испаряясь поглощает большое количество солнечной энергии и конденсируясь освобождает эту энергию, тем самым препятствует резкому охлаждению. По причине возросшему испарению по сравнению с естественным протеканием этого процесса происходят аномальные осадки, приводящие к затоплению огромные площади, которые ранее не наблюдались. Также происходит интенсивное таяние ледников.

Человечество занимается земледелием и орошением земель уже длительное время. До 19 века численность населения было гораздо меньше и орудия труда недостаточно производительны, соответственно возделываемых земель было немного. Интенсивность роста народонаселения такова: ориентировочно к концу эпохи палеолита (примерно 15 тыс. лет до н. э.) численность населения достигала 3 млн человек; к концу неолита (2 тыс. лет до н. э.) — 50 млн; в начале нашей эры на Земле было уже 230 млн; к концу 1-го тыс. н. э. — 275 млн; в 1800 — 1 млрд; к 1900 г. численность населения Земли достигла 1,6 млрд человек ; в 2000 г. население мира превысило 6 млрд человек и в настоящее время населения земли составляет более 8 млрд. человек. По прогнозу к 2050 году население земли будет составлять — 9,2 миллиардов[6].

Действительно повышение средней температуры воздуха нижних слоёв атмосферы Земли на 0,8°С за последнее столетия — слишком высокая скорость для естественных процессов, ранее в истории Земли такие изменения происходили в течение тысячелетий. Последние десятилетия добавили ещё большей весомости этому аргументу, так как изменения средней температуры воздуха происходили еще большими темпами — 0,3-0,4°С за последние 15 лет. Динамика роста численности населения, осваиваемых и используемых в сельхоз обороте земель и роста температуры совпадают полностью.

Таким образом в настоящее время человечество своей деятельностью активно влияет на состояние водного бассейна планеты и содействует интенсификацию испарения и соответственно

накапливания солнечной энергии. Действия людей выражаются в следующем: 1. Орошение земли и выращивание различных культур в процессе которой вода растаивает на больших площадях и возрастают испарения. 2. Строительство водоемов и других ирригационных сооружений на больших площадях. 3. Широкое использование подземных вод в сельском хозяйстве и быту. 5. Выбросы паров воды в атмосферу не зависящие от непосредственного водоиспользования.

Резкому потеплению климата препятствует наличия огромного количества льда на поверхности земли (примерно 30млн. км³).

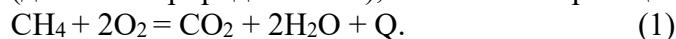
Ученые из университетов Лидса, Эдинбурга и Университетского колледжа Лондона проанализировали спутниковые съемки ледников, гор и ледяных щитов в период с 1994 по 2017 год и определили, что за этот период наша планета потеряла около 28 триллионов тонн льда. Среднее ежегодное сокращение объема льда в среднем составляло 1,2174 триллионов тон [7].

Скорость таяния ледников переменная имеет тенденция к росту.

Причиной этому является, то что снег и лед имеют свойства отражать до 80% солнечных лучей. Одновременно с их таянием уменьшаются площади покрытие снегом и льдом и как следствие это приводит к уменьшению альбедо Земли. Это способствует еще большему усилению процессу нагреванию климата. Скорость таяния ледников в настоящее время возросло в 3 раза по сравнению с 1980 года. Сейчас этот процесс еще более ускоряется. Исследованиями ученых НАСА установлено, что в течение 10 лет с 2000 до 2010 года площадь занимаемые ледниками в масштабах планеты уменьшился на 11%. (насколько уменьшилась площадь занимаемые ледниками с 2000 до 2020 годов?).

Существует также проблема выбросы водяных паров в атмосферу от других источников, не обусловленных прямым водопотреблением

Процесс горения метана (до 98% в природном газе), описывается реакцией:



Получение тепла Q сопровождается выделением одной молекулы углекислого газа и двух молекул воды, или исходя из молекулярных весов, участвующих в реакции веществ, сгорание 1 кг природного газа сопровождается появлением 2,75 кг углекислого газа и 2,25 кг паров воды. Добыча и использование природного газа в мире в последние годы превышает 2,2 трлн. м³/год (2790 млн. т условного топлива). Получается, что в результате сжигания такого количества газа ежегодно в атмосферу выбрасывается более 6 млрд. т водяных паров. Сжигание попутных газов при нефтедобыче и на производствах по переработке нефти также сопровождается выделением водяного пара.

Горение бензина описывается уравнением:



из которого следует, что сжигание 1 кг бензина приводит к появлению 1,42 кг паров воды, при этом горение целого ряда продуктов крекинга нефти и синтезированных нефтепродуктов сопровождается выделением примерно одинакового весового количества водяных паров. Транспорт за сутки на нашей планете сжигается более 5 млн. т бензина.

Исходя из средней мировой нефтедобычи на уровне 3,5 млрд. т и приведя все многообразие сжигания нефтепродуктов к горению бензина, получим около 5 млрд. т годовой выделение водяного пара.

Таким образом, нефтегазовый комплекс по явно заниженным оценкам ежегодно выбрасывает в атмосферу Земли дополнительно не менее 11 млрд. тонн водяных разогретых паров.

Таким образом один из основных аспектов антропогенного воздействия на климат заключается в изменении количества испарений воды в масштабах Земли по сравнению с естественным протеканием этого процесса.

В условии Земли все процессы действуют одновременно: таяние льда и оледнение, испарение воды и конденсация. Но в настоящее время интенсивность таяние льда и испарение воды больше, поэтому начали таять тысялетние ледники. Это один из основных признаков глобального потепления климата. С уменьшением объема ледников происходит

ускоренное потепление климата. Так как с той количество энергии которой затрачивается для превращения 1кг льда температурой 0°C в воду с той же температуры, можно на 8°C повисить температуру 10 литров воды. Эксперименты показали, что зависимость количество насыщенного пара и интенсивность испарения от температуры нелинейные. При повышении температуры возрастают как интенсивность испарения, так и количество насыщенного пара.

При температуре воздуха 100°C его влагонасыщенность возрастает более 46 раз по сравнению с температурой 15°C и более 120 раз по сравнению с температурой 0°C .

Свойства воды хорошо изучены и известно диаграммам его состояния. Установлено, что верхний предел испарения находится в точке (374°C и 218 атм). При температуре выше 374°C отсутствует фаза перехода из жидкого состояния в газе.

Необходимо отметить, что с возрастанием количество паров воды в атмосфере. Возрастает и интенсивность изменения температуры.

Если представить, что вся вода испарилась и переходило в атмосферу, тогда с учетом средней глубины океана равной 3800метров и отношение площади суши и океана равной 1/3, тогда атмосферное давление составляло бы 280 атм. Это больше критического давления, при котором стираются разница между жидком и газообразном состоянии для воды. Если не препятствовать этому процессу в случае постепенного накопления энергии возможно повышение температуры и возникновение данной ситуации.

Если ежегодно происходит накапливание 1% поступающей Солнечной энергии, то для расплавления льдов потребуется 300 лет, нагревание вод до 100°C 18тысяч лет и для испарения вод чуть более 100000 лет. В настоящее время человечество настолько активно влияет на природные процессы, что своей деятельности может спровоцировать природные катаклизмы. Тенденция такова, что использование неудобных в настоящее время земель расширяется путем построения водоемов, каналов и орошение степных и пустынных земель. Для решения проблемы обеспечения продовольствием многие государства реализуют планы переброски рек на регионы с сухим климатом. Если эти планы реализуются процессу глобального потепления придаётся новый импульс. Также построены и строятся в множество водоемов с большой площадью зеркала и малой глубины. На международном уровне не существуют документы, регулирующие эти вопросы.

Заключение

Из вышесказанного следует, что одна из причин глобального потепления в настоящее время, это нарушение естественного круговорота воды, прежде всего вследствие возрастания количество испарения под воздействием хозяйственной деятельности людей.

Таким образом для предотвращения глобального потепления прежде всего необходимо уменьшение выбросы паров воды в атмосферу. В том числе:

- применение водосберегающих методов орошения;
- учет коэффициента транспирации и выбор растений для данной местности с учетом его значения;
- увеличение количество теплиц и расширение их применения для выращивания различных культур;
- отказ отстроительство водоемов малой глубины с большой площади зеркала, расположенных в районах с жарким климатом и построенные водоемов большой глубины с малой площадью зеркала воды;
- строительство мощных гидроэлектростанции и увеличение производство электроэнергии в них и тем самым уменьшением использование органических топлив для производства электроэнергии;
- отказ от планов переброски рек в районах с жарким и сухим климатом; уменьшение использование подземных вод и введение квоты на их использование.

Одним словом, необходимо решить вопрос регулирование использования водных ресурсов в мировом масштабе.

Литература

1. Курбонализода, С. Ш. Водноэнергетический потенциал и гидроэнергетические характеристики реки Варзоб / С. Ш. Курбонализода, А. А. Гулахмадов, З. В. Кобулиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 1(45). – С. 61-68. – EDN VJKTYL.
2. Кондратьев К.Я. Актинометрия. Гидрометеорологическое издательство. Ленинград. 1963. 691с.
3. Инвестиции в развитии систем водоснабжения и водоотведения города Душанбе / П. Х. Муродов, Ш. С. Бобоева, О. Х. Амирзода [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 3(51). – С. 142-145. – EDN EGEEQB.
4. Океан и атмосфера. -Л. Гидрометеиздат, 1983. 464с.
5. Кокин А.В. Ассимиляционный потенциал биосферы. -Ростов- н Д: СКАГС, 2005. 186 с.
6. Повышение эффективности работы сооружений водоподготовки на очистной станции самотечного водопровода (ОССВ) города Душанбе / О. Х. Амирзода, Б. Х. Бадавлатова, П. Х. Муродов, З. В. Кобулиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 3(51). – С. 122-129. – EDN BAYDSG.
7. Гулахмадов, Х. Ш. Физико-химические характеристики вод основных рек Таджикистана / Х. Ш. Гулахмадов, Ф. Нуриддини, З. В. Кобулиев // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – Т. 2, № 1(41). – С. 6-15. – EDN XQZSTJ.

ТАЪСИРИ ОМИЛИ ИНСОН БА ГАРДИШИ ОБ ДАР ТАБИАТ

И. Мирзоалиев

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Таҳлили падидаи гармшавии глобалӣ нишон дод, ки ҳангоми омӯзиши ин проблема на ҳамаи ҷиҳатҳои таъсири инсон ба иқлим ба назар гирифта мешаванд. Ин таъсир ба раванди бухоршавӣ ва гардиши об дар табиат мебошад. Чунин мешуморанд, ки таъсири одамон ба раванди бухоршавӣ нисбат ба рафти табиӣ он ночиз аст ва онро нодида гирифтани мумкин аст, ки ин ба воқеияти имрӯза мувофиқ нест. Дар айни замон инсоният бо ҷаҳолияти худ рафти табиӣ гардиши обро дар табиат ҳалалдор карда, ба ҳолати об ва микдори бухоршавӣ ба атмосфера таъсири калон мерасонад, ки ин яке аз сабабҳои яқбора тағйир ёфтани иқлими сайёра мебошад.

Калидвожаҳо: иқлим, гармшавӣ, протоколи Киото, мувофиқаи Париж, диоксиди карбон, буғи об, бухоршавӣ, боришот.

THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON THE WATER CYCLE IN NATURE

I. Mirzoaliev

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The analysis of the phenomenon of global warming showed that not all aspects of the impact of people on the climate were taken into account when studying this problem. These are the effects on the process of evaporation and the water cycle. It is believed that the effect of people on the evaporation process is insignificant compared to its natural course and can be neglected, which does not correspond to the realities of the present. Mankind, at present, by its activities, disrupting the natural course of the water cycle in nature, significantly affects the state of water and the amount of evaporation into the atmosphere, which is one of the reasons for the sharp change in the planet's climate.

Keywords: climate, warming, Kyoto Protocol, Paris Agreement, carbon dioxide, water vapor, evaporation, precipitation.

Сведения об авторе

Мирзоалиев Исроил - доцент кафедры технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты, ТТУ имени академика М.С. Осими, тел. +992919971476; E-mail tmmsii74@mail.ru

УДК 614.84

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ПАЦИЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

¹Д.С. Азимов, ²Х.Ф. Ходжамурод, Орифова Л.А.

(¹ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ²Академия Государственной противопожарной службы МЧС России)

Аннотация. В статье рассматриваются методические основы повышения безопасности эвакуации пациентов медицинских учреждений при пожаре. Особое внимание уделяется разработке индивидуальных планов эвакуации и внедрению цифрового двойника здания в систему мониторинга. Предложена классификация пациентов по уровню мобильности и представлена методика оценки эффективности мероприятий.

Ключевые слова: безопасность эвакуации, индивидуальные планы эвакуации, цифровой двойник здания, медицинские учреждения, система мониторинга.

Введение

Медицинские учреждения относятся к объектам с массовым пребыванием людей. Особую сложность при пожаре представляет эвакуация пациентов, часть которых ограничена в самостоятельном передвижении. Это требует разработки комплексных организационно-технических решений [1].

Разработка индивидуальных планов эвакуации является одним из ключевых направлений совершенствования системы пожарной безопасности медицинских учреждений. В отличие от типовых планов эвакуации, ориентированных преимущественно на самостоятельное передвижение людей, медицинские учреждения характеризуются наличием пациентов с различной степенью мобильности, что требует дифференцированного подхода к организации эвакуационных мероприятий [2].

Индивидуальный план эвакуации представляет собой регламентированный алгоритм действий персонала, учитывающий медицинское состояние пациента, степень его физической активности, необходимость применения специализированного оборудования и допустимые условия транспортировки. Основной задачей такого плана является минимизация времени эвакуации при одновременном обеспечении безопасности пациента и сохранности жизненно важного медицинского оборудования [3 - 5].

В целях систематизации подходов к организации эвакуации предлагается классификация пациентов по уровню мобильности и требуемым ресурсам, представленная в табл. 1.

Таблица 1 – Категории пациентов и требования к их эвакуации

Категория	Характеристика	Особенности эвакуации	Ресурсы
I группа (мобильные)	Самостоятельное передвижение	Сопровождение	Контроль персонала
II группа	Ограниченная мобильность	С помощью персонала	Кресла, каталка
III группа	Немобильные	Полная эвакуация	Носилки
IV группа	Реанимационные	Специализированная	ИБЛ, резервное питание

Современные тенденции развития систем пожарной безопасности ориентированы на цифровизацию процессов управления чрезвычайными ситуациями. Одним из перспективных направлений является внедрение цифрового двойника здания, представляющего собой

интегрированную виртуальную модель объекта, синхронизированную с инженерными системами и базами данных учреждения в режиме реального времени.

Цифровой двойник медицинского учреждения обеспечивает динамическое отображение пространственной структуры здания, маршрутов эвакуации, расположения пациентов и персонала, а также состояния противопожарных систем [1]. В отличие от традиционных статических планов эвакуации, цифровая модель позволяет оперативно корректировать алгоритмы действий с учетом текущей обстановки (задымление, блокирование выходов, изменение маршрутов).

Использование цифрового двойника повышает управляемость эвакуационного процесса за счет:

- сокращения времени принятия решений;
- автоматизации информационного обмена между подразделениями;
- минимизации человеческого фактора при координации действий;
- адаптивной маршрутизации потоков пациентов.

Структурные элементы цифровой модели и их функциональное назначение представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Структурные элементы цифрового двойника здания и их влияние на эффективность эвакуации

Элемент	Назначение	Эффект
3D-модель	Отображение путей	Оптимизация маршрутов
Трекинг пациентов	Контроль местоположения	Снижение времени поиска
Интеграция АПС	Автооповещение	Сокращение времени реагирования
База данных	Доступ к планам	Персонализация эвакуации

Применение 3D-модели здания обеспечивает визуализацию путей эвакуации и потенциально опасных зон, что позволяет оперативно корректировать маршруты движения и предотвращать перегрузку эвакуационных выходов.

Система трекинга пациентов осуществляет мониторинг их местоположения в режиме реального времени, что особенно значимо для немобильных и реанимационных больных. Автоматическая передача данных ответственным лицам исключает временные потери, связанные с поиском пациентов.

Интеграция цифрового двойника с автоматической пожарной сигнализацией и системой оповещения обеспечивает синхронизацию выявления пожара с алгоритмом эвакуации, минимизируя задержки между обнаружением угрозы и началом организованных действий.

Таким образом, цифровой двойник формирует единую информационно-управляющую среду, повышающую координацию персонала и снижающую вероятность управленческих ошибок.

Эффективность внедрения цифровых технологий оценивается через анализ времени эвакуации, которое определяется выражением:

$$t = \frac{L}{V} + t_{\text{задержки}}$$

где: L - длина пути эвакуации, м; V - средняя скорость движения потока, м/с; $t_{\text{задержки}}$ - организационные задержки, с.

Первая составляющая отражает физическое перемещение пациентов, вторая — уровень управляемости процесса. В традиционной системе управления величина $t_{\text{задержки}}$ возрастает вследствие отсутствия централизованного контроля и оперативной информации.

Внедрение цифрового двойника направлено преимущественно на сокращение организационной составляющей времени эвакуации. По результатам моделирования снижение

$t_{\text{Задержки}}$ может достигать 40–60%, что приводит к значительному уменьшению общего времени эвакуации.

Дополнительными критериями эффективности являются сокращение ошибок маршрутизации, уменьшение времени поиска пациентов и повышение согласованности действий персонала.

Следовательно, цифровой двойник медицинского учреждения выступает не только как информационная модель здания, но и как инструмент системного управления эвакуацией, обеспечивающий переход от реактивного к проактивному обеспечению пожарной безопасности.

Выводы

По результатам проведённого исследования установлено, что разработка индивидуальных планов эвакуации с учётом медицинского состояния и степени мобильности пациентов обеспечивает дифференцированный подход к организации эвакуационных мероприятий и повышает управляемость процесса в условиях чрезвычайной ситуации. Внедрение цифрового двойника здания формирует интегрированную информационно-управляющую среду, позволяющую синхронизировать работу противопожарных систем, осуществлять мониторинг местоположения пациентов и оперативно корректировать маршруты эвакуации, что свидетельствует о его перспективности как направления развития современных систем пожарной безопасности медицинских учреждений. Комплексное применение организационных и цифровых решений способствует сокращению организационных задержек, уменьшению общего времени эвакуации и снижению вероятности возникновения вторичных рисков для пациентов и персонала, что подтверждает практическую значимость предложенных методических положений.

Литература

1. Петрова В.В., Разработка концепции цифрового двойника работника радиационно- и ядерно-опасного предприятия и производства / В.В. Петрова, П.А. Шулепов, Т.Д. Симагова, А.А. Петров // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т. 68. № 1. С. 19–24.
2. Мадалиев А., Иванов В.М. Аддитивные технологии и цифровые двойники: из промышленности в медицину / А. Мадалиев, В.М. Иванов // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14. № 1. С. 229-234.
3. Азимов Д.С., Омилҳои сар задани сӯхтор дар биноҳои истиқоматӣ ва маъмурӣ / Азимов Д.С., Раҳматшозода С.Р. // Паёми политехникӣ Бахши: Техника ва ҷомеа. 2025. № 4 (12). С. 33-35. DOI: 10.65599/LMAC9292
4. Повышение эффективности работы сооружений водоподготовки на очистной станции самотечного водопровода (ОССВ) города Душанбе / О. Х. Амирзода, Б. Х. Бадавлатова, П. Х. Муродов, З. В. Кобулиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 3(51). – С. 122-129. – EDN BAYDSG.
5. Гулахмадов, Х. Ш. Физико-химические характеристики вод основных рек Таджикистана / Х. Ш. Гулахмадов, Ф. Нуриддини, З. В. Кобулиев // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – Т. 2, № 1(41). – С. 6-15. – EDN XQZSTJ.

ТАҲИЯИ МОДЕЛИ МЕТОДИИ ИДОРАКУНИИ ЭВАКУАТСИЯИ БЕМОРОНИ МУАССИСАҲОИ ТИББӢ БО ИСТИФОДАИ НУСХАИ РАҚАМӢ

¹Д.С. Азимов, ²Х.Ф. Хоҷамурод, ¹Л.А.Орифова

(¹ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ²Академияи Вазорати корҳои дохилии Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола асосҳои методи баланд бардоштани беҳатарии эвакуатсияи беморони муассисаҳои тиббӣ ҳангоми сар задани сӯхтор мавриди баррасӣ қарор дода шудаанд. Таваҷҷуҳи махсус ба таҳияи нақшаҳои инфиродии эвакуатсия ва ҷорӣ намудани нусхаи рақамии бино дар низоми мониторинг равона гардидааст. Ҳамчунин, гурӯҳбандии

беморон вобаста ба сатҳи қобилияти ҳаракат пешниҳод шуда, методикаи арзёбии самаранокии чорабиниҳои амалишаванда нишон дода шудааст.

Калидвожаҳо: бехатарии эвакуатсия, нақшаҳои инфиродии эвакуатсия, нусхаи рақамии бино, муассисаҳои тиббӣ, низоми мониторинг.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGICAL MODEL FOR MANAGING THE EVACUATION OF PATIENTS IN MEDICAL INSTITUTIONS USING A DIGITAL TWIN

¹D.S. Azimov, ²Kh.F. Khojamurod, ¹L.A. Orifova

(¹TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan, ²Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Tajikistan)

Abstract. The article examines the methodological foundations for improving the safety of patient evacuation from medical institutions in the event of a fire. Special attention is paid to the development of individual evacuation plans and the implementation of a digital twin of the building within the monitoring system. In addition, a classification of patients according to their level of mobility is proposed, and a methodology for evaluating the effectiveness of the implemented measures is presented.

Keywords: evacuation safety, individual evacuation plans, digital twin of the building, medical institutions, monitoring system.

Сведения об авторах

Азимов Додарбек Садриддинович, к.т.н., с.п. кафедры БЖДиЭ ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: azimovdodarbek@gmail.com

Ходжамуродзода Фарход Ходжамурод – ассистент кафедры пожарной безопасности Академия МВД РТ. E-mail: khodzhamurodzodafarkhod@mail.ru

Орифова Латофат Абдуллоевна - с.п. кафедры БЖДиЭ ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: latofatabdulloevna@gmail.com

УДК 504.3.054

БАЪЗЕ АЗ ЧАНБАҲОИ ОЛУДАШАВИИ ҲАВО ДАР ШАҲРИ ДУШАНБЕ ВА РОҲҲОИ ПЕШГИРИИ ОН

Иброҳимов С.Ч., Гулаҳмадов Ҳ.Ш., Ситамов С., Қодирова З.Х.
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур мушкилотҳои ҷойдошта оид ба манбаҳои олудакунонда, намуди олудакунон-даҳо, сабабҳои олудашавӣ ва натиҷаи он дар муҳити шаҳрӣ нишон дода шудааст. Чорабиниҳо ва тавсияҳо оиди бартараф намудани мушкилоти ҷойдошта пешниҳод карда шудааст.

Калидвожаҳо: Душанбе; сифат; ҳаво; инверсия; чанг; ғубор; суръати бод.

Муқаддима

Шаҳри Душанбе дар маркази водии Ҳисор ҷойгир шуда, рельефи пастхамии байни кӯҳӣ ва маҳалҳои ғирду атрофи он аз теппаҳо иборат аст. Барои ш. Душанбе вазиши бодҳои кӯҳӣ ва водӣ хос буда суръати миёнаи моҳона дар моҳҳои зимистон аз 1 то 3 м/с ва моҳҳои тобистон аз 2.2 м/с баъзан вақт то ба 4 м/с баробар мешавад. Дар тобистон баъзан суръати вазиши бод аз 1 м/с дар шабонарӯз зиёд намешавад, ки ин ҳолат нишон медиҳад, ки дар давоми сол ҳамагӣ 90 рӯзи вазиши бод ба қайд гирифта шудааст ташкил медиҳад [1].

Ҳамасола ҳарорати баланди ҳаво, суръати пасти бод, такрорёбии зиёди инверсияи наздизаминии ҳаво боис ба потенциали баланди метеорологӣ яъне олудашавии ҳавои атмосфера мегардад. Аз ин лиҳоз солҳои охир дар ҳудуди Ҷумҳурии ва маркази он, яъне шаҳри Душанбе таркиби ҳавои атмосфера бо миқдори зиёди олудагӣ(газҳои гуногун) ба қайд гирифта шудааст, ки дар чунин шароити ба амал омадаи ҳавои атмосфера пурра паҳн (таксим шудан) шудани ҳаҷми

зиёди партовҳои газӣ аз имкон дур аст (ба амал намеояд). Дар қабатҳои назди сарҳадии атмосфера омехташавии пурраи олудакунандаҳо ба амал меояд.

Камбудӣ ва мушкилотҳо. Барои тавсифи устувории атмосфера мувофиқ ба манбаҳои адабиётӣ қиммати баландии максималии қабати омехташавӣ ($МҚО_{max}$), ки дар он градиенти ҳарорати ҳаво ба ҳарорати хушкадиабатӣ ё аз он зиёд аст, метавон истифода намуд. Дар Душанбе баландии максималии қабати омехташавӣ аслан 2 км - ро ва дар моҳҳои тобистон - июн ва июл наздик ба 2,8 км баробар буда, баландии минималии қабати омехташавӣ танҳо дар моҳҳои зимистона декабр ва январ то ба 0,9 км камтар тафовут (фарқ) дорад.

Иқтидори миёнаи инверсияи сатҳи заминӣ вобаста ба моҳҳо дар ҳудуди аз 200 то 330 метр буда, вақти субҳ (саҳар) ин иқтидор то 50 м. кам мешавад. Иқтидори миёнаи инверсияи сатҳи заминӣ вобаста ба моҳҳо аз 1,4 то ба 5,2 С тағйир меёбад, вақти рӯзона ин то 0,1 С ва дар вақти шабона ин рақам то ба 8,5 С. мерасад. Омори мазкур самаранокии ҷараёнҳои конвективиро тасдиқ мекунад, ки онро дар шаҳрсозӣ ва банақшагирии меъморӣ шаҳрҳое, ки дар релефи мураккаби кӯҳӣ ва шароити иқлимӣ гарму ором ҷойгиранд, таҳия кунанд [1].

Сабаби олудашавии ҳавои шаҳр аз омилҳои зиёд вобастагӣ дорад. Яке аз сабабҳо агар ба ҳаво партофта шудани миқдори зиёди ифлоскунандаҳои газӣ аз корхонаҳои истеҳсолии гирду атроф ва нақлиёти шаҳрӣ бошад, сабаби дигар зиёд шудани шумораи аҳолии кишвар ва зиёдшавии босуръати шаҳрнишинон дар пойтахт шаҳри Душанбе мебошад. Бо зиёд шудани корхонаҳои хурду калон ва аҳолии шаҳр, ин боис мегардад, ки ба муҳити шаҳрӣ нисбат ба 10 сол пеш 2 ва зиёда маротиба партовҳои газӣ, саҳт ва ғизоӣ партофта шавад, ки ба вазъи (ҳолат) санитарӣ беҳдошти шаҳр таъсири манфӣи ҳудро мерасонад. Дар баробари ин рушди босуръати сохтмони биноҳои истиқоматӣ дар шаҳру ноҳияҳои тебеи Ҷумҳурии инчунин, боиси таъсир ба ҳолати санитарӣ беҳдошти кӯчаҳо ва хиёбонҳо, дар умум муҳити шаҳрӣ мегардад. Мушкилоти дигар ин зиёд шудани нақлиёти сабукрави шахсӣ ва мошинҳои боркаш дар ҳудуди шаҳру ноҳияҳо ба қайд гирифта мешавад. Норасоии нақлиёти мусофиркаш аз гирду атрофи шаҳр ба марказ инчунин баъд аз боришотҳои мавсимӣ борону барфи моҳҳои январ ва феврал ки метавонад то моҳи май давом кунад ба харобшавӣ ва вайрон шудани ҳолати роҳҳои автомобилгард боис гардад. Чунин ҳолати вайроншавии роҳҳо ба тамбашавӣ дар шоҳроҳҳо, ки ба муҳит партофтани миқдори зиёди чангу ғубор ва газҳои олудакунанда мегардад.

Аксари онҳо бо муҳаррикҳои бензинӣ ва дизелӣ кор мекунанд, дар натиҷаи ҳаракат додани он сӯзишворӣ, ки аз карбогидридҳо иборат аст сӯхта ба ҳаво миқдори зиёди ифлоскунандаҳо, бахусус зарраҳои саҳт ва пайвастагиҳои органикии идоранашаванда хориҷ мешаванд.

Ин моддаҳо, ки аз ҷониби муҳаррикҳои нақлиётҳо хориҷ мешаванд, дар ҳавои атмосфера, махсусан дар шаҳрҳои калон (нуктаҳои тамбашавӣ) ва дар роҳҳои автомобилгард, ба миқдори зиёд ҷамъ мешаванд.

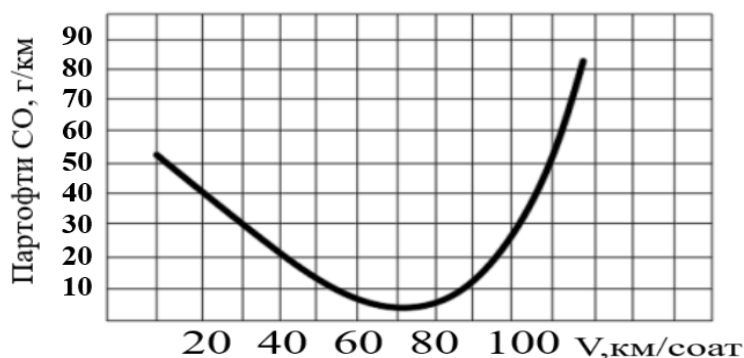
Ғайр аз газҳои ихроҷшуда, зарраҳои саҳте, ки ҳангоми нигоҳдории нақлиёт (тормозкунии ногаҳонӣ) ба вучуд меоянд, ба атмосфера хориҷ мешаванд. Ғайр аз ин, ҳангоми тормозкунии ногаҳонӣ, таъсири манфӣи бузургтарин ба атмосфера на аз газҳое, ки ҳангоми сӯзондани сӯзишворӣ хориҷ мешаванд, балки аз таъсири мутақобилаи роҳ ва ҷархҳои мошин ба вучуд меояд. Ҳангоми чунин тормозкунӣ, изи ҷархҳо то ба сӯхтани онҳо мерасад дар ин лаҳза, соиш байни сатҳи роҳ ва ҷархҳои мошин он қадар зиёд аст, ки боиси фарсудашавии колодкаҳои тормоз ва дискҳои муфта, фарсудашавии резинӣ (то 1,6 кг/сол барои як мошин) ва фарсудашавии сатҳи роҳ мегардад [2]. Ҳамаи ин бо хориҷ шудани зарраҳои хурди резинӣ ва металлӣ, инчунин зарраҳои мумфарш (асфалт) ба ҳаво ҳамроҳ мешавад. Ин ҷанги майда дар ҳавои болои роҳҳои серодам ва шоҳроҳҳо ба миқдори зиёд боқӣ мемонад.

Ин раванди фарсудашавӣ инчунин боиси сифати пасти рӯйпӯши роҳ мегардад, ки пайваста аз сабаби тағйирёбии баланди ҳарорат паст мешавад.

Миқдори зиёди ифлоскунандаҳо ҳангоми суръатбахшии (аз ҳолати қарор гузариш ба ҳаракати босуръат) автомобил хориҷ мешавад, зеро муҳаррик дар ин вақт бештар сӯзишворӣ истеъмол мекунад, яъне партовҳои ихроҷшаванда зиёдтар мебошанд.

Ҳиссаи нисбии карбогидридҳо ва оксиди карбон дар партовҳои умумӣ ҳангоми тормозкунӣ ва кор дар ҳолати оромӣ (холостой ход) баландтарин аст, дар ҳоле ки ҳиссаи оксидҳои нитроген ҳангоми суръатбахшӣ баландтарин аст [3, 4].

Дар расми 1 вобастагии байни партофти оксиди карбон аз мошини сабукрав ва суръати ҳаракати он оварда шудааст.



Расми 1. Вобастагии байни партофти оксиди карбон ба атмосфера аз суръати ҳаракати мошини сабукрав

Чи тавре, ки дар расми 1 дида мешавад миқдори партофти ками газҳо дар суръати 70 км/соат мушоҳида мегардад, аз ин лиҳоз, ин суръат на фақат бехатар барои ҳаракат аст, инчунин ба ҳавои атмосфера таъсири зарарноки ҳосе надорад. Чи тавре ки қайд карда шуд барои васеъ паҳншавии чанг ва газҳои партофташуда дар атмосфера речаи бодӣ вазифаи муҳимро мебозад. Речаи бодӣ тақсимшавӣ ва ба масофаҳои васеъ паҳншавии партовҳои газӣ ва ғуборро муайян менамояд. Набудани бод (шамол) аксар вақт ба чамъшавӣ ва мавҷудияти дарозмуддати ифлоскунандаҳо мусоидат мекунад.

Барои мисол: Динамикаи ифлосшавии ҳаво аз воситаҳои нақлиёт бо миқдори партовҳоро аз соли 2002 то 2012 дар яке аз шаҳрҳои Санкт-Петербурги Руссия овардан мумкин аст. Барои арзёбии дақиқтари шумораи воситаҳои нақлиёт, инчунин аз маълумоти соли 1992 низ истифода карда шудааст (ҷадвали 1, расми 2).

Ҷадвали 1 - Динамикаи партовҳои ифлоскунанда аз воситаҳои нақлиёт (мувофиқи маълумоти Petrostat) [5]

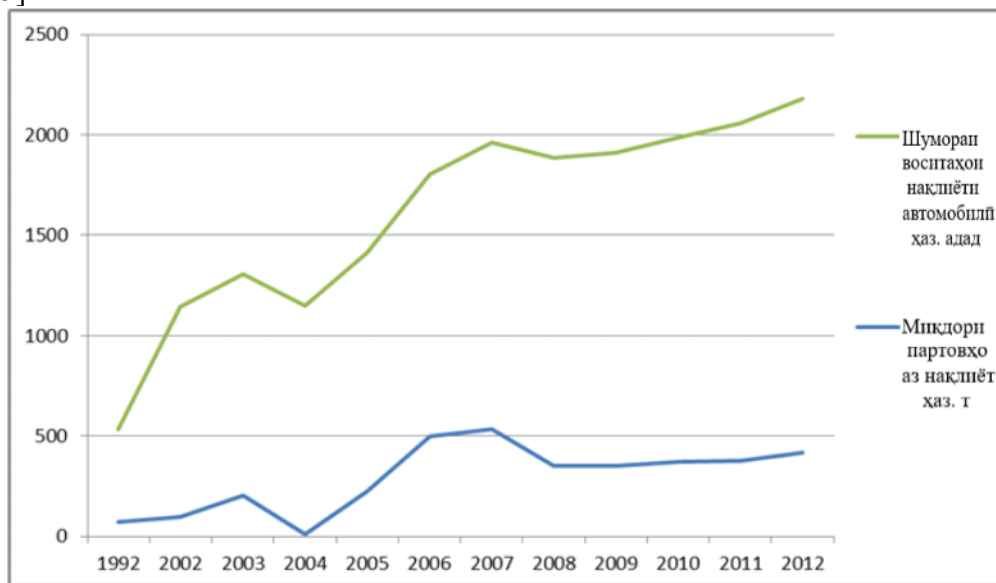
	1992	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Вазни партовҳо аз воситаҳои нақлиёт, ҳазор тонна	69,8	96,6	206,4	13,4	223,1	500,9	534,1	353,0	351,9	370,3	374,8	419,3
Шумораи воситаҳои нақлиёти автомобилӣ, ҳазор адад	467	1047	1100	1137	1189	1302	1430	1534	1561	1617	1686	1761

Маълумот аз ҷадвали 1 ва расми 2 нишон медиҳад, ки миқдори партовҳои ифлоскунанда ба атмосфера мустақиман ба шумораи воситаҳои нақлиёт вобаста аст. Бо мурури замон, шумораи воситаҳои нақлиёт босуръат меафзояд, ки боиси афзоиши консентратсияи моддаҳои зараровар дар атмосфера мегардад.

Рӯйхати моддаҳои ифлоскунандае, ки аз ҷониби комплекси нақлиёти роҳ хориҷ карда мешаванд.

Дар маҷмӯъ, газҳои ихроҷшаванда зиёда аз 200 моддаи кимиёвӣ ошкор карда шудаанд. Партовҳои зараровар аз воситаҳои нақлиёт иборатанд аз оксиди карбон (CO), пайвастагиҳои органикии идоранашаванда, оксидҳои нитроген, газҳои карбон (CO₂) ва моддаҳои саҳти муаллақ.

Ҳангоми фарсуда шудани колодкаҳои системаи тормозӣ, мис, ванадий, молибден, никел ва хром ба ҳаво партофта мешаванд. Ҳангоми фарсуда шудани чархҳо, кадмий, сурб ва рух партофта мешаванд [5].



Расми 2. Динамикаи партовҳои моддаҳои ифлоскунанда аз воситаҳои нақлиёт

Саҳми гурӯҳҳои муайяни воситаҳои нақлиёт дар ифлосшавии ҳаво бо баъзе моддаҳои кимиёвӣ чадвали 2.

Чи тавре ки дар чадвал оварда шудааст, ки мошинҳои сабукрав ва микроавтобусҳои консентратсияи баландтарини оксигени атомариро ба атмосфера хориҷ мекунанд.

Мошинҳои боркаш консентратсияи баландтарини гази нитрогенро хориҷ мекунанд.

Нақлиёти сабукрав миқдори камтарини гардудро хориҷ мекунанд, дар ҳоле ки мошинҳои боркаш вазни зиёда аз 12 тонна миқдори бештарро хориҷ мекунанд.

Чадвали 2 - Партовҳои мушаххаси партовҳои моддаҳои ифлоскунанда бо назардошти тай намудани масофаҳо барои гурӯҳҳои гуногуни воситаҳои нақлиёт

Номгӯи гурӯҳи автомобилҳо	Партовҳо г/км						
	O	NO ₂	CH	Гардуд (Сажа)	SO ₂	Формаль-дегид	Бенз(а)-пирен
Сабукрав	3,5	0,9	0,8	$0,7 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$
Автофургонҳо ва микроавтобусҳои, то 3,5 т	8,4	2,1	2,4	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$8,4 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$0,8 \cdot 10^{-6}$
Боркаш аз 3,5 то 12 т	6,8	6,9	5,2	0,4	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
Боркаш зиёда аз 12 т	7,3	8,5	6,5	0,5	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$
Автобусҳо зиёда аз 3,5	5,2	6,1	4,5	0,3	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$

Дар асоси маълумоти графикӣ аз диаграммаҳои расми 3 миқдори партовҳоро аз намуди алоҳидаи нақлиёт арзёбӣ менамоем.

Миқдори зиёди партовҳои оксигени атомарӣ аз автофургонҳо ва микроавтобусҳои вазнашон то 3,5 тонна партофта мешаванд. Инчунин ҳиссаи муайяно нақлиётҳои боркаши категорияи ҳамаи вазнҳо ва автобусҳои вазнашон аз 3,5 тонна зиёд, ихроҷ менамоянд.

Миқдори зиёди оксиди нитроген (NO₂) тавассути мошинҳои боркаш, ки вазнашон аз 12 тонна зиёд аст, хориҷ мешавад.

Мошинҳои боркаш аз ҳама намудҳо ва автобусҳои вазнаш беш аз 3,5 тонна бори дигар дар партовҳои радикалҳои карбогидрид (СН), ки қобилияти ворид шудан ба мембранаҳои шуш ва ба хун ҷаббида мешаванд, пешсафанд.

Ҳангоми дар ҳаракат будани нақлиёти боркаши автомобилӣ аз ҳама категорияҳои вазнҳо дуд ё ҷанг бештар ба мушоҳида мерасад.

Манбаҳои асосии гази захрнокӣ сулфур (SO₂), ки ҳангоми нафаскашӣ боиси илтиҳоби роҳҳои болоии нафаскашӣ мешаванд, инҳо мошинҳои боркаши ҳама категорияҳои вазн ва автобусҳои вазнашон аз 3,5 тонна зиёд мебошанд.

Формальдегид моддаи саҳт ангезишдиҳанда ва бензопирен моддаи таъсири мутагенӣ дошта ба ҳисоб рафта, аслан мошинҳои боркаши ҳамаи категорияҳои вазн ин моддаро ба муҳити ҳаво мебароранд (мепартоянд).

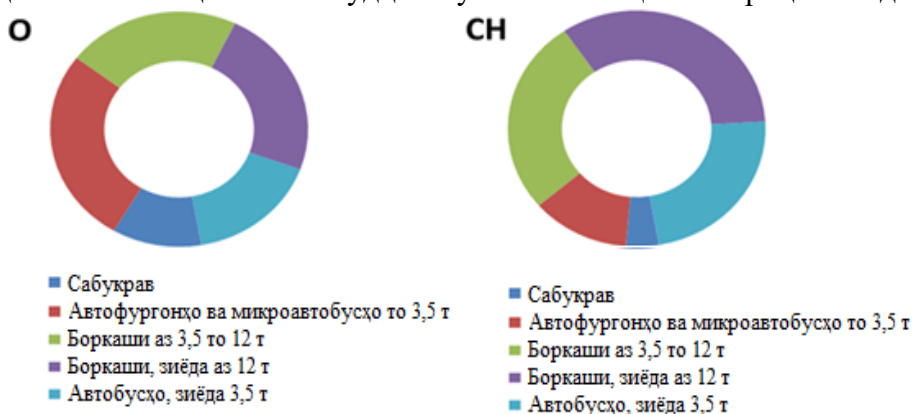
Оксидҳои нитроген хавфи бештар доранд, зеро онҳо ба бадани инсон бештар таъсири манфӣ мерасонанд.

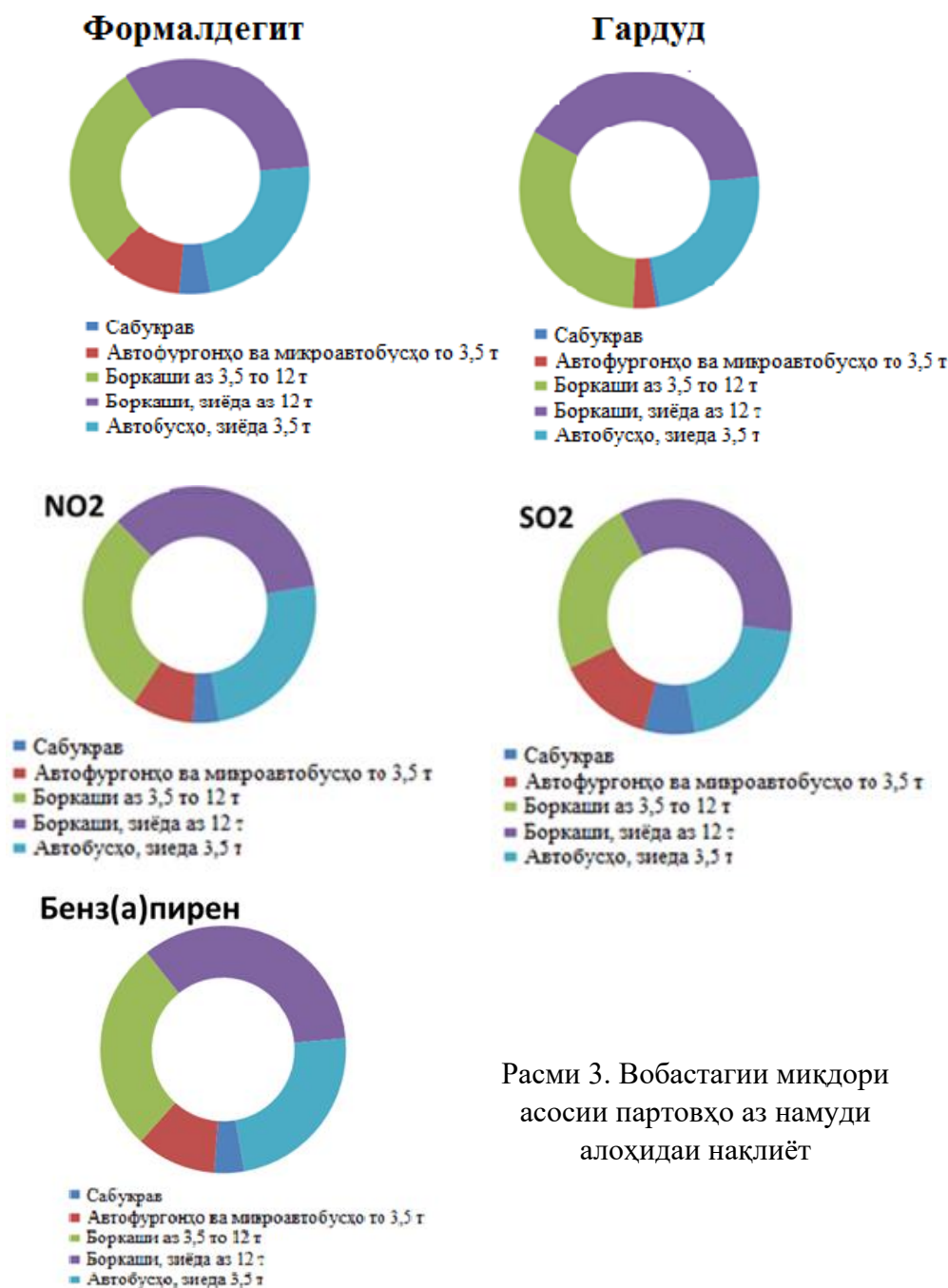
Ин маълумотҳоро таҳлил намуда қайд кардан зарур аст, ки ҳамаи миқдори зиёди ин моддаҳо ба воситаи як намуди нақлиёт, яъне мошинҳои боркаш партофта мешаванд. Ин маънои онро дорад, ки аз ҳама минтақаи хатарнок (минтақае, ки дар таркиби ҳавои он миқдори зиёди молекулаҳои захролуд аст) роҳҳои автомобилгард мебошанд, ва дар он намудҳои гуногуни нақлиёти боркаш ҳаракат мекунад. Мошинҳои сабукрав низ дар партофтани моддаҳои боло зикршуда саҳм доранд, аммо ба миқдори камтар, зеро дар шаҳрҳои калон мошинҳои сабукрав бартарӣ доранд. Аз ин рӯ, ҳаҷми умумии партовҳои ифлоскунандаи асосӣ аз мошинҳои сабукрав метавонад бо партовҳои мошинҳои боркаш муқоиса карда шавад.

Аксари моддаҳои зараровар дар чорроҳаҳо ва гузаргоҳҳо ҷамъ мешаванд. Дар чорроҳаҳо бештар аз ҳама моддаҳои зараровар дар натиҷаи манъшавӣ (боздорӣ-тормоз) ва бозисти мошинҳо (остановка) дар назди чароғак (светофор) ва баъдан ҳангоми сабз шудани чароғак суръат гирифтани нақлиёт (разгон), партофта мешаванд. Ҳамин тариқ, дар минтақаи чорроҳа барои ҳаракати воситаҳои нақлиёт пеш аз чорроҳа минтақаи сустшавӣ ва минтақаи суръатбахш мавҷуд аст.

Бисёр аз бемориҳо бо ҷангу ғубор ва дигар пайвастагиҳои муаллақ дар атмосфера, ки ба воситаи комплекси нақлиёти автомобилӣ партофта мешаванд, алоқаманданд. Айни замон нисбати ин масъала шумораи одамоне, ки нисбати ҳифзи муҳити зист ғамхорӣ мекунад, меафзояд, зеро аз он саломатӣ ва неқӯаҳволии нафақат насли имрӯза инчунин наслҳои оянда вобастагӣ дорад.

Партовҳои асосии аз ҷониби намудҳои мушаххаси нақлиёт хориҷшаванда:





Расми 3. Вобастагии миқдори асосии партовҳо аз намуди алоҳидаи нақлиёт

Консентратсияи моддаҳои зарарнок дар ҳавои атмосфера ба ҳамаи иштироккунандагони ҳаракати нақлиёт ва махсусан ба саломатии онҳое, ки дар наздикии шоҳроҳ зиндагӣ мекунанд, таъсири манфӣ мерасонад. Партовҳои зиёди моддаҳои зараровар дар таркибашон бахусус, гардуд(зола) низ доранд, ки барои саломатии инсон хатарнок буда он метавонад дар шуши инсон ворид шуда, миқдори зиёди металлҳои вазнинро ҷамъ кунад [5].

Он чизе, ки вазъиятро боз ҳам бадтар мекунад, ин аст, ки моддаҳои ихроҷшавандаи нақлиётҳо асосан дар сатҳи нафаскашии инсон паҳн мешаванд ва аз сабаби зич ҷойгир будани маҳаллаҳои истиқоматӣ ҳавогузарии (мубодилаи ҳаво) ин маҳалҳо душвор буда, ба паҳншавии партовҳо бо воситаи бод монеъ мешавад.

Далелҳо мавҷуданд, ки одамоне, ки дар наздикии шоҳроҳҳо зиндагӣ мекунанд, эҳтимоли зиёд ба бемории саратон гирфтор шудан доранд [6 - 8] ва ба консентратсияи баланди моддаҳои захролудшудаи зерин дучор мешаванд: оксиди нитроген, нитроген, оксиди карбон, формальдегид, диоксиди сулфур, сурб, карбогидридҳо, моддаҳои муаллақшуда ва ғайра. Ҳамаи ин моддаҳо барои бадани инсон бегонаанд, бинобар ин системаи иммунӣ кӯшиш мекунад, ки

онҳоро аз байн барад. Аммо аз сабаби зиёд шудани моддаҳои зарарнок организм онҳоро бартараф карда наметавонад ва ин моддаҳо дар дохили организм чамъ шуда, ба кори муътадили организми инсон халал мерасонанд.

Пешгӯй ва роҳҳои ҳалли ифлосшавии ҳаво аз воситаҳои нақлиёт

Мушкилоти ҷойдошта ба вазъи экологӣ дар тӯли солҳо бештар хоҳад таъсир намуд, агар истифодаи воситаҳои нақлиёте, ки бо маҳсулоти нафти кор мекунад, кам нашавад.

Роҳҳои зиёде барои кам кардани консентратсияи партовҳои зараровари воситаҳои нақлиёт мавҷуданд:

- умедбахштарин иваз кардани бензин бо гази табиӣ аст, ки сифати ҳаворо ба таври назаррас беҳтар мекунад;
- роҳи дигари ҳалли масъала ин таъсиси боғҳо дар наздикии шоҳроҳҳои асосӣ ва манзараҳои (ландшафт) бисёрсатҳа дар минтақаҳои мебошад, ки боғҳо имконнопазиранд;
- имконоти дигар барои ҳифзи атмосфера аз партовҳои воситаҳои нақлиёт тавассути эҷоди полунаҳои (филтр) самаранок истифода кардан;
- истифодаи нақлиёти барқие, ки дар ояндаи наздик боиси мушкилотҳои вобаста ба қисмҳои эҳтиёти нестанд.

Хулоса

Инсоният то ин замон барои қонеъ кардани эҳтиёҷи худ қорҳои зиёдеро анҷом дод, ки ин боис ба пайдо шудани мушкилотҳои зиёде гардид. Ҳар қадаре ки рушди илму техника пеш рафта истодааст дар баробари он мушкилотҳои нав ва хатарҳои нав инсонро таҳдид менамояд. Бо назардошти гуфтаҳо умед ҳаст, ки барои пешгирӣ намудани олудашавии муҳити атроф ва зарар ба саломатии аҳолии шаҳро ноҳияҳо бояд дар асоси қонунҳои табиат низ бояд тақия кард.

Адабиёт

1. Кобулиев З.В., С.М.Аслов Некоторые аспекты загрязнения атмосферы в условиях г.Душанбе и пути его снижения., Научно-технические нововведения и вопросы охраны окружающей среды, тезисы Докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 5-й годовщине независимости Республики Таджикистан и 40-летию образования Таджикского Технического Университета (Политехнического института) Душанбе, 1996 – С. 11–18.
2. Дементьев А.А., Ляпкало А.А., Коновалов О.Е., Цурган А.М. Влияние автомобильного транспорта на качество жизни горожан, проживающих на разной удаленности от автомобильных дорог // Российский медико-биологический вестник им. Академика И.П. Павлова. 2016. №3. С. 67-73.
3. Егорова О.С., Буркеева Д.Р., Гоголь Э.В., Тунакова Ю.А. Оценка вклада автотранспортных потоков в загрязнение атмосферного воздуха г. Казани // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №16. С. 141-142.
4. Серебрицкий И. А. Использование статистической информации в сфере государственного управления окружающей средой в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://finbiz.spb.ru/download/4_2014/serebr.pdf (дата обращения: 17.03.2017).
5. Эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха при модернизации электрофильтра к рукавному для снижения воздействия пыли на территории ОАО «Таджикцемент» / С. М. Каримов, Х. Б. Бобоев, С. Ж. Иброхимов, С. Ш. Самиев // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2023. – № 2(2). – С. 9-13. – EDN CNKFOI.
6. Каримов, С. М. Исследование запыленности атмосферного воздуха вблизи ОАО "Таджикцемент" Г.Душанбе путем отбора проб воздуха / С. М. Каримов, Х. Б. Бобоев, Х. Ш. Гулахмадов // Химия и инженерная экология - XXIII : СБОРНИК ТРУДОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ (ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ), ПОСВЯЩЕННОЙ СОТРУДНИЧЕСТВУ С СОЮЗНЫМИ ГОСУДАРСТВАМИ, Казань, 25–26 сентября 2023 года. – Казань: ИП Сагиев А.Р., 2023. – С. 21-27. – EDN XUIGXU.

7. Определение приоритетных загрязняющих веществ, подлежащих контролю в приземном слое атмосферного воздуха на территории Г. Душанбе / С. М. Каримов, С. С. Шоев, Х. Ш. Гулахмадов, Х. Б. Бобоев // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. – 2023. – Т. 1, № 2(31). – С. 107-118. – EDN MGCHCH.

8. Азимов, Д. С. Воздействие изменения климата на качество атмосферного воздуха в городе Душанбе / Д. С. Азимов // Химия и инженерная экология - XXV : сборник трудов международной научной конференции (школа молодых ученых), посвященной научному сотрудничеству России и дружественных стран, а также деятельности Академического союза «Зелёного» развития Ассоциации технических университетов России и Китая, Казань, 25–26 сентября 2025 года. – Казань: ИП Издательство Сагиев А.Р., 2025. – С. 197-199. – EDN VTLMPU.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ГОРОДЕ ДУШАНБЕ И СПОСОБЫ ЕГО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ.

Иброҳимов С.Ч., Гулахмадов Х.Ш., Ситамо́в С., Қоди́рова З.Х.
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В данной статье представлены существующие проблемы, касающиеся источников загрязнения, типов загрязняющих веществ, причин загрязнения и его последствий в городской среде. Предложены меры и рекомендации по устранению существующих проблем.

Ключевые слова: Душанбе; качество; воздух; инверсия; пыль; скорость ветра.

SOME ASPECTS OF AIR POLLUTION IN DUSHANBE CITY AND WAYS TO PREVENT IT

Ibrohimov S.J., Gulahmadov H.Sh., Sitamov S., Qodirova Z.H.
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This article presents existing issues related to pollution sources, types of pollutants, causes of pollution, and its consequences in the urban environment. Measures and recommendations for addressing these issues are proposed.

Keywords: Dushanbe; quality; air; inversion; dust; wind speed.

Сведения об авторах

Иброҳимов Сухроб Чанайдуллоевич – н.и.т., дотсент кафедраи БФИ ва Э ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ. E-mail: suhrobiibrohim73@gmail.com

Гулахмадов Ҳайдар Шарипович – д.и.т., и.в. профессори кафедраи БФИ ва Э ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ. E-mail: h.gulahmadov@mail.ru

Ситамо́в Сиканда́р – м.калони кафедраи БФИ ва Э ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ.

Қоди́рова Зулайхо Холевна – магистранти курси 1-уми кафедраи БФИ ва Э ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ.

УДК 624.042

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ С УЧЁТОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛЕБАНИЙ

Д.Н. Низомов, И.К. Каландарбеков, И.И. Каландарзода, А.Ш. Шарифзода, Ф.Ш. Буриев
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Рассматривается динамическая модель здания для анализа колебаний зданий. В качестве модели здания используется систему с одной степени свободы. С целью снижения сейсмических воздействий в верхние чердачные перекрытия установлен пружинный динамический гаситель, который считается присоединённой. Полученные результаты, свидетельствуют об эффективности динамического гасителя колебаний при воздействии типа

сейсмического. При сейсмическом воздействии здание, помимо поступательных движений, может совершать колебания, сопровождающиеся поворотом перекрытия, как в своей плоскости, так и из плоскости. Внешнее воздействие задано в виде кинематического возмущения.

Ключевые слова: расчётная модель, динамический гаситель, сейсмическое колебание, метод перемещений, присоединённая масса.

Введение

Колебания линейной системы с динамическим гасителем колебаний при различных законах движения основания исследовались в работах [1-6]. Результаты, полученные в этих работах, свидетельствуют об эффективности динамического гасителя.

Достоверность результатов расчета на сейсмические воздействия в значительной степени зависит от выбора расчетной модели и ее соответствия фактическим условиям работы сооружения. Для описания таких колебаний можно использовать расчетную схему, где массы сооружения сосредоточены на уровнях перекрытий и представлены в виде жестких материальных дисков. В этом случае положение системы описывается поступательными перемещениями и углами поворотов дисков

С целью снижения сейсмических колебаний предполагается, что в пределах чердачного перекрытия здания установлен пружинный динамический гаситель, масса которого считается присоединенной к массе покрытия. При этом считается, что масса гасителя перемещается по горизонтали и имеет одну степень свободы.

Рассмотрим модель системы с двумя степенями свободы, состоящей из двух тел с массами m_n и m_G , соединённых пружинами и элементами затухания. Изучим колебания системы, в предположении, что основание A движется по закону $w_0(t)$ и при этом на основную массу может действовать динамическая сила $p_n(t)$.

Для основной системы метода перемещений с дополнительными фиктивными связями по направлению движения масс, составим уравнения

$$r_{11}z_1 + r_{12}z_2 + R_{1p} = 0, \quad r_{21}z_1 + r_{22}z_2 + R_{2p} = 0, \quad (1)$$

где $R_{1p} = m_1(\ddot{z}_1 + \ddot{z}_0) - p_1(t)$, $R_{2p} = m_2(\ddot{z}_2 + \ddot{z}_0)$,

$$r_{11} = k_n + k_G, \quad r_{12} = -k_G, \quad r_{22} = k_G, \quad z_1 = z_n,$$

$$z_2 = z_n + z_G, \quad m_1 = m_n, \quad m_2 = m_G. \quad (2)$$

Внося (2) в (1), получаем

$$k_n z_n - k_G z_G + m_n(\ddot{z}_n + \ddot{z}_0) - p(t) = 0,$$

$$k_G z_G + m_G(\ddot{z}_n + \ddot{z}_G) + m_G \ddot{z}_0 = 0. \quad (3)$$

Из второго уравнения (3) следует, что

$$k_G z_G = -m_G(\ddot{z}_n + \ddot{z}_G) - m_G \ddot{z}_0,$$

тогда первое уравнение приводится в виде

$$k_n z_n + (m_n + m_G)\ddot{z}_n + m_G \ddot{z}_G = p(t) - (m_n + m_G)\ddot{z}_0.$$

Следовательно, для системы с двумя степенями свободы уравнения движения с заменой z на w , имеет вид

$$(m_n + m_G)\ddot{w}_n + m_G \ddot{w}_G + k_n w_n = p(t) - (m_n + m_G)\ddot{w}_0(t),$$

$$m_G \ddot{w}_n + m_G \ddot{w}_G + k_G w_G = -m_G \ddot{w}_0(t) \quad (4)$$

Уравнения движения (4) с учётом сил затухания и трения могут быть представлены в следующем виде

$$(m_n + m_G)\ddot{w}_n + m_G \ddot{w}_G + c_n \dot{w}_n + k_n w_n = p_n(t) - (m_n + m_G)\ddot{w}_0(t),$$

$$m_G \ddot{w}_G + m_G \ddot{w}_n + c_G \dot{w}_G + k_G w_G + f_G(t) = -m_G \ddot{w}_0(t), \quad (5)$$

где $f_G = F_G \text{sign } \dot{w}_G$,

w_G – смещение присоединённой массы относительно m_n ;

k_n - сила, возникающая в пружине массы m_n при единичном перемещении массы m_n ;

c_n - то же при единичной скорости;

$\text{sign } \dot{w}_G$ - единичная функция скорости движения присоединённой массы.

Для численного моделирования (5) можем применять сплайновую аппроксимацию искомой функции [7, 8].

Таким образом, уравнений (5) будем записать для момента времени t_i и внесём туда выражения (6.3.5) и (6.3.6) из [9, 10]. После чего получим систему алгебраических уравнений с неизвестными w_n и w_G

$$r_{nn}^* w_{ni} + r_{nG}^* w_G = q_{ni,i-1} + p_{ni} - m_n^* \ddot{w}_{0i}, \quad (6)$$

$$r_{Gn}^* w_{ni} + r_{GG}^* w_G = q_{Gi,i-1} - f_{Gi} - m_G \ddot{w}_{0i}.$$

Где $r_{nn}^* = m_n^* \frac{\alpha_1}{\tau_i^2} + c_n \frac{\beta_1}{\tau_i} + k_n$, $r_{nG}^* = m_G^* \frac{\alpha_1}{\tau_i^2}$, $r_{GG}^* = m_G \frac{\alpha_1}{\tau_i^2} + c_G \frac{\beta_1}{\tau_i} + k_G$,

$$f_{Gi} = F_G \text{sign } \dot{w}_{Gi}, \quad q_{ni,i-1} = m_n^* a_{ni-1} + m_G a_{Gi-1} + c_n \mathcal{G}_{ni-1},$$

$$q_{Gi,i-1} = m_G a_{Gi-1} + m_n a_{ni-1} + c_G \mathcal{G}_{Gi-1},$$

$$a_{ni-1} = \left(\frac{\alpha_1}{\tau_i^2} w_n + \frac{\alpha_2}{\tau_i} \dot{w}_n + \alpha_3 \ddot{w}_n \right)_{i-1},$$

$$a_{Gi-1} = \left(\frac{\alpha_1}{\tau_i^2} w_G + \frac{\alpha_2}{\tau_i} \dot{w}_G + \alpha_3 \ddot{w}_G \right)_{i-1},$$

$$\mathcal{G}_{ni-1} = \left(\frac{\beta_1}{\tau_i} w_n + \beta_2 \dot{w}_n + \tau_i \beta_3 \ddot{w}_n \right)_{i-1},$$

$$\mathcal{G}_{Gi-1} = \left(\frac{\beta_1}{\tau_i} w_G + \beta_2 \dot{w}_G + \tau_i \beta_3 \ddot{w}_G \right)_{i-1}. \quad (7)$$

Из решения системы уравнений (7) получим

$$w_{ni} = \frac{1}{r_{nn}^{**}} \left(q_{ni,i-1}^* + f_{Gi}^* - m_n^{**} \ddot{w}_{0i} + p_{ni} \right), \quad (8)$$

$$w_{Gi} = - \frac{r_{Gn}^*}{r_{GG}^*} w_{ni} + \frac{1}{r_{GG}^*} \left(q_{Gi,i-1} - f_{Gi} - m_G \ddot{w}_{0i} \right), \quad (9)$$

здесь $q_{ni,i-1}^* = q_{ni,i-1} - q_{Gi,i-1} \frac{m_G \alpha_1}{\tau_i^2 r_{GG}^*}$, $f_{Gi}^* = f_{Gi} \frac{m_G \alpha_1}{\tau_i^2 r_{GG}^*}$,

$$m_n^{**} = m_n^* - \frac{m_G^2 \alpha_1}{\tau_i^2 r_{GG}^*}; \quad r_{nn}^{**} = r_{nn}^* - \frac{m_G^2 \alpha_1^2}{\tau_i^4 r_{GG}^*}.$$

Внешнее воздействие может быть задано в виде кинематического возмущения $\ddot{w}_0(t)$, либо в виде начальной скорости $\dot{w}_0 = s/m_n$, либо в виде динамической нагрузки $p_n(t)$. Шаг интегрирования τ_i выбирается в зависимости от периода свободных колебаний системы без присоединённой массы.

Заключение

Для модели здания с различными степенями свободы с учётом податливости основания без гасителя и сгасителем, исследованы свободные колебания. При учёте работы гасителя

значительно уменьшаются амплитуды колебаний, что приводит к увеличению основного периода колебаний приблизительно на 14%. При учёте податливости основания увеличивается амплитуды колебаний и периода свободных колебаний примерно на 18%.

Литература

1. Петров А.А. Вероятностная оценка нормируемых параметров сейсмической реакции сооружений// Строительная механика и расчет сооружений. 1990, №1, С.72-78.
2. Поляков В.С. К вопросу об эффективности динамического гасителя колебаний при сейсмических воздействиях // Строительная механика и расчёт сооружений. 1980. №5, С.49-53.
3. Curtis J.A., Boykin T.R. Response of two - degree of freedom to white noise base excitation// The Journal of the Acoustical Society of America. V.33, N5, 1961, P.655-663.
4. Gupta V.P., Chandrasekaran A.R. Absorber system for earthquake excitations// Proc.4 WCEE, Chile, 1969. v.2, №3, P.139-148.
5. Morrow C.T., Troesch B.A., and Spencer H.R. random response of two coupled resonators without loading// The journal of the Acoustical Society of America. v.33, 1961, P. 46-55.
6. Wirsching P.H., Campbell G.W. Minimal structural response under random excitation using the vibration absorber// Earthquake engineering and Structural Dynamics, 1974, v.2, №1, P. 303-148.
7. Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Динамический расчёт многоэтажных зданий на основе метода сосредоточенных деформаций - № 1(126) – 2007. Душанбе: - С. 98-106.
8. Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций в решении одномерных динамических задач// Доклады АН Республики Таджикистан. - № 3. Т.49 - 2006. Душанбе: - С. 284-288.
9. Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций // Душанбе, «Дониш», 2015, 435 с.
10. Низомов, Д. Н. Исследование свободных колебаний сейсмоизолированных зданий с учетом кручения и поворота инерционных масс / Д. Н. Низомов, И. К. Каландарбеков, И. И. Каландарбеков // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 165-170. – EDN AGRRVL.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИНО БО ДАРНАЗАРДОШТИ ХОМУШКУНАКИ ДИНАМИКИИ ЛАРЗИШ

Ч.Н. Низомов, И.К. Каландарбеков, И.И. Каландарзода, А.Ш. Шарифзода, Ф.Ш. Буриев
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Аннотация. Дар ин мақола модели динамикии бино барои таҳлили ларзишҳои он баррасӣ карда мешавад. Ҳамчун модели ҳисобӣ системаи дорои як дараҷаи озодӣ истифода шудааст. Бо мақсади коҳиш додани таъсирҳои сейсмикӣ дар қисми болои пӯшиши болохона хомӯшкунандаи динамикии пружинӣ насб карда шудааст, ки ҳамчун массаи пайваستшуда қабул мегардад. Натиҷаҳои бадастомада самаранокии хомӯшкунандаи динамикии ларзишро ҳангоми таъсири сейсмикӣ тасдиқ менамоянд. Ҳангоми таъсири сейсмикӣ бино, ғайр аз ҳаракатҳои ҳаттӣ (пешраванда), инчунин метавонад ларзишҳое иҷро намояд, ки бо гардиши пӯшиш ҳам дар ҳамвории худ ва ҳам берун аз он ҳамроҳ мебошанд. Таъсири беруна дар шакли ангеизи кинематикӣ дода шудааст.

Калидвожаҳо: модели ҳисобӣ, хомӯшкунандаи динамикӣ, ларзиши сейсмикӣ, усули ҷойивазкунӣ, массаи пайвастшуда.

MODELING OF BUILDINGS WITH A DYNAMIC VIBRATION DAMPER

D.N. Nizomov, I.K. Kalandarbekov, I.I. Kalandarzoda, A.Sh. Sharifzoda, F.Sh. Buriev
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. This paper considers a dynamic model of a building for analyzing its vibrations. A single-degree-of-freedom system is used as the computational model of the structure. To reduce seismic

effects, a spring-type dynamic vibration absorber is installed at the upper attic floor level, which is treated as an attached mass. The obtained results demonstrate the effectiveness of the dynamic vibration absorber under seismic-type excitation. Under seismic loading, a building may experience not only translational motions but also vibrations accompanied by rotation of the floor slab, both in-plane and out-of-plane. The external action is modeled as kinematic excitation.

Keywords: computational model, dynamic vibration absorber, seismic vibrations, displacement method, attached mass.

Сведения об авторах

Низомов Джахонгир Низомович – член-корр. НАНТ, д.т.н., профессор, кафедры промышленного и гражданского строительства ТТУ имени академика М.С.Осими, E- mail: tiees@mail.ru

Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович - д.т.н., профессор кафедры промышленного и гражданского строительства ТТУ имени академика М.С.Осими. E- mail: kalandarbekovimomyorbek@gmail.com

Каландарзода Ифтихор Имомёр – к.т.н., доцент, декан Инженерно - технического факультета БНТУ- ТТУ имени академика М.С.Осими. E- mail: q.iftikhor@gmail.com

Буриев Фаррух Шухратович - магистр 2-го курса, специальность 1-700201Б

УДК 624.042

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

И.И. Каландарзода, И.К. Каландарбеков, Д.Дж. Джурахонзода, Ф.Ш. Буриев
(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье приведен обзор различных видов сейсмоизоляции, которых можно использовать на сейсмоопасных территориях. В настоящее время ведётся строительство высотных зданий на сейсмоопасных территориях нашей страны. В связи с этим возникает проблема обеспечения сейсмостойчивости зданий в данных зонах. Решение этой задачи даёт гарантии безопасного проживания людей на этих территориях. В зависимости от характера деформирования зданий приводятся выборы модели. Наиболее эффективным методом сейсмоизоляции является установка в конструкции здания резинометаллических опор.

Ключевые слова: сейсмостойкость, сейсмозащита, сейсмоизоляция, сейсмическая опасность, сейсмоизолирующий пояс, кинематическая опора, пластическая деформация.

Введение

В основном на территории нашей республики возводятся здания и сооружений, которые пассивным способом обеспечивают сейсмостойчивости в результате чего приводят к увеличению как жёсткости, так и веса сооружений и конечно увеличивается сейсмическая нагрузка. Большая часть территории Республики Таджикистан находится в сейсмоопасных зонах. Корректное решение данной проблемы гарантирует безопасности проживания людей на этих территориях [3-8]. В конце XX века и начала XXI века в практике и науке направление строительство получили широкое развитие разработка и практическое применение устройств сейсмозащиты и сейсмоизоляции различных видов зданий, сооружений, оборудования снижающих интенсивность сейсмических нагрузок и повышающих их сейсмостойкость [14].

Разработаны множество конструкции сейсмической изоляции, которые отличаются принципом действия и характером работы. Для ряда конструкции сейсмической изоляции выполнены большие теоретические и экспериментальные исследования в результате чего выявлены их эффективности. Последний, как правило, оценивается по следующим критериям, это по части снижения сейсмических нагрузок на здание, а также по величине относительных смещений сейсмоизолированного здания по отношению фундамента или основания.

С целью исключения опасного последствия землетрясения, необходимо строить такие здания и сооружения, которые выдержали бы сильные колебания поверхности земли без больших

повреждений. Следовательно, задача сейсмозащиты зданий и сооружений от разрушений является актуальной.

Системы сейсмоизоляции и сейсмозащиты

Так как сейсмическая изоляция является новое научное направление, на сегодняшний день нету единой методологии научно-технического обоснования, которое позволяла бы делать реальные выводы о полезности того или иного решения, а также, о его целесообразности [9].

Задача специалистов в области сейсмостойкости сооружений состоит в том, что по возможности довести до минимума предполагаемые риски от сейсмических воздействий, для обеспечения безопасности населения и стабильность работы всех промышленных и социальных предприятий и других инфраструктуры.

Сейсмическая опасность. Как следует из данных национального информационного центра землетрясений при геологической службе США каждый год на планете возникают в среднем 120 землетрясений магнитудой 6,0-6,9, относящиеся к сильным, 18-очень сильных (M7,0-7,9) и приблизительно одно - два в год – катастрофических (M более 8,0). Необходимо отметить, что слабые подземные толчки до нескольких тысяч ежедневно фиксируются приборами.

В соответствии с данными Мюнхенского Центра по страхованию, в мире за последние 75 лет в результате землетрясений человеческие жертвы составили 58,13%, а экономические потери- 50,07%.

В последние десятилетия резко выросли возможности выполнять численные исследования на ЭВМ напряженно -деформированного состояния конструкций, как в упругой, так и в неупругой постановке.

Для каждого конкретного случая в зависимости от характера деформирования зданий и сооружений выбираются расчётные модели. Например, здания небольшой этажности со слабыми колоннами в основном деформируются при сдвиге, что позволяет использовать сдвиговую модель здания, а для высотных зданий с короткими размерами т.е. башенного типа преобладают изгибные деформации. Для таких зданий необходимо ещё и учёт поворота вышележащих элементов зданий. Для монолитных зданий с ядром жёсткости можно использовать распределённые модели, которые позволяют намного точнее передать деформированные состояния. Для зданий несимметричном в плане главный параметр является крутильные колебания, которые учитываются в рамках концепции нелинейного анализа [1].

Следует отметить, что учёт нелинейной работы зданий и сооружений, а также грунтов основания, вызвано развитием пластических деформаций в элементах зданий и грунтов основания. Данная проблема очень актуальна для высотных и повышенной этажности зданий.

К изоляторам маятникового типа относятся фундаменты на тросах [15] и сферические опоры, в которых гашение сейсмического воздействия осуществляется за счёт гравитационных сил.

За последние 115 лет на территории нашей республики зафиксированы 6 сильных землетрясений. Каратагское 1907г. (9–10 баллов); Сарезское 1911г. (9–10 баллов); Файзабадское 1930г. (9 баллов); Гармское 1941г. (9 баллов); Файзабадское 1943г. (8 баллов); Хаитское 1949г. (9–10 баллов).

В конце XX века и начала XXI века в строительной науке и практике получили массовое развитие разработка и практическое применение устройств сейсмозащиты и сейсмоизоляции различных видов зданий, сооружений, оборудования, снижающих интенсивность сейсмических нагрузок и повышающих их сейсмостойкость.

Так, например, в 1959 г. в Ашхабаде было построено трёхэтажное кирпичное здание с сейсмоизоляцией системы Ф.Д.Зеленькова, где надземные конструкции с помощью тяжёлых и пружин подвешивались к стенам монолитного железобетонного фундамента. В 1972 г. в Севастополе было построено пятиэтажное крупнопанельное здание с сейсмоизолирующим поясом, состоящим из армоцементных опор в форме эллипсоидов вращения, уложенных по всей площади фундамента. В Армении разрабатываются проекты и осуществляется строительство 10 - 20 - этажных зданий с системами сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор. В Японии первые исследования сейсмоизоляции сооружений в современном представлении были начаты в

1981 г. Начиная с 1986 г., продолжалось устойчивое строительство сейсмоизолированных зданий, к концу 1994 г. было построено около 80 таких зданий, расположенных главным образом в районе г. Токио. Первое сейсмоизолированное здание в Китае было построено в 1993 г. Огромный интерес применения в сооружениях систем сейсмоизоляции и регулирования сейсмической реакции наблюдается в Тайване, Новой Зеландии, Турции, Чили, Греции, Португалии, Мексике, Иране [13].

Сейсмоизолирующие устройство с скользящим поясом конструктивно выполнены в виде верхнего и нижнего опорных элементов, между которыми размещён изолирующий слой из материалов минерального происхождения (песок, глина и т. д) или синтетических прокладок с низким значением коэффициента трения, например, фторопласта [12].

В соответствии с рекомендацией [11] в зданиях с жёсткой конструктивной схемы сейсмоизолирующего скользящего пояса разрешается до 9 этажей, а в кирпичных зданиях - до 5 этажей. Наиболее полно разработана теория адаптивных систем сейсмозащиты получившая основное развитие в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. При достижении некоторого порогового уровня амплитуд колебания системы за счёт разрушения выключающихся связей происходят изменения динамических характеристик системы.

Системы сейсмозащиты с кинематическими опорами осуществляют подвижность здания или сооружения относительно стационарного опорного монолитного или сборного фундамента, жёстко связанного с грунтом [16].

Динамические гасители эффективно подавляют установившиеся вынужденные колебания конструкций при сейсмическом воздействии. Исследования, проведённые в [11], дали возможность их внедрять для зданий и сооружений. Гасителями колебаний называются устройства, преобразующие механическую энергию колебаний в тепловую и рассеивающие её в окружающую среду. Особенность системы сейсмозащиты с использованием динамических гасителей колебаний состоит в том, что вводится дополнительная масса, которая соединяется с несущими конструкциями упругими связями и демпфирующими элементами.

Колебания линейной системы с динамическим гасителем колебаний при различных законах движения основания исследовались в работах [2]. Результаты, полученные в этих работах, свидетельствуют об эффективности динамического гасителя колебаний при воздействии типа сейсмического.

Одним из самых эффективных методов сейсмоизоляции является установка в конструкции здания резинометаллических опор [10]. Последние являются элементами с ярко выраженным нелинейным характером работы при действии сейсмических нагрузок. Обеспечение надёжности сейсмостойкого строительства, несомненно, представляет собой сложнейшую задачу. Сложность этой задачи определяется не только не полной информацией о внешнем воздействии на сооружение во время землетрясения, но и недостаточной изученностью работы сооружений при интенсивных динамических нагрузках.

Наиболее эффективным способом сейсмоизоляции считается использование резинометаллических опор (РМО). РМО представляют собой слоистые конструкции из поочерёдно уложенных друг на друга листов натуральной или искусственной резины. Внутренние слои резины толщиной от 3.0 до 8.0 мм со стальными пластинами толщиной от 1.5 до 4.0 мм. Количество слоёв резины может быть от 20 до 40, количество стальных пластин от 19 до 39. Верхняя и нижняя соединительная пластины РМО изготавливаются толщиной 10 – 40 мм и необходимы для крепления к фундаменту и над опорными конструкциями.

Динамическим расчётом называют расчёт сооружения с учётом сил инерции и возникающих при этом колебаний. Изучение и разработки множество вариантов сейсмической изоляции зданий и сооружений непосредственно связано с развитием динамических расчётов. Для анализа напряжений и усилий в элементах здания необходимо применять более сложные расчётные модели.

Для гашения колебаний сооружений с собственными периодами $T_0 \geq 2\text{с}$, или частотами собственных колебаний $f \leq 0.5\text{Гц}$ используют динамические гасители в виде перевёрнутого маятника с демпфированием.

Заключение

Сравнение различных типов сейсмической изоляции показывают, что каждой из которых имеют преимущество и эффективность для конкретных конструктивных систем, этажность и региональной особенности территории. Для нашей Республики со сложной инженерно-геологических условий, эффективно применение сейсмические изоляции в виде резинометаллических опор. С целью разработки эффективных сейсмостойких зданий в сложных инженерно-геологических условиях Республики Таджикистан необходимо развивать используемые методы расчёта зданий и сооружений от сейсмического воздействия.

Литература

1. Болотин В. В., Радин В.П., Трифонов О.В., Чирков В.П. Моделирование сценариев разрушения высотных конструкций при интенсивных сейсмических воздействиях//Изв. вузов. Строительство. 2004, №2, С.4-10.
2. Дукарт А.В. Задачи теории ударных гасителей колебаний. – М.: АСВ, 2006, 205 с.
3. Каландарбеков И.И., Каландарбеков И.К., Низомов Д.Н. Сейсмоизоляция как средств защиты зданий от землетрясений. Наука и инновация, ТГНУ, 2017. №2, С. 133 – 136.
4. Каландарбеков И. Исследование сейсмической реакции здания методом сосредоточенных деформаций// Сеймос. строительство. Безопасность сооружений. - №3 - 2009. Москва: - С. 27-28.
5. Низомов Д.Н., Каландарбеков И., Ходжибоев А.А. Спектральный анализ сейсмических колебаний// Доклады АН Республики Таджикистан. - №11.Т58- 2015. Душанбе: - С. 1009-1015.
6. Низомов Д.Н., Каландарбеков И., Каландарбеков И.И. Сравнительный анализ различных типов сейсмоизоляции в многоэтажных зданиях//Известия АН РТ. Отделение физико-математи., химических, геологических и технических наук. - №4(165) - 2016. Душанбе: - С. 58-64.
7. Низомов Д.Н., Каландарбеков И., Ходжибоев А.А. Численный анализ модели сейсмоизолированного многоэтажного здания //Материалы научно - прак. конфер. по сейсмостойкому строительству памяти В.И. Смирнова. Москва, 2016. - С. 271-272.
8. Низомов Д.Н., Каландарбеков И., Каландарбеков И.И. Численное моделирование сейсмоизолированных зданий с сухим трением//Доклады АН РТ. - том 61. - №1. 2018. Душанбе: - С. 47-53.
9. Низомов Д.Н. Проблемы сейсмостойкого строительства в Таджикистане научно - техни. журнал. Строительства и архитектура, 2010. №5, С. 25 – 27.
10. Резников Л.М., Флишман Г.М. Эффективность динамического гасителя колебаний при нестационарных случайных воздействиях // Строительная механика и расчёт сооружений. 1981, № 1, С. 56 – 59.
11. Рекомендации по проектированию зданий с сейсмоизолирующим скользящим поясом и динамическими гасителями колебаний. – М.,1984, 55 с.
12. Смирнов В.И. Испытания зданий с системами сейсмоизоляции динамическими нагрузками и реальными землетрясениями //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – М., 2009, № 4, С. 23 – 28.
13. Уздин А.М., Сандович Т.А., Аль Насер М.С. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. – СПб.: Издательство ВНИИГ, 1993, 176 с.
14. Каландарбеков, И. К. Исследование задачи взаимодействия здания с основанием в условиях высокой сейсмичности / И. К. Каландарбеков, У. М. Махмадиев, И. И. Каландарбеков // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2022. – № 1(57). – С. 132-141. – EDN UHQPH.
15. Каландарбеков, И. К. Проблема сейсмической безопасности глинобитных домов на территории Республики Таджикистан / И. К. Каландарбеков, И. И. Каландарбеков, А. Ш. Шарифзода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 2(62). – С. 214-218. – EDN ODRUGE.

16. Низомов, Д. Н. Исследование свободных колебаний сейсмоизолированных зданий с учетом кручения и поворота инерционных масс / Д. Н. Низомов, И. К. Каландарбеков, И. И. Каландарбеков // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 165-170. – EDN AGRRVL.

ТАҲЛИЛИ ТАДҚИҚОТ ОИД БА ҲИФЗКУНАКҲОИ СЕЙСМИКӢ

И.И.Қаландарзода, И.Қ.Қаландарбеков, Д.Дж. Джурахонзода, Ф.Ш. Буриев
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола намудҳои гуногуни ҷудокунакҳои сейсмике, ки дар қаламрави хавфноки сейсмикӣ истифода бурда мешаванд, оварда шудаанд.

Калидвожаҳо: зилзилатобоварӣ, ҳифзкунакҳои сейсмикӣ, ҷудокунакҳои сейсмикӣ, хатари сейсмикӣ, камарбанди хазанда, таъягоҳи кинематикӣ, деформатсияҳои пластикӣ.

ANALYSIS OF RESEARCH ON SEISMIC PROTECTION OF BUILDINGS

I.I. Kalandarzoda, I.K. Kalandarbekov, D. J. Jurakhonzoda, F.Sh. Buriev
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The paper provides a review of various types of seismic isolation that can be used in earthquake-prone regions. At present, high-rise buildings are being constructed in seismically active areas of the Republic of Tajikistan, which raises the problem of ensuring the seismic resistance of buildings in these regions. Solving this problem guarantees the safety of people living in seismically active zones. Depending on the deformation behavior of buildings, appropriate modeling approaches are selected. The most effective method of seismic isolation is the installation of rubber-metal bearings in the building structure.

Keywords: seismic resistance, seismic protection, seismic isolation, seismic hazard, seismic isolation belt, kinematic support, plastic deformation.

Сведения об авторах

Каландарзода Ифтихор Имомёр – к.т.н., доцент, декан Инженерно - технического факультета БНТУ- ТТУ имени академика М.С.Осими. E- mail: q.iftikhor@gmail.com

Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович - д.т.н., профессор кафедры промышленного и гражданского строительства ТТУ имени академика М.С.Осими. E- mail: kalandarbekovimomyorbek@gmail.com

Джурахонзода Далер Джурахон – к.т.н., заведующий кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ имени академика М.С.Осими. E- mail:

Буриев Фаррух Шухратович - магистр 2-го курса, специальность 1-700201Б

УДК 631.67:633.51

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОФИТОЦЕНОЗОВ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА

А.М. Хайдаров

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы интенсификации хлопководства через оптимизацию гидрофизических режимов почвы. На основе анализа полевых опытов в Согдийской области выявлено влияние различных порогов влажности на формирование мощной корневой системы и накопление биомассы сорта С6530. Установлено, что поддержание влажности на уровне 75-80-60% от НВ обеспечивает максимальную глубину проникновения

корней (до 190 см) и рост сухой массы растения на 50%. Предложены меры по внедрению систем мелиоративного мониторинга и водосберегающих технологий.

Ключевые слова: мелиорация, хлопчатник, режим орошения, влажность почвы, корневая система, биомасса, Таджикистан.

Введение

Современное состояние мелиоративных систем Таджикистана в условиях изменения климата требует внедрения водосберегающих технологий и точного регулирования поливных режимов. Для обеспечения устойчивой продуктивности хлопководства необходимо научное обоснование мелиоративных параметров, определяющих морфофизиологические реакции растений. Эффективность орошения в аридных зонах Согдийской области напрямую зависит от глубины увлажнения и динамики влажности почвенных горизонтов, что является критическим фактором для технико-экономических показателей агробизнеса.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является процесс формирования водного режима почв под посевами хлопчатника сорта С6530 в условиях Согдийской области. Предметом исследования выступают закономерности развития корневой системы и биомассы растений в зависимости от структуры поливных режимов.

Методологическую основу работы составили полевые эксперименты на базе ГУ «ТаджикНИИГиМ», методы системного анализа и статистической обработки опытных данных. Применение компаративного анализа вариантов увлажнения позволило выявить наиболее эффективные схемы полива.

Результаты исследования

Анализ выявил прямую зависимость между влажностью почвенных горизонтов и развитием корневой системы. Одной из центральных проблем является технологическая стагнация — использование устаревших схем полива, ведущих к поверхностному развитию корней. Исследования подтвердили, что при оптимальном режиме (75-80-60% от НВ) глубина экспансии корневой системы достигает 190 см. Это обеспечивает значительное преимущество в выживаемости по сравнению с традиционными режимами, где корни проникают лишь на 160 см.

Дефицит оперативных мониторинговых показателей влажности почвы часто ведет к нарушению графиков полива. Анализ биомассы подтверждает, что при полноценном водообеспечении воздушно-сухая масса одного растения достигает 21,61 г, что на 50% выше контрольных значений. Установлено, что более 60% корней сосредоточено в пахотном слое, однако активное развитие глубинных отростков в слоях 40–100 см минимизирует риски потери продуктивности в периоды экстремально высоких летних температур.

Пути технической модернизации мелиоративных режимов

Одним из ключевых векторов развития является техническое совершенствование через точную планировку чеков и внедрение систем капельного орошения, снижающих потери воды на 30%. Важным направлением остается автоматизация мелиоративного мониторинга. Установка датчиков контроля влажности на глубине до 100 см позволяет устранить субъективный фактор и обеспечить высокую точность дозирования воды. Сочетание этих мер с созданием четкой нормативной базы водопользования повысит предсказуемость условий ведения агробизнеса в регионе.

Заключение

Проблемы технического обеспечения хлопководства Таджикистана требуют системного подхода. Несовершенство поливных режимов создает риски, сдерживающие развитие отрасли. Для преодоления этих ограничений необходим переход к научно обоснованным режимам (75-80-60% от НВ) и развитие цифровых инструментов контроля водного баланса. Реализация данных подходов обеспечит устойчивое инновационное развитие национального агропромышленного комплекса.

Литература

1. Ахмедов Г. С. Оптимальные поливные режимы хлопчатника на светло-сероземах Согдийской области // Вестник ТНУ. – 2010. – № 5. – С. 112–118.
2. Правительство Республики Таджикистан. Стратегия развития «зеленой» экономики на 2023-2037 годы. – Душанбе, 2023. – 145 с.
3. Хамидов А. Х. Мелиорация и водные ресурсы: пути рационального использования в Центральной Азии // Управленческий учет. – 2024. – № 2. – С. 150–160.

ОПТИМИЗАТСИЯИ РЕЧАҲОИ ОБӢРИИ ПАХТА ДАР КОНТЕКСТИ БАЛАНД БАРДОШТАНИ ИҚТИДОРИ МУТОБИҚШАВИИ АГРОФИТОСЕНОЗҲОИ ШИМОЛИ ТОҶИКИСТОН

А.М. Ҳайдаров

(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола масъалаҳои интенсификасияи пахтакорӣ тавассути беҳтар намудани параметрҳои гидрофизикии хок баррасӣ мешаванд. Дар асоси таҷрибаҳои саҳроӣ дар вилояти Суғд таъсири речаҳои гуногуни намнокӣ ба ташаккули системаи реша ва ҷамъшавии биомассаи навъи С6530 муайян карда шудааст. Исбот гардидааст, ки нигоҳ доштани намӣ дар сатҳи 75-80-60% аз НВ ба чуқур рафтани решаҳо (то 190 см) ва то 50% зиёд шудани массаи хушк мусоидат мекунад. Ҷорӣ намудани мониторинги мелиоративии техникӣ ва технологияҳои обсарфакунанда тавсия дода мешавад.

Калидвожаҳо: мелиоратсия, пахта, речаи обёрӣ, намии хок, системаи реша, биомасса, сарфаи об, Тоҷикистон.

OPTIMIZATION OF COTTON IRRIGATION REGIMES IN THE CONTEXT OF INCREASING THE ADAPTIVE POTENTIAL OF AGROPHYTOCENOSSES IN NORTHERN TAJIKISTAN

A.M. Haydarov

(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The article considers the issues of cotton cultivation intensification by optimizing the hydrophysical parameters of the soil. Based on field experiments in the Sughd region, the impact of various moisture regimes on root system development and biomass accumulation of the C6530 variety was determined. It is proven that maintaining moisture within 75-80-60% of field capacity promotes maximum root penetration (up to 190 cm) and a 50% increase in dry mass. The implementation of hardware reclamation monitoring and water-saving technologies is recommended.

Keywords: land reclamation, cotton, irrigation regime, soil moisture, root system, biomass, water saving, Tajikistan.

Сведения об авторе

Хайдаров Ашрафхон Маъруфхонович — кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология» ТТУ имени академика М.С. Осими. Тел.: +992 937418431. E-mail: ashrofzoda@mail.ru

УДК 691.327.33

ЭФФЕКТЫ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А.А. Акрамов, Д.С. Рафиев, С.Ш. Рафиев, У.А. Панджиев

(ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. В статье приведены характеристики и технологии производства ячеистых бетонов и их преимущество. Выявлено, что ячеистые бетоны обладают высокой несущей способностью, закрытые поры материала, заполненные воздухом, обеспечивают прекрасные теплоизоляционные свойства и являются экономичным материалом.

Ключевые слова: ячеистый бетон, несущие стены, теплоизоляция, звукоизоляция, микрокремнезем, суперпластификатор.

Введение

В настоящее время ячеистый бетон прочно занимает одно из ведущих мест как универсальный материал, позволяющий решать обширный класс инженерных задач, обеспечивающий современное качество и конкурентоспособность строительной продукции. Одной из таких задач является переход с традиционных (низкоэффективных и дорогих строительных материалов) на высокотехнологичные и недорогие строительные материалы. Наряду с малоэтажным строительством блоки из ячеистого бетона нашли широкое применение и в высотном, каркасно-монолитном домостроении, в качестве наружных стен и внутренних перегородок. В каркасно-монолитных зданиях все нагрузки передаются на несущий каркас, при этом отпадает необходимость устройства толстых несущих стен, а наружные стены выполняют лишь роль ограждающей, звуко-теплоизолирующей конструкции. Соответственно при уменьшении толщины стены значительно уменьшается её вес, тем самым снижается нагрузка на фундаменты. При этом строительство сооружений не потребует устройства более массивных наружных стен и несущих оснований, а сосредоточится на проблемах улучшения тепло-звукозащитных характеристик ограждающих конструкций.

В современном строительстве блоки из ячеистого бетона находят свое применение в области теплоизоляционного и конструкционного строительства. Их используют в качестве утеплителя при возведении перекрытий, для утепления стен и для закладки проемов при возведении зданий из монолита. Основным критерием, определяющим качество блоков из ячеистого бетона, является технология их производства. В современной строительной науке огромное место отводится изучению свойств ячеистого бетона, его применения и использования в строительной индустрии.

Дерябиным П.П. было придумано изобретение, которое относится к производству строительных материалов и может быть использовано при изготовлении ячеистого бетона неавтоклавного твердения. Техническим результатом данного изобретения является повышение предела прочности при сжатии и коэффициента конструктивного качества при сохранении пониженной средней плотности. Указанный технический результат достигается тем, что сырьевая смесь для приготовления ячеистого бетона, включающая цемент, кварцевый песок, пенообразователь «Неопор», алюминиевую пудру и воду, содержит кварцевый песок с модулем крупности $M_{кр}$ до 1,8, в качестве цемента портландцемент и дополнительно - керамзитовый песок с удельной поверхностью 2000 - 2500 $см^2/г$. [1]

Ученым Кузнецовым В. А. был изобретен способ получения ячеистого жаростойкого бетона при комнатной температуре с низкой объемной массой, повышенными свойствами по влагостойкости, жаростойкости, теплоизоляционными свойствами. Для этого смешивают сухие и жидкие составляющие в соотношении 45 - 80: 29 - 60. Вспучивание и отверждение осуществляют при комнатной температуре. Сухую смесь готовят из ферросилиция дисперсностью (4 - 6) тыс. $см^2/г$, с содержанием кремния 65 - 90%, алюмосиликатов не менее 80% и дисперсностью не более (2 - 3) тыс. $см^2/г$ при их соотношении 1: (0,67 - 2,0). Жидкий компонент готовят из жидкого стекла плотностью не менее 1,43 $г/см^3$ и модулем 2,3 - 2,4; фторсодержащего компонента и едкого натра в соотношении соответственно 1: (0,05 - 0,4): (0,05 - 0,4). Соотношение в смеси составляет в мас. ч.: ферросилиций 25 - 30; алюмосиликат 20 - 50; жидкое стекло 25 - 40; фторсодержащий компонент 2 - 10; едкий натр 2 - 10. Для повышения жаростойкости дополнительно вводят мелкий заполнитель в количестве 25 - 65 мас. ч. Второй вариант формулы предусматривает перемешивание компонентов в другой последовательности. 2 с. и 2 з.п.ф-лы. Задачей изобретения является получение ячеистого бетона путем вспенивания

и отверждения при комнатной температуре, сокращение процесса получения ячеистого бетона низкой объемной массы с повышенными свойствами по влагоемкости, жаростойкости, а также теплоизоляционными свойствами. [2]

Изобретение Когана Д.И. решает несколько задач, из которых основными являются повышение качественных показателей ячеистого бетона автоклавного твердения на основе золы - отхода производства ТЭЦ, и повышение его морозостойкости. Поставленные задачи решены за счет того, что сырьевая смесь для приготовления ячеистого бетона автоклавного твердения, содержащая золу, цемент, известково-зольную смесь, газообразователь на основе алюминиевой пудры и воду, согласно заявляемому изобретению содержит в качестве золы золу-унос ТЭЦ электрофильтрового отбора, характеризующуюся содержанием SiO_2 50- 65%, Al_2O_3 18-30%, Fe_2O_3 2-15%, CaO не более 10%, MgO не более 3% и SO_3 не более 2% и свободного CaO менее 1% и удельной поверхностью, соответствующей остатку на сите 008 не более 20%, соотношение извести и золы в известково-зольной смеси составляет 1:1, при этом сырьевая смесь дополнительно содержит шлам, приготовленный из отходов производства ячеистого бетона, характеризующийся плотностью 1200-1500 кг/м³ и температурой 20- 40°C. Заявляемый ячеистый бетон отличается высокими темпами набора первоначальной прочности, высокими прочностными и теплозащитными показателями [3].

Учеными Сахаровым Г.П. и Стреблицким В.П. был определен новый состав сырьевой смеси для изготовления неавтоклавного ячеистого бетона и способ изготовления изделий из ячеистого бетона. Изобретение может найти применение в промышленности строительных материалов. Суть данного изобретения заключается в том, что сырьевая смесь для изготовления неавтоклавного ячеистого бетона естественного твердения содержит следующие компоненты в мас. частях по отношению к цементу: цемент - 1; хлористый натрий или кальций - 0,005...0,01; микрокремнезем - 0,04...0,1; суперпластификатор С-3 - 0,002...0,01; газообразователь - 0,0016...0,002; воду - 0,3... 0,4. При этом в качестве цемента используется портландцемент или безусадочный портландцемент или напрягающий цемент. Кроме того, смесь может содержать известь негашеную - 0,05...0,1 частей и/или гипс - 0,05...0,1 частей от массы цемента. Микрокремнезем и суперпластификатор С-3 могут использоваться в виде готового продукта - модификатора бетона МБ-01. В качестве газообразователя используют металлические пудры алюминия и ферросилиция. В способе изготовления строительных изделий из неавтоклавного ячеистого бетона путем формирования их из высоковязких вибрируемых смесей с последующим естественным твердением используют вышеописанные сырьевые смеси. В способе изготовления строительных изделий после естественного твердения осуществляется их разрезка на строительные элементы требуемых размеров.

Микрокремнезем, вводимый в сырьевую смесь, вступает в физикохимическое взаимодействие с известью, выделяющейся при гидролизе алита и белита в цементе, а также известью, дополнительно вводимой в сырьевую смесь, образуя с ней дополнительное количество высокопрочных низкоосновных гидросиликатов кальция, упрочняющих структуру цементного камня и ячеистого бетона в целом. Предлагаемая сырьевая смесь и способ изготовления строительных изделий из неавтоклавного ячеистого бетона на ее основе позволяют: повысить прочность до уровня лучших образцов автоклавного ячеистого бетона отечественного и зарубежного производства; снизить среднюю плотность, минимизировать и даже устранить влажностную и карбонизационную усадку и значительно улучшить эксплуатационные свойства в связи с резким уменьшением капиллярной пористости. [4-13]

Выводы

На основе вышесказанного, можно сделать вывод, что применение различных технологий в производстве ячеистого бетона повышают его качественные характеристики, а блоки из ячеистого бетона являются надежным стеновым материалом. Имея оптимальный объемный вес и определенную поровую структуру, материал обладает улучшенными звукозащитными свойствами и прочностными характеристиками. Ячеистые бетоны обладают высокой несущей способностью, закрытые поры материала, заполненные воздухом, обеспечивают прекрасные теплоизоляционные свойства. На обогрев дома из такого бетона требуется ощутимо меньше

энергии, чем на обогрев дома из кирпича. На основании этого можно с уверенностью сказать, что ячеистый бетон является надежным, экономичным и перспективным материалом.

Литература

1. Пат.2390514 Российская Федерация, Сырьевая смесь для приготовления ячеистого бетона/ Дерябин П. П.; заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»; заявл. 12.05.2008; опубл.27.05.2010.
2. Пат.2103239 Российская Федерация, Способ получения ячеистого жаростойкого бетона/ Кузнецов В.А.; заявитель и патентообладатель: Кузнецов В.А.; заявл. 16.03.2001; опубл.27.12.2001.
3. Пат.2378228 Российская Федерация, Ячеистый бетон автоклавного твердения/ Коган Д.И.; заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Комбинат пористых материалов»; заявл. 28.08.2008; опубл.10.01.2010.
4. Пат.2120926 Российская Федерация, Сырьевая смесь для изготовления неавтоклавного ячеистого бетона естественного твердения и способ изготовления изделий из ячеистого бетона/ Сахаров Г. П., Стрельбицкий В.П.; заявитель и патентообладатель: Сахаров Г. П., Стрельбицкий В.П. заявл. 27.12.2001; опубл.10.08.2003.
5. Акрамов А.А. Влияние керамзитового минерального наполнителя цемента на прочность бетона / Шарифов А., Акрамов А.А. Умаров У.Х. Назиров Я.Г. // Международная научно-практическая конференция «Перспектива развития науки и образования», (27-28 ноябрь 2019 г.) С. 93-96
6. Акрамов А.А. Влияние суперпластификаторов на физико-механические свойства бетона / Акрамов А.А., Атаев А.А., Рахманов М.А., Иброхимов Х.У. // Материалы республиканской научно-практической конференции «Социально-экономические и организационно-технические основы развития строительного комплекса в РТ» (7 декабрь 2019) г. Душанбе, С. 125-129
7. Акрамов А.А. Минеральные добавки к бетону / Акрамов А.А., Исломова Г.С., Ходжаев А.Б., Конунов И.Ю. // Материалы республиканской научно-практической конференции «Социально-экономические и организационно-технические основы развития строительного комплекса в РТ» (7 декабрь 2019) г. Душанбе, С. 129-133
8. Акрамов А.А. Легкие бетоны на пористых заполнителях и их разновидности / Акрамов А.А., Исломова Г.С., Ходжаев А.Б., Конунов И.Ю. // Международная научно-практическая конференция «Электроэнергетика Таджикистана: актуальные проблемы и пути их решения», (19 декабрь 2019 г.) С. 191-195
9. Акрамов А.А. Эффекты микронаполняющих минеральных добавок в бетоне / Шарифов А., Акрамов А.А., Умаров У.Х., Хокиев М.К., Ахмедов М.Ф. // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 1(49), Душанбе: «Шинос», 2020. – С. 150–154
10. Акрамов А.А. Эффекты суперпластификаторов в бетонной смеси / Акрамов А.А., Умаров У.Х., Хокиев М.К., Ахмедов М.Ф. // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 1(49), Душанбе: «Шинос», 2020. – С. 139–142
11. Акрамов А.А. Влияние пластифицирующих добавок на строительно-технические свойства цементов / Акрамов А.А., Акрамова Ф.А., Акрамова З.А. // Материалы международной научно-практической конференции. «Электроэнергетика Таджикистана. Проблемы энергосбережения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии». – ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» филиал в г.Душанбе (19 мая 2021 г.). – С.311-314
12. Акрамов, А. А. Оптимизация таркиби бетони майдадонадор / А. А. Акрамов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – No. 4(56). – P. 114-119. – EDN SWHFQD.

13. Акрамов, А. А. Способы повышения долговечности бетона с введением добавок / А. А. Акрамов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. – № 4(72). – С. 175-181. – DOI 10.65599/DOZX6886. – EDN LWMHNR.

ТАЪСИРИ БЕТОНҲОИ КОВОКДОР ҲАНГОМИ СОХТМОНИ БИНОҲО ВА ИНШООТ

А.А. Акрамов, Д.С. Рафиев, С.Ш. Рафиев, У.А. Панжиев
(ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон)

Шарҳи мухтасар. Дар мақола хусусиятҳо ва технологияҳои истеҳсоли бетони ковокдор ва афзалиятҳои онҳо оварда шудаанд. Муайян карда шудааст, ки бетони ковокдор дорои иқтидори баланди борбардорӣ дошта, сӯрохиҳои пӯшидаи мавод, ки бо ҳаво пур шудаанд, хосиятҳои гармидиҳии ниҳоят аъло доранд ва маводи сарфакор мебошанд.

Калидвожаҳо: бетони ковокдор, деворҳои борбардор, қабати гарминагузарони, қабати садонагузаронӣ, микрокремнезем, суперпластификатор

EFFECTS OF CELLULAR CONCRETE IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

A.A. Akramov, D.S. Rafiev, S.Sh. Rafiev, U.A. Pandzhiev
(TTU named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Abstract. The article presents the characteristics and production technologies of cellular concrete and their advantages. It is revealed that cellular concrete has a high bearing capacity, closed pores of the material filled with air provide excellent thermal insulation properties and are an economical material.

Keywords: cellular concrete, load-bearing walls, thermal insulation, sound insulation, microsilica, superplasticizer.

Сведения об авторах

Акрамов Авазжон Абдуллоевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 93-533-22-33 E-mail: akramov.avaz@mail.ru

Рафиев Додхудо Саъдуллоевич – магистрант 1-го курса специальности 1-700201 «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 931-14-48-41 E-mail: rafiev.dodkhudo@gmail.com

Рафиев Сафилох Шухратович – магистрант 1-го курса специальности 1-700201 «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 987-61-16-22 E-mail: rafiev.safioloh@gmail.com

Панджиев Умедчон Аъзамович – магистрант 1-го курса специальности 1-700201 «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 934-06-54-45 E-mail: umedpanjiev03@gmail.com

Мухаррири матни русӣ:	М.М. Якубова
Мухаррири матни англисӣ:	М.М. Бобоева
Мухаррири матни тоҷикӣ:	М.Қ. Қосимзода
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	Р.Д. Исмозода

Редактор русского текста:	М.М. Якубова
Редактор английского текста:	М.М. Бобоева
Редактор таджикского текста:	М.Қ. Қосимзода
Компьютерный дизайн и верстка:	Р.Д. Исмозода



Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Рачабовҳо, 10А
Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раджабовых, 10А

Подписано к печати 30.03.2026 Формат 60х84 1/8.
Бумага офсетная. Тираж 50 экз.
Отпечатано в типографии ТТУ имени акад. М.С. Осими.
г. Душанбе, 734042, пр. акад. Раджабовых, 10а.
Ба чоп 30.03.2026 имзо шуд. Андоза 60х84 1/8.
Қоғози офсетӣ. Адади нашр 50 нусха.
Нашриёти ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ.
ш. Душанбе, 734042, хиёбони академик Рачабовҳо, 10а.