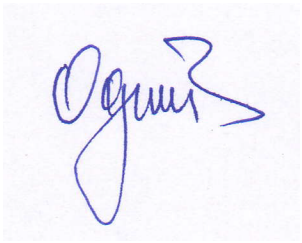
АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология

ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

УДК: 626/627+629.039.58(575.3)

Бо ҳуқуқи дастнавис



ОДИНАЗОДА БОЗОРАЛИ НЕЪМАТ

АСОСНОККУНИИ ИЛМӢ ВА ТАҲИЯИ УСУЛҲО ВА ВОСИТАҲОИ МУҲОФИЗАТ АЗ ОМИЛҲОИ ВИБРОАКУСТИКӢ ДАР КОРХОНАҲОИ САНОАТИИ ТОҶИКИСТОН

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии доктори илмҳои техникӣ аз рӯйи ихтисоси 2.9. Бехатарии фаъолияти инсон ва ҳифзи муҳити зист (2.9.1. Ҳифзи меҳнат)

Душанбе - 2026

Диссертатсия дар Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ва Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ иҷро шудааст

Мушовири илмӣ: **Ҳақдод Маҳмадшариф Маҳмуд,** доктори илмҳои техникӣ, профессор, узви вобастаи АМИТ, ходими сарилмии шуъбаи «Экология»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ

Муқарризони расмӣ:

Каледина Нина Олеговна, доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи «Бехатарӣ ва экологияи истеҳсолоти кӯҳӣ»-и Донишгоҳи миллии тадқиқотии технологии «МИСИС», Федератсияи Россия.

Азизов Рустам Очилдиевич, доктори илмҳои техникӣ, профессор, академики АМТ, мудири шуъбаи «Технологияҳои илмию инноватсионӣ»-и АМИТ

Амонзода Илҳом Темур доктори илмҳои техникӣ, профессор, ноиби президенти АМИТ

Муассисаи пешбар Муассисаи давлатии «Институти илмӣ-тадқиқотии металлургия» (МД «ИИТМ»)-и ҶСК «Ширкати алюминийи тоҷик»

Ҳимояи диссертатсия «29» январи соли 2027, соати 14:00 дар маҷлиси шӯрои диссертатсионии 6D КОА-091 оид ба ҳимояи диссертатсияҳои докторӣ назди Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ дар суроғаи: 734042, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10А баргузор мегардад.

Бо диссертатсия дар китобхонаи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ ва дар сомонаи зерин шинос шудан мумкин аст: www.ttu.tj

Автореферат «_____» _____ соли 2026 фиристода шудааст.

Котиби илмии
шӯрои диссертатсионӣ, н.и.т. _____ Бобоев Х.

Мубрамии мавзӯи таҳқиқот. Истеҳсолоти саноатӣ бо омилҳои механикӣ, гармӣ, оптикӣ, электромагнитӣ, кимиёвӣ, радиатсионӣ, чангӣ ва дигар омилҳое ҳамроҳ аст, ки ба инсони коркунанда таъсир мерасонанд. Баъзеи онҳо шароити меҳнатро бадтар мекунанд, баъзеи дигар бетараф мемонанд ё таъсири мусоид мерасонанд. Бо афзоиши иқтидорҳои истеҳсолӣ ва ҳосилнокии меҳнат шиддати чунин таъсир меафзояд. Аз ин рӯ, тақвият додани омилҳои мусоид ва суст кардани омилҳои номусоиди истеҳсолот ба қатори вазифаҳои мубрами ташкили меҳнат дохил мешавад. Аз ҳалли онҳо ҳам саломатии одамон ва ҳам устувории худи истеҳсолот вобаста аст.

Қариб ҳамаи равандҳои табиӣ ва истеҳсолӣ бо эффектҳои ғавғоӣ ҳамроҳанд. Онҳо табиати ларзишию акустикӣ доранд. Лаппишҳои чандири ҳаворо узвҳои шунавоӣ қабул мекунанд ва ин лаппишҳо ба организми инсон таъсир мерасонанд. Хусусияти ин таъсир аз басомад ва амплитудаи лаппишҳо вобаста аст. Садоҳои мӯътадил, монанди шитирроси баргҳо, шилдироси чашма ё садои асбоби мусиқӣ, эҳсосоти мусбат ба вуҷуд меоранд. Баръакс, ғавғои тӯфон, сел, ярч, зарбаҳои ҷинсҳои сахт ва металл инсонро афсурда мекунад ва ба саломатии ӯ зарар мерасонад. Бо ҳамин сабаб манбаъҳои калони ғавғои шаҳриро (шоҳроҳҳо, роҳҳои оҳан, фурудгоҳҳо, минтақаҳои саноатӣ) аз маҳаллаҳои истиқоматӣ бо камарбандҳои сабз ва иҳотаҳои демпферкунанда ҷудо мекунанд. Соҳаҳои барои Тоҷикистон муҳиме, ки бо коркарди ҷинсҳои сахт ва коркарди металл алоқаманданд, бахусус бо заминаи баланди ғавғо фарқ мекунанд. Сикли технологии онҳо эффектҳои гуногуни ларзишию акустикиро ба вуҷуд меорад.

Ҳамин тариқ, эффектҳои ғавғоӣ доимо бо фаъолияти истеҳсолӣ ҳамроҳ буда, таҳқиқи онҳо аҳамияти илмӣ, амалӣ ва иҷтимоӣ дорад.

Барқарор гардидани сулҳ ва ваҳдати миллӣ, сиёсати бунёдкоронаи Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ – Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон шароите фароҳам оварданд, ки дар он ҳамаи соҳаҳои иқтисоди миллӣ имконияти рушд пайдо карданд. Дар қаламрави кишвар иншооти бузурги энергетикӣ, роҳҳои автомобилгарди байналмилалӣ, объектҳои сохтмони саноатӣ ва шаҳрвандӣ бунёд мегарданд, ки дар онҳо ҳазорҳо воҳиди техникаи коркарди ҷинсҳои сахт ва металл кор мекунанд. Танҳо дар сохтмони НБО-и Роғун ҳамзамон садҳо чунин мошину механизмҳо ҷалб карда шудаанд. Барномаи саноатикунонии кишвар афзоиши минбаъдаи чунин истеҳсолотро пешбинӣ менамояд. Дар ин шароит ҷустуҷӯи роҳҳои суст кардани таъсири омилҳое, ки ҳосилнокии меҳнатро коҳиш медиҳанд ва ба фароҳам овардани муҳити корӣ бароҳат монеъ мешаванд, ба ҷузъи вазифаи умумии таъмини рушди устувори экологию иқтисодии иқтисоди миллӣ табдил меёбад.

Дар баробари ин, дар заминаи вазъи бамиёномада зарурати амалҳои зерин меафзояд:

– таҳқиқи илмии маҷмӯи омилҳои истеҳсолӣ, пеш аз ҳама омилҳои ларзишию акустикӣ, ки ба ҳосилнокии меҳнат, ҳифзи муҳити зист ва шароити кор дар соҳаҳои иқтисодиёт таъсир мерасонанд;

– таҳияи пешниҳодҳои илман асоснок оид ба коҳиш додани омилҳои хавф ва таъмини рушди устувори иқтисодиёт;

– омӯзиши сабабҳо, механизмҳои пайдоиш ва таъсири омилҳои ғавғоии ларзишию акустикӣ дар марҳилаҳои гуногуни сикли истеҳсолӣ;

– таҳияи тадбирҳо оид ба коҳиш додани таъсири манфии онҳо ба истеҳсолот, саломатии одамон ва муҳити зист;

– таҳияи маводи нав ва мошинҳои дорои эффектҳои ғавғоии камтар.

Ҳалли вазифаҳои номбаршуда пеш аз ҳама таҳлили муфассали сохтори соҳавии саноати Тоҷикистон ва таснифи онро аз рӯйи хусусияти истеҳсолот ва дараҷаи таъсири ларзишию акустикӣ ба ҳосилнокии меҳнат ва саломатии коркунон тақозо мекунад. Инчунин бояд муайян кард, ки ин омилҳо чаро пайдо мешаванд ва дар марҳилаҳои гуногуни сикли истеҳсолӣ маҳз чӣ гуна ба инсон таъсир мерасонанд. Дар ин асос бояд тадбирҳои илман асоснок таҳия карда шаванд, ки имкон медиҳанд таъсири ин омилҳо ба шароити меҳнат ва истеҳсоли маҳсулот дар корхонаҳои Тоҷикистон коҳиш дода шавад. Вазифаи сеюм – ҷустуҷӯи маводи нав ва таҷҳизоти дорои тавсифоти пасткардашудаи ларзишию акустикӣ мебошад. Ҳалли ҳамаи ин масъалаҳо аҳамияти муҳими илмӣ-амалӣ ва хоҷагии халқӣ дошта, мазмуни кори диссертатсионии мазкурро ташкил медиҳад. Дараҷаи коркарди илмии масъала. Масъалаҳои ҳифзи меҳнат ва муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ дар корҳои

олимони рус Юдина Е.Я. [25], Медведь Р.А. [24], Белова С.В. [17], Бринзы В.Н. [17,28], Заборова В.И. [18], инчунин муҳаққиқони тоҷик Курбанова Х.К. [34,36], Хакдодова М.М. [8,26]таҳқиқ шудаанд. Ба назарияи парокандашавии энергия ҳангоми лаппишҳои механикӣ мутахассисони хориҷӣ Броун С.М. (Brown S.M.) [56], Кауфман Ч.Г. (Kaufman J.G.) [57], аз олимони рус бошад, Писаренко Г.С. [13,33], Головин С.А. [43], Яковлев А.П. [12], Постников В.С. [11] ва дигарон саҳми назаррас гузоштаанд. Хосиятҳои чандирӣ ва демпферкунии маводи металлии конструксионири Фавстов Ю.К. [9], Злобинский Б.М. [22], Матвеев В.В [10]., Дриц М.Е. [19], Рохлин Л.Л. [19], Вахобов А.В. [47,48,49], Ганиев И.Н. [47,48,49], Джураев Т. Дж. [47], Хакдодов М.М. [36,37] ва як қатор муаллифони дигар омӯхтаанд.

Сарфи назар аз ҳаҷми калони маълумоти ҷамъшуда, арзёбии системавии бехатарию техникии омилҳои ларзишию акустикӣ то ҳол танҳо ба таври пароканда таҳия шудааст. Таҳқиқот хусусияти эпизодӣ дошта, натиҷаҳои онҳо бо ҳамдигар суст мувофиқ карда шудаанд. Манбаъҳо, механизмҳои ташаккул ва таъсири ин омилҳо ба саломатӣ ва ҳосилнокии меҳнати коркунон дар ҳамаи марҳилаҳои равандҳои технологӣ дар шароити корхонаҳои саноатии Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қадри кофӣ омӯхта нашудаанд.

Робитаи таҳқиқот бо мавзӯъҳои илмии барномаҳо ва лоиҳаҳо. Таҳқиқот дар доираи мавзӯъҳои илмии Шуъбаи экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИ Тоҷикистон ва самтҳои фаъолияти кафедраи бехатарии фаъолияти ҳаётӣ ва экологияи ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ иҷро шудааст. Аз рӯйи самти худ он ба вазифаҳои «Барномаи саноатикунонии босуръати Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2020–2025», «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм, технология ва инноватсия барои давраи то соли 2030» (бо қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 30 июни соли 2021, № 263 тасдиқ шудааст) ва «Барномаи ҳифзи меҳнат дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2013–2016» (бо қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 3 декабри соли 2012, № 684 тасдиқ шудааст) ҷавобгӯ мебошад.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ:

Мақсади таҳқиқот иборат аст аз таҳия ва асосноккунии илмии усулҳои самаранок ва техникӣ: омӯзиши сохтори истеҳсолоти саноатии Ҷумҳурии Тоҷикистон, ошкор намудани сабабҳои пайдоиш ва механизмҳои таъсири омилҳои ғавғоии ларзишию акустикӣ ба ҳосилнокии меҳнат ва саломатии кормандон; таснифи илман асосноки соҳаҳо ва равандҳои истеҳсолӣ аз рӯйи дараҷаи ин таъсир; таҳия ва санҷиши таҷрибавии усулҳои технологӣ, маводи нав ва таҷҳизоте, ки таъсири манфии ғавғои ларзишию акустикиро бе зарар ба самаранокии истеҳсолоти саноатӣ коҳиш медиҳанд.

Барои ноил гардидан ба мақсади гузошташуда **вазифаҳои** зерин ҳал карда шуданд:

– таҳлили сохтори саноати Тоҷикистон ва таснифи он аз рӯйи хусусияти истеҳсолот ва дараҷаи таъсири эффектҳои ғавғоӣ (ларзишию акустикӣ) ба раванди истеҳсолӣ ва муҳити зист;

– омӯзиши заминаи қонунгузорию ҳуқуқӣ ва меъёрии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар қисми ҳифзи меҳнат ва сатҳҳои иҷозатдодашудаи омилҳои ғавғоӣ, пеш аз ҳама виброакустикӣ, дар корхонаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон;

– таҳқиқоти назариявӣ ва таҷрибавии механизмҳои ташаккул ва таъсири омилҳои виброакустикӣ ба организми коркунанда дар марҳилаҳои гуногуни коркарди технологии мавод;

– моделсозии равандҳои ташаккул ва паҳншавии сигналҳои виброакустикӣ дар гиреҳҳои намунавии мошинҳои саноатӣ; асосноккунии пешниҳодҳо оид ба коҳиш додани таъсири манфии онҳо ва баланд бардоштани самаранокӣ ва бароҳатии истеҳсолот;

– арзёбии тавсифоти виброакустодемпферкунии хӯлаҳои металлӣ, маводи композитсионӣ ва дигар маводи дар ҷумҳурӣ истифодашаванда ва интихоби маводи корӣ дорои садобарории камтар ва демпферкунии баландтар аз байни онҳо;

– омӯзиши механизмҳои парокандашавии энергияи лаппишҳо дар маводи виброакустодемпферкунанда;

– таҳияи пешниҳодҳо оид ба беҳтар намудани шароити ҳифзи меҳнат ва муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ дар корхонаҳои саноатӣ бо истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда.

Объекти таҳқиқот - соҳаҳои кӯҳию коркардкунанда ва металлкоркунии саноати Тоҷикистон.

Предмети таҳқиқот - сабабҳои пайдоиш ва механизмҳои таъсири омилҳои виброакустикӣ ба ҳосилнокии меҳнат, саломатии инсон ва муҳити зист. Ба ҳамин доира ҷустуҷӯи маводи нав, инчунин таҳияи усулҳои технологӣ ва конструксияҳои таҷҳизоти дорои тавсифоти пасткардашудаи ларзишию акустикӣ дохил мешавад.

Навгонии илмии таҳқиқот:

– таснифи соҳаҳои саноати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз рӯйи дараҷаи таъсири ғавғо ва ларзиш ба технология, бехатарӣ ва шароити меҳнат пешниҳод карда шуд;

– сабабҳои ба вуҷуд омадани ғавғо ва ларзиши пайдоиши зарбавӣ ва тарзи таъсири онҳо ба коркунон дар марҳилаҳои гуногуни коркарди мавод муайян карда шуданд;

– барои истеҳсолоти навсозишаванда усулҳои коҳиш додани ғавғо пешниҳод карда шуданд, ки технологияи корхонаи мушаххасро ба назар мегиранд;

– методикаи ҳисоби фишори садои ролганг бо назардошти талафоти энергия дар роликҳои аз маводи вибродемпферкунанда сохташуда таҳия гардид;

– вобастагиҳо барои коэффитсиенти эквиваленти талафоти ролики дорои қабати виброҷаббкунанда ва коҳиши интизоршавандаи фишори садо ҳангоми сарбориҳои зарбавӣ ба даст оварда шуданд;

– дар асоси модели бархӯрди қисмҳои мошинҳо методикаи муайян кардани хосиятҳои демпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо ҳангоми зарба бо назардошти хосиятҳои механикии онҳо, андозаҳои намуна ва спектри садо эҷод карда шуд;

– усули лаппишҳои озоди хамишии намунаи овезон бо коркарди осиллограммаи хомӯшшавӣ (суръати хомӯшшавии садо, парокандашавии энергия, спектри сеяк-октавӣ, сатҳи эквивалентӣ) асоснок карда шуд;

– хосиятҳои демпферкунии хӯлаҳои рехтагарӣ ва деформатсияшавандаи алюминиӣ ва композитҳои бисёрқабатаи дар асоси онҳо сохташуда омӯхта шуданд; хӯлаҳои алюминиӣ барои коҳиш додани ғавғо аз ҳама мувофиқ баромаданд;

– таъсири микроиловаҳои гадолиний ва иттербий ба сатҳи садо, суръати хомӯшшавии он ва коэффитсиенти талафот ҳисоб карда шуд, ки имкон медиҳад параметрҳои виброакустодемпферкунии хӯлаи системаи Al–Zn–Mg беҳтар карда шаванд;

– механизми парокандашавии энергияи лаппишҳо дар маводи виброакустодемпферкунанда вобаста ба хосиятҳои физикию механикӣ ва технологии онҳо дақиқ карда шуд;

– моделҳои такмили системаи идоракунии ҳифзи меҳнат таҳия гардиданд, ки дар онҳо арзёбии хавфи виброакустикӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатӣ бо истифодаи воситаҳои муҳандисии муҳофизат дар асоси маводи виброакустодемпферкунанда аз хӯлаҳои алюминиӣ якҷоя карда мешавад.

Аҳамияти назариявии таҳқиқот дар таҳлили системавии шароити меҳнат ва ошкор намудани қонуниятҳои вазъи виброакустикӣ дар корхонаҳои саноатӣ ифода меёбад. Дар кор механизмҳои физикии пайдоиши омилҳои виброакустикии пайдоиши зарбавию ларзишӣ ошкор карда шуда, динамикаи зуҳуроти онҳо дар марҳилаҳои гуногуни технологияи коркарди мавод пайгирӣ карда шудааст.

Аҳамияти илмӣ-амалӣ бо таҳияи методикаи арзёбии омилҳои виброакустикии пайдоиши зарбавию ларзишӣ, муайян кардани хосиятҳои виброакустодемпферкунии маводи гуногун ва муқаррар намудани робитаи байни тавсифоти демпферкунӣ ва акустикии онҳо алоқаманд аст. Илова бар ин, дастгоҳ барои коҳиш додани ин омилҳо пешниҳод шудааст. Методикаи таҳияшуда метавонад ҳам дар таҳқиқоти илмӣ ва ҳам дар раванди таълими муассисаҳои таҳсилоти олӣ, ки мутахассисони соҳаи бехатарии фаъолияти ҳаётӣ ва экологияро тайёр мекунанд, истифода шавад.

Нуқтаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

– Асосҳои илмӣ-методии муайян намудани шароити меҳнат ва арзёбии таъсири омилҳои виброакустикӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатӣ таҳия карда шуданд;

– Механизмҳои ташаккули омилҳои ларзишу садо дорои пайдоиши зарбавӣ-вибратсионӣ дар марҳилаҳои гуногуни амалиёти технологии коркарди мавод муайян карда шуданд;

– Модели раванди садоафканӣ ҳангоми бархӯрди ҷузъҳои мошинҳо ва методикаи муайян намудани хосиятҳои виброакустикӣ-демпфирии маводҳои гуногун таҳия карда шуданд;

– Қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои виброакустикӣ-демпфирии системаҳои металлӣ вобаста ба таркиби химиявӣ, хусусиятҳои физикӣ-механикӣ ва технологӣ муайян карда шуданд;

– Модели таъсири мутақобилаи виброзарбавии унсурҳои рольганг ҳангоми интиқоли маҳсулоти прокатӣ таҳия карда шуд, ки ташаккули омилҳои виброакустикиро дар конструксияҳои воқеӣ тавсиф менамояд;

– Системаи идоракунии ҳифзи меҳнат таҳия карда шуд, ки бо блоки арзёбии миқдорӣ ва идоракунии хавфҳои виброакустикӣ ҳамгиро карда шудааст.

Дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо бо истифодаи таҷҳизоти муосир ва методикаҳои стандартикунонидашудаи таҳқиқот, инчунин ҳаҷми кофии маълумоти таҷрибавие, ки бо усулҳои омори математикӣ коркард шудаанд, муайян ва тасдиқ карда мешавад.

Мувофиқияти диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Диссертатсия ба бандҳои зерини Шиносномаи ихтисосҳои КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз рӯйи ихтисоси 2.9. Бехатарии фаъолияти ҳаётӣ ва ҳифзи муҳити зист (2.9.1. Ҳифзи меҳнат) мувофиқат мекунанд:

– б. 2. Омӯзиши равандҳои физикӣ, физикию кимиёвӣ, биологӣ ва иҷтимоию иқтисодие, ки шароити меҳнатро муайян мекунанд, муқаррар намудани робитаҳои мутақобила бо омилҳои зараровар ва хатарноки муҳити истеҳсолӣ;

– б. 5. Таҳияи усулҳои илман асосноки баҳисобгирӣ, таҳлил, пешгӯӣ ва оқибатҳои иҷтимоию иқтисодии садамаҳо, осеббинии истеҳсолӣ ва беморшавии касбӣ;

– б. 7. Асосноккунии илмӣ, конструксиякунӣ ва муқаррар намудани соҳаи истифодаи оқилона ва оптимизатсияи параметрҳо, усулҳо, системаҳо ва воситаҳои муҳофизати дастаҷамъӣ ва инфиродии кормандон аз таъсири омилҳои зараровар ва хатарнок;

– б. 9. Омӯзиши самаранокии амалисозии системаҳои идоракунӣ ва ташкили ҳифзи меҳнат дар корхонаҳо ва аз рӯйи соҳаҳо, таҳияи системаҳои иттилоотӣ барои ҷамъоварии иттилооти оперативӣ оид ба садамаҳо, осеббинӣ ва беморшавии касбӣ;

– б. 13. Таҳия ва такмили методологияи амалӣ намудани назорати давлатӣ ва назорати ҷамъиятӣ оид ба риояи талаботи ҳифзи меҳнат.

Саҳми шахсии довталаби дараҷаи илмӣ дар интихоби вазифаҳои таҳқиқот ва роҳҳои ҳалли онҳо, гузаронидани таҳқиқоти истеҳсолӣ ва лабораторӣ, арзёбии маълумоти бадастомада ва таҳияи нуқтаҳо ва хулосаҳои асосии кори диссертатсионӣ, инчунин дар таҳияи тавсияҳо оид ба татбиқи натиҷаҳои илмӣ дар амалия ифода меёбад.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия.

Тасвиби кор. Нуқтаҳо ва натиҷаҳои асосии таҳқиқоти диссертатсионӣ дар семинарҳо ва конференсияҳои илмии сатҳҳои гуногун, ки дар солҳои 2007–2026 баргузор гардидаанд, маърӯза ва муҳокима шуда, баҳои мусбат гирифтаанд.

Семинарҳои илмӣ:

– Семинарҳои илмии Шуъбаи экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, ш. Душанбе;

– Семинарҳои илмии кафедраи самаранокии энергетикӣ ва технологияҳои захирасарфакунии Филиали Донишгоҳи миллии тадқиқотии технологии «МИСИС» дар шаҳри Душанбе;

– Семинарҳои илмии кафедраи бехатарии фаъолияти ҳаётӣ ва экологияи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе.

Конференсияҳои байналмилалии илмӣ-амалӣ:

– Масъалаҳои мубрами металлургия дар шароити саноатикунонии босуръати кишвар // Маводи конференсияи II байналмилалии илмӣ-амалӣ (Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, 27–28 ноябри соли 2025);

– Вазифаҳои муосири саноати мошинсозӣ, бахшида ба 50-солагии таъсиси кафедраи «Технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳои металлбурранда ва асбобҳо» ва саноатикунонии босуръати Ҷумҳурии Тоҷикистон // Маводи конференсияи байналмилалии илмӣ-амалӣ (Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, 31 октябри соли 2024);

– ГИС дар Осиёи Марказӣ – GISCA 2017: Илмҳои геоиттилоотӣ барои рушди устувор // Маводи конференсияи байналмилалӣ (Душанбе, 28–30 августи соли 2017);

– Дурнамои рушди илм ва маориф // Маводи конференсияи VIII байналмилалии илмӣ-амалӣ (Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, 3–4 ноябри соли 2016);

– Истифодаи оқилонаи захираҳои табиӣ ва сарфаи энергия // Маводи конференсияи VIII байналмилалии илмӣ-амалӣ (Душанбе, Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, соли 2015);

– Дурнамои рушди илм ва маориф // Маводи конференсияи IV байналмилалии илмӣ-амалӣ (Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, 20–22 майи соли 2010);

– Конференсияи II байналмилалии илмӣ-амалӣ (Чкаловск [ҳоло Бӯстон], Донишкадаи давлатии политехникии Тоҷикистон, соли 2008);

– Дурнамои рушди илм ва маориф дар асри XXI // Маводи конференсияи II байналмилалии илмӣ-амалӣ (Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, соли 2007).

Конференсияҳои ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ:

– Масъалаи такмили конструксияи мошинҳои сохтмонию роҳсозӣ // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ (Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, 29–30 апрели соли 2024);

– Илм ва истифодаи иқтидори энергетикии Тоҷикистон // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ (Қӯрғонтеппа [ҳоло Бохтар], Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон, соли 2013);

– Сарфаи энергия ва захираҳо ҳангоми истифодаи захираҳои табиӣ дар энергетика ва саноат // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ (Қӯрғонтеппа [ҳоло Бохтар], Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон, 11–12 майи соли 2012);

– Усулҳои баланд бардоштани сифат ва мувофиқи мақсад будани равандҳои истеҳсолот, бахшида ба 20-солагии истиқлолияти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 50-солагии ФМТ // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ (Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, соли 2011);

– Технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳои металлбурранда ва асбобҳо // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ (Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, соли 2009).

Амалисозии натиҷаҳои диссертатсия: аз ҷониби ҶСК «Ширкати алюминийи тоҷик», Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ ва филиали Донишгоҳи миллии тадқиқотии технологии МИСИС дар шаҳри Душанбе санадҳои татбиқи натиҷаҳои таҳқиқоти диссертатсионӣ гирифта шудаанд (замимаи 1).

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. Нуқтаҳо ва натиҷаҳои асосии таҳқиқоти диссертатсионӣ дар зиёда аз 30 кори илмии муаллиф бо ҳаҷми умумии 25 ҷузъи чопӣ нашр шудаанд, ки аз онҳо як монография; 13 мақола дар маҷаллаҳои илмии тақризшавандае, ки ба Феҳристи маҷаллаҳо ва нашрияҳои илмии тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил мешаванд, инчунин ду нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ихтироъ. (замимаи 2).

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Кори диссертатсионӣ аз муқаддима, панҷ боб, хулосаҳои умумӣ, рӯйхати адабиёт ва 2 замима иборат аст. Кор дар 362 саҳифаи матни мошинӣ баён гардида, 67 ҷадвал ва 55 расмро дар бар мегирад. Рӯйхати адабиёти истифодашуда 301 номгӯйро дар бар мегирад.

МУНДАРИҶАИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Дар муқаддима мубрамии таҳқиқоти гузаронидашуда, дараҷаи коркарди илмии масъалаи омӯхташаванда, робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзӯъҳои илмӣ оварда шуда, мақсад ва вазифаҳо, объект ва предмети таҳқиқот, асосҳои назариявии таҳқиқот, навгонии илмӣ, аҳамияти назариявӣ ва амалӣ, нуқтаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда, дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо, мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ, саҳми шахсии муаллиф, тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои кор, интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия, инчунин сохтор ва ҳаҷми диссертатсия муайян карда шудаанд.

Дар боби якум – «Вазъи ҳифзи меҳнат ва таъмини шароити бехатари меҳнат дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатии Тоҷикистон» таҳлил карда шудааст: **1.1. Вазъи муосири саноат ва вазифаҳо оид ба беҳтар намудани шароити ҳифзи меҳнат дар истеҳсолот.**

Қайд карда мешавад, ки бахши саноатӣ қисми зиёди вазифаҳои иҷтимоию иқтисодиро ҳал менамояд. Ба он корхонаҳои кӯҳию металлургӣ, кимиёвӣ, мошинсозӣ, нассоҷӣ ва дигар корхонаҳо дохил мешаванд, ки бисёре аз онҳо иқтидори баланди содиротӣ доранд. Рушди бахш имкон медиҳад, ки талаботи афзояндаи бозорҳои дохилӣ ва хориҷӣ ба ашёи хом ва маҳсулоти тайёр қонеъ гардонида шавад.

Аҳамияти стратегии бахшро Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон Эмомалӣ Раҳмон борҳо таъкид кардааст. Дар Паём ба Маҷлиси Олӣ аз 26 декабри соли 2018 саноатикунонии босуръати иқтисодиёт ҳадафи чоруми стратегии миллии рушд эълон гардид [1]. Дар Паём аз 21 декабри соли 2021 солҳои 2022–2026 «Солҳои рушди саноат» эълон шуданд [2].

Дар рушди ин вазифаҳои стратегӣ ва муқаррароти «Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030» [3] Ҳукумат заминаи дахлдори меъёрию ҳуқуқиро тасдиқ намуд. Ба он, аз ҷумла, «Барномаи саноатикунонии босуръати Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2020–2025» (бо Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 27 майи соли 2020, № 293 тасдиқ шудааст) [4] дохил мешавад. Пас аз қабули ин барномаҳо соҳа ба таври назаррас фаъолтар рушд кардан гирифт.

Нишондиҳандаҳои асосии рушди саноати Ҷумҳурии Тоҷикистон дар давраи солҳои 2018–2024 дар ҷадвали 1.1. [6] оварда шудаанд.

Ҷадвали 1.1. – Нишондиҳандаҳои асосии рушди саноати Ҷумҳурии Тоҷикистон дар солҳои 2018–2024

Нишондиҳандаҳо	**Солҳо**							**Суръати афзоиш, маротиба**
	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	
Ҳаҷми маҳсулоти саноатӣ (бо нархҳои соли 2024), млн сомонӣ	25236	28567	31081	37546	41187	44894	53873	2,13
Индекси истеҳсолоти саноатӣ, %	110,6	113,2	108,8	120,8	109,7	109,0	120,0	108
Шумораи корхонаҳои саноатӣ, адад	2161	2164	2283	2397	2802	3453	3779	1,74
Шумораи миёнасолонаи ҳайати саноатию истеҳсолӣ (ҲСИ), ҳаз. нафар, ҳамагӣ	85,6	84,2	84,3	85,3	86,3	87,5	92,8	1,08
Аз ҷумла коргарон, ҳаз. нафар	72,1	73,2	67,7	68,3	71,2	72,2	75,9	1,05

Дар солҳои 2018–2024 ҳаҷми маҳсулот 2,13 маротиба - аз 25 236 то 53 873 млн сомонӣ афзоиш ёфт. Индекси истеҳсолоти саноатӣ дар тамоми ин солҳо аз 100% зиёд буда, дар соли 2024 ба 120,0% расид, ки аз суръат гирифтани афзоиш шаҳодат медиҳад. Шумораи корхонаҳо аз 2 161 то 3 779, яъне 1,74 маротиба зиёд шуд. Шумораи миёнасолонаи ҳайати саноатию истеҳсолӣ 8%, шумораи коргарон бошад 5% афзоиш ёфт.

Ҳиссаи асосии маҳсулоти саноатӣ ба корхонаҳои соҳаи истихроҷ, яъне соҳаи истихроҷи кӯҳӣ ва корхонаҳои истеҳсолоти металлургӣ ва истеҳсоли маснуоти тайёри металлӣ, инчунин мошинсозӣ дар соҳаи коркард рост меояд (ҷадвали 1.2).

Ҷадвали 1.2. – Динамикаи ҳаҷми маҳсулоти саноатӣ аз рӯйи соҳаҳои асосии саноат (млн сомонӣ)

Сол	Тамоми саноат	Саноати кӯҳию маъданӣ	Истеҳсолоти металлургӣ	Мошинсозӣ
2018	24 336,3	4 722,8	2 735,4	225,5
2019	27 586,6	4 845,1	3 930,0	362,0
2020	30 847,3	4 411,5	5 010,4	410,2
2021	38 834,1	8 385,0	6 014,3	425,0
2022	43 034,2	9 082,1	6 122,8	704,5
2023	46 845,9	9 321,4	6 580,2	751,2
2024	53 435,0	13 325,1	8 045,4	884,0

Афзоиши ҳаҷми саноат дар давраи солҳои 2018-2024 бо зиёд шудани шумораи корхонаҳои саноатӣ ва шумораи ҳайати истеҳсолию техникӣ алоқаманд аст.

1.2. Ҳифзи меҳнат дар истеҳсолот ва муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ

Масъалаҳои ҳифзи меҳнат дар истеҳсолот ва муҳофизат аз омилҳои зараровар ва хатарноки виброакустикӣ дар адабиёти илмию техникӣ ва таълимӣ ба қадри кофӣ инъикос ёфтаанд.

Дар шароити саноатикунонии босуръат, бо васеъ шудани миқёси таъсири манфии омилҳои истеҳсолӣ, мушкилоти беҳтар намудани ҳифзи меҳнат ва муҳофизати инсон аз омилҳои зараровар ва хатарноки виброакустикӣ шадидтар мегарданд.

Ҳифзи меҳнат дар Ҷумҳурии Тоҷикистон асоси конститутсионӣ дошта, бо қонунгузории меҳнат танзим карда мешавад. Таъмини ҳуқуқи конститутсионии шаҳрвандон ба меҳнати бехатар ба самтҳои асосии сиёсати иҷтимоии давлат дохил мешавад.

Назорати давлатӣ аз болои ҳифзи меҳнат бо Кодекси меҳнати Ҷумҳурии Тоҷикистон [7] танзим карда мешавад. Асоси ҳуқуқии шароити бехатари меҳнатро инчунин дигар қонунҳои соҳавии Ҷумҳурии Тоҷикистон ташкил медиҳанд: «Дар бораи ҳифзи меҳнат», «Дар бораи бехатарии радиатсионӣ», «Дар бораи бехатарии сӯхтор», «Дар бораи таъмини бехатарии санитарию эпидемиологии аҳолӣ», «Дар бораи муқовимат ба вируси норасоии масунияти одам ва бемории пайдошудаи норасоии масуният (ВНМО/БПНМ)» ва «Дар бораи ҳифзи саломатии шаҳрвандон».

Барои ҳифзи ҳаёт ва саломатии кормандон дар раванди фаъолияти меҳнатӣ, пешгирии осеббинии истеҳсолӣ, бемориҳои касбӣ ва хавфҳои касбӣ Ҳукумат «Барномаи ҳифзи меҳнат дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2013–2016»-ро қабул кард (Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 3 декабри соли 2012 № 684).

Вазифаҳои асосии Барнома инҳоянд:

– такмили қонунгузорӣ дар соҳаи ҳифзи меҳнат ва бехатарӣ;

– ҷорӣ намудани системаҳои нави идоракунии ҳифзи меҳнат, ки арзёбии сатҳҳои хавфҳои касбиро таъмин мекунанд, таҳия ва амалисозии чорабиниҳое, ки ба ҳадди ақал расонидани осеббинии истеҳсолӣ нигаронида шудаанд

– эҷоди механизмҳои ҳуқуқии суғуртаи иҷтимоӣ аз ҳодисаҳои нохуш дар истеҳсолот ва бемориҳои касбӣ;

– эҷод ва ташаккули механизми азнавтахассусгардонии кормандон, бозомӯзӣ ва баланд бардоштани маҳорати касбии кормандон оид ба масъалаҳои ҳифзи меҳнат ва ғайра.

Кодекси меҳнати Ҷумҳурии Тоҷикистон (бо Қонун аз 23 июли соли 2016, № 1329 қабул шудааст) асосҳои сиёсати давлатиро дар соҳаи муносибатҳои меҳнатӣ муайян мекунад. Ҳуҷҷат кафолатҳои давлатии ҳуқуқҳои шаҳрвандонро муқаррар намуда, манфиатҳои қонунии кормандон, корфармоён ва давлатро ҳифз мекунад.

Дар кор зарурати таъмини робитаи мутақобила байни идоракунии ҳифзи меҳнат дар сатҳи миллӣ ва дар сатҳи ташкилот ва корхона қайд карда мешавад. Бо назардошти ҳамгироӣ ба иқтисоди ҷаҳонӣ мувофиқ гардонидани стандартҳои дохилӣ бо стандартҳои байналмилалии системаҳои идоракунии ҳифзи меҳнат зарур аст.

1.3. Арзёбии омилҳои виброакустикии муҳити истеҳсолӣ ва сабабҳои пайдоиши онҳо

Рушди динамикии саноат, пеш аз ҳама саноати кӯҳию маъданӣ ва металлургӣ, мубрамияти арзёбии омилҳои виброакустикиро (ғавғо, ларзиш, инфрасадо, ултрасадо), ки сабабҳои асосии беморшавии касбӣ боқӣ мемонанд, баланд мебардорад.

Бояд ба назар гирифт, ки «ғавғо, инфрасадо, ултрасадо ва ларзиш табиати ягонаи физикӣ доранд: ҳамаи онҳо зуҳуроти як системаи лаппишии механикӣ мебошанд» [2–М]. Бо назардошти ин, дар кор тавсифоти асосии физикӣ ва гигиении ин омилҳо, инчунин таъсири зарарноки онҳо ба организми инсон дар раванди фаъолияти меҳнатӣ оварда шудааст. Асоснок карда шудааст, ки омӯзиши муфассали ҷанбаҳои физикӣ ва гигиении таъсири ғавғо, инфрасадо, ултрасадо ва ларзиш барои таҳияи чорабиниҳои муҳофизатӣ, ки сатҳи хавфи касбии ҳайати кормандонро дар корхонаҳои саноатӣ паст мекунанд, асоси илмӣ фароҳам меорад.

1.4. Усулҳо ва воситаҳое, ки барои муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ истифода мешаванд

Ғавғо, инфрасадо, ултрасадо, ларзиши маҳаллӣ ва умумӣ ҳамчун омилҳои зараровар ва хатарноки истеҳсолӣ аз рӯйи пайдоиш бо ҳам алоқаманданд, зеро дар асоси ҳар яки онҳо равандҳои лаппишии механикӣ қарор доранд.

Дар кор қайд шудааст, ки коҳиш додани таъсири ғавғо ба коркунони корхонаҳои саноатӣ тавассути эҷоди таҷҳизоти аз ҷиҳати ғавғо бехатар, истифодаи воситаҳо ва усулҳои дастаҷамъии муҳофизат, истифодаи воситаҳои муҳофизати инфиродӣ, инчунин тавассути усулҳои сохтмонию акустикӣ таъмин карда мешавад. Нишон дода шудааст, ки яке аз усулҳо ва воситаҳои самараноки муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ дар манбаи пайдоиши онҳо истифодаи маводи дорои қобилиятҳои баланди демпферкунӣ мебошад.

Маводеро, ки ларзиш ва ғавғои ба он алоқамандро хомӯш мекунанд, виброакустодемпферкунанда меноманд. Хосиятҳои баланди демпферкунии мавод амплитудаи лаппишҳои конструксияҳоро хомӯш карда, сатҳи ғавғоеро, ки онҳо мебароранд, паст мекунанд. Дар ин маврид сухан дар бораи «монеъ шудан ба гузариши энергияи ларзишӣ ба энергияи акустикии лаппишҳои муҳити атроф меравад. Қайд карда мешавад, ки барои эҷоди маводи виброакустодемпферкунанда рушд додани синтез ва таҳқиқи хӯлаҳои баланддемпферкунанда ва маводи композитсионии дар асоси онҳо сохташуда зарур аст» [13].

1.5. Истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда барои коҳиш додани омилҳои виброакустикӣ дар корхонаҳои саноатӣ

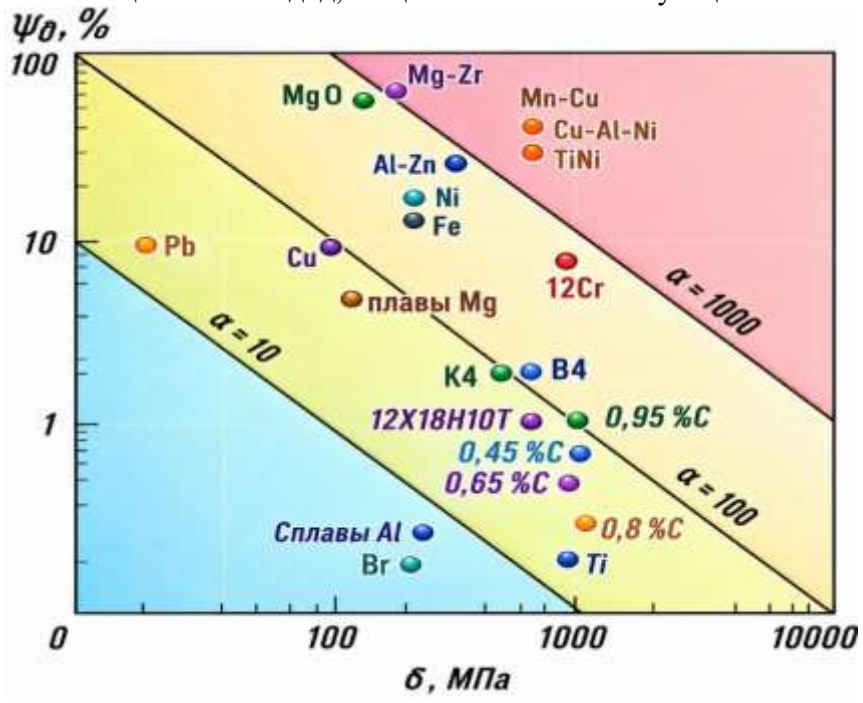
Дар фасл дараҷаи истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда барои коҳиш додани омилҳои виброакустикӣ дар корхонаҳои саноатӣ таҳлил карда шуда, маводи гуногуне, ки хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ доранд ва дар амалия барои коҳиш додани омилҳои виброакустикии таҷҳизоти истеҳсолӣ дар корхонаҳои саноатӣ истифода мешаванд, инчунин механизмҳои парокандашавии энергияи лаппишҳо дар маводи виброакустодемпферкунанда тавсиф шудаанд.

1.5.1. Хосиятҳои виброакустодемпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо

Дар зерфасл хосиятҳои виброакустодемпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо арзёбӣ шудаанд. Ошкор карда шуд, ки барои маводи конструксионие, ки дар шароити ларзиш ва ғавғо кор мекунанд, қобилияти виброакустодемпферкунӣ ба қатори тавсифоти муайянкунанда дохил мешавад.

Қайд карда мешавад, ки бо рушди соҳаҳои муосири саноат хӯлаҳои мавҷудаи демпферкунанда тадриҷан қобилияти қонеъ гардонидани шароити торафт сахттари истифодабариро аз даст медиҳанд. Ҳамчун маводи виброакустодемпферкунанда истифодаи хӯлаҳои рехтагарӣ ва деформатсияшавандаи алюминийӣ бо иловаҳои гуногуни модификатсиякунанда ва легиркунанда, аз ҷумла металлҳои ишқорзаминӣ ва нодирзаминӣ, инчунин маводи композитсионии дар асоси онҳо сохташуда асоснок карда шудааст [9].

Таҳлил нишон дод, ки ҳангоми интихоби хӯлаҳои алюминий талаботи махсус на танҳо ба тавсифоти мустаҳкамӣ, балки ба хосиятҳои демпферкунӣ низ пешниҳод карда мешавад. Барои муқоисаи ҳадди мустаҳкамӣ ҳангоми кандашавӣ ва хосиятҳои демпферкунии хӯлаҳои гуногуни металлии демпферкунанда қиматҳои ҳадди мустаҳкамӣ ҳангоми кандашавӣ σ ва ψ (қобилияти хоси демпферкунӣ)-и баъзе металлҳо аҳамияти муҳим доранд (расми 1.1).



Муқаррар карда шуд, ки агар қимати хоси демпферкунӣ аз 0,1 зиёд, вале аз 1 кам бошад, ин навъи хӯла ҳамчун металли дорои демпферкунии паст муайян карда мешавад. Агар қимати хоси демпферкунӣ аз 1 зиёд, вале аз 10 кам бошад, ин навъи хӯла ҳамчун металли дорои демпферкунии миёна тавсиф мешавад. Агар қимати хоси демпферкунӣ аз 10 зиёд, вале аз 100 кам бошад, ин навъи хӯла ҳамчун металли дорои демпферкунии баланд арзёбӣ мегардад [10].

Расми 1.1. – Таносуби мустаҳкамӣ ва тавсифоти демпферкунии маводи металлии конструксионӣ бо нишондод (аз рӯйи маълумоти Сугимото).

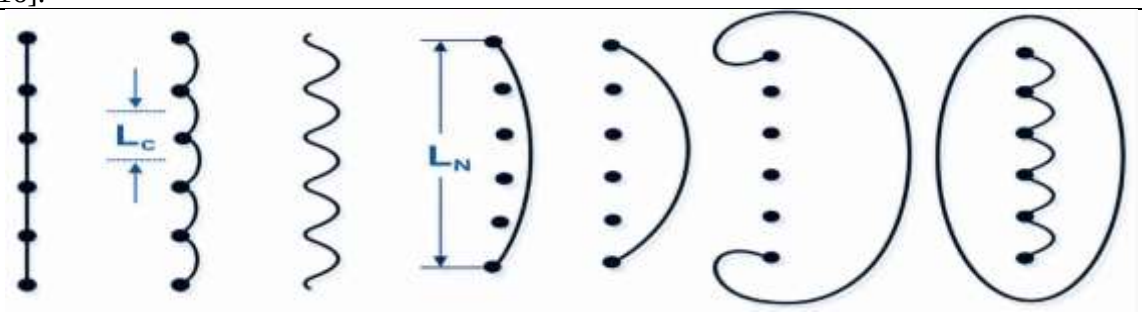
Дар баробари ин, зарурати омӯзиши хосиятҳои демпферкунӣ ва дигар хосиятҳои истифодабарии хӯлаҳои алюминиӣ ҳангоми конструксиякунии қисмҳои механизмҳое, ки аз ин хӯлаҳо сохта мешаванд, бо мақсади ҷаббкунии ғавғоҳои пайдоиши виброзарбавӣ меафзояд.

1.5.2. Механизмҳои парокандашавии энергияи лаппишҳо дар маводи виброакустодемпферкунанда

Дар зерфасл механизмҳои парокандашавии энергияи лаппишҳо дар маводи виброакустодемпферкунанда дақиқ карда шудаанд. Қайд карда мешавад, ки «…чӣ гуна пароканда кардани энергияи лаппишҳо аз ҷониби мавод ҳам аз тарзи боргузории он ва ҳам аз сохтори хӯла вобаста аст; аз ин рӯ, тавсифоти воқеӣ танҳо аз таҷриба ба даст оварда мешаванд. Барои шарҳи маълумоти таҷрибавӣ назарияи соиши дохилӣ зиёда аз бист моделро пешниҳод мекунад» [11–15].

Дар кор ошкор карда шуд, ки тавсифоти ченшавандаи хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ таҳти таъсири омилҳои зиёде ташаккул меёбанд, ки аз онҳо шиддатнокии зуҳури ҳар як механизми хомӯшшавии энергия вобаста аст. Масалан, «релаксатсияи сарҳади донаҳо ба далели таҷрибавии борҳо тасдиқшуда такя мекунад: шиддати лағжиш, ки дар тӯли сарҳади дона амал мекунад, аз ҷониби сарҳад нигоҳ дошта намешавад – сарҳад ба он монанди муҳити часпак вокуниш нишон медиҳад» [16, 17].

Дар кор қайд карда мешавад, ки демпферкунии аз амплитуда вобастаи металлҳоро аксар вақт дар доираи назарияи дислокатсионии Гранато–Люкке–Келлер (ГЛК) шарҳ медиҳанд (расми 1.3), ки дар он «…хати дислокатсия ба тори вазнини таранг монанд карда мешавад, ки ин физикаи падидаро содда ва аёнӣ мегардонад» [20, 21]. Дар баробари ин, «…ба дислокатсияҳо шаш механизми демпферкуниро нисбат медиҳанд; аз рӯйи намуди вобастагиҳои амплитудавӣ, басомадӣ ва ҳароратӣ онҳоро ба релаксатсионӣ, резонансӣ ё гистерезисӣ мансуб медонанд» [15,16].



дар ин ҷо: A–C – раванди ҳаракати дислокатсия байни ду нуқтаи сусти маҳкамкунӣ ҳангоми афзоиши шиддат;

D, E – раванди ҳаракати дислокатсия бе маҳкамкунӣ;

F, G – раванди ҳаракати дислокатсия байни ду нуқтаи қавии маҳкамкунӣ ҳангоми афзоиши шиддат

Расми 1.3. Диаграммаи схематикии реҷаи назариявии дислокатсияи ГЛК

Назарияи ГКЛ «демпферкунии аз амплитуда вобастаро бо ифодаи намуди зерин муайян мекунад:

$$Q^{-1}(E_0) = Q_1^{-1} + Q_2^{-1}(E_0) + Q_1^{-1}\frac{C_1}{E_0}\exp(-\frac{C_2}{E_0}); \qquad (1.1)$$

дар ин ҷо: C_1, C_2 – доимиҳои сохторӣ, ки таносуби онҳо $C_1/C_2 \sim p_d L^3 N$ зичии дислокатсияҳои p_d-ро, ки ба ҷудошавии бебозгашт аз нуқсонҳои нуқтагӣ ҷалб шудаанд, инъикос мекунад;

Q^{-1}_1 ва Q^{-1}_2 – мутаносибан, ташкилдиҳандаҳои аз амплитуда новобаста ва аз амплитуда вобастаи соиши дохилӣ.

Ҳангоми «…амплитудаҳои $E_0 \leq E_{k1}$ ташкилдиҳандаи якум бартарӣ дорад, дар фосилаи $E_{k1} \leq E_0 \leq E_{k2}$ – ташкилдиҳандаи дуюм. Бузургии E_{k2} – амплитудаи критикии микропластикӣ мебошад, ки баъд аз расидан ба он энергия аллакай ҳангоми ҷудошавии дислокатсияҳо аз гиреҳҳои тӯри дислокатсионӣ аз рӯйи нақшаи манбаъҳои Франк–Рид пароканда мешавад» [20].

Дар маҷмӯъ, таҳлил нишон дод, ки қобилияти виброакустодемпферкунии мавод бо сохти физикию кимиёвии он муайян гардида, ба механизмҳои парокандашавии энергияи лаппишӣ таъсири назаррас мерасонад. Ин аз имконпазирии истифодаи маводи таҳқиқшаванда дар асоси хӯлаҳои рехтагарӣ ва деформатсияшавандаи алюминиӣ, ки бо металлҳои ишқорзаминӣ ва нодирзаминӣ модификатсия шуда, хосиятҳои физикию кимиёвӣ ва механикии додашуда доранд, барои муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ дар истеҳсолот шаҳодат медиҳад.

2. «Таҳлили назариявии шароити меҳнат ва раванди ташаккули омилҳои виброакустикӣ дар марҳилаҳои гуногуни амалиёти технологии коркарди мавод дар корхонаҳои саноатӣ» дар ин боб таҳлил гузаронида шудааст: **2.1. Шароити меҳнат ва арзёбии омилҳои виброакустикӣ дар корхонаҳои саноатӣ**. Қайд карда мешавад, ки шароити меҳнат ва омилҳои виброакустикӣ дар саноат аз рӯйи маълумоти оморӣ оид ба осеббинии истеҳсолӣ ва беморшавии касбӣ таҳлил карда шудаанд [3–М].

Таҳлили тағйирёбии шумораи кормандоне, ки дар шароити номусоиди меҳнат банданд, нишон дод, ки «…дар байни омилҳое, ки ба меъёрҳои санитарию гигиенӣ ҷавобгӯ нестанд, дар сохтори шароити номусоиди меҳнат сатҳҳои баланди ғавғо ва ларзиш бартарӣ доранд (ҷадвали 2.1). Коҳиши онҳо дар динамика бо тағйир додани самти истеҳсолот, чорабиниҳо оид ба беҳтар намудани шароити меҳнат ва пешгирии осеббинии истеҳсолӣ шарҳ дода мешавад» [6–М].

Ҷадвали 2.1. – Динамикаи шумораи кормандоне, ки дар шароити номусоиди меҳнат банданд, нафар

Категория ва омили зараровари истеҳсолӣ	2000	2005	2010	2015	2020	2024
Шахсоне, ки дар шароити ба стандартҳои санитарию гигиенӣ номувофиқ кор мекунанд, ҳамагӣ	12503	6976	3049	4691	4891	4278
аз ҷумла: – сатҳи баланди ғавғо	3 016	2 130	609	1181	1267	1088
– сатҳи баланди ларзиш	794	470	49	868	702	373
– сатҳи чанг ва газҳо аз КҲНИ зиёд	8 693	2 568	915	1529	1159	926
Шахсоне, ки бо меҳнати вазнини ҷисмонӣ машғуланд	1 285	392	217	723	1602	984
Шахсоне, ки дар таҷҳизоти ба талаботи бехатарӣ номувофиқ кор мекунанд	985	–	195	242	62	–

Барои беҳтар намудани шароити меҳнат, коҳиш додани осеббинии истеҳсолӣ ва бемориҳои касбӣ дар саноат «…такмили омори давлатӣ оид ба бехатарӣ ва ҳифзи меҳнат, иттилоот дар бораи осеббинии истеҳсолӣ, бемориҳои касбӣ ва оқибатҳои иқтисодии ҳодисаҳои нохуш дар истеҳсолот; таъсиси муассисаҳои махсусгардонидашуда барои аттестатсияи ҷойҳои корӣ аз рӯйи шароити меҳнат дар саноат ва такмили заминаи ҳуқуқӣ ва ҳуҷҷатҳои меъёрию техникӣ оид ба ҳифзи меҳнат пешбинӣ карда мешавад» [22].

Аз рӯйи маълумоти Хадамоти назорати давлатии бехатар анҷом додани корҳо дар саноат ва назорати кӯҳкории назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, дар нимсолаи аввали соли 2025 дар Тоҷикистон 25 ҳодисаи нохуш дар истеҳсолот ба қайд гирифта шудааст. «Дар натиҷаи ҳодисаҳои нохуш дар истеҳсолот 18 нафар ҳалок гардида, 20 нафар осеб дидаанд» [22].

Динамикаи сабабҳои рух додани ҳодисаҳои нохуш ва шумораи кормандони дар шароити зараровар ва хатарноки меҳнат дар корхонаҳои саноатии ҷумҳурӣ бандбуда барои солҳои 2020-2024 дар ҷадвали 2.2 оварда шудаанд [22].

Ҷадвали 2.2. – Шумораи кормандоне, ки дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дар солҳои 2020–2024 таҳти таъсири шароити номусоиди меҳнат банд будаанд

Нишондиҳанда / омили шароити номусоиди меҳнат	2020	2021	2022	2023	2024
Шумораи кормандоне, ки дар шароити меҳнати ба меъёрҳои санитарию гигиенӣ ҷавобгӯ набуда банданд, нафар	4891	4588	4501	2252	4278
Бо меҳнати вазнини ҷисмонӣ машғулбуда, нафар	1602	737	1454	649	984

Таҳти таъсири сатҳи баланди ғавғо коркунанда, нафар	1267	1102	1367	634	1088
Таҳти таъсири сатҳи баланди ларзиш коркунанда, нафар	702	561	705	485	373
Дар шароити чангнокӣ ва газнокии баланди ҳавои минтақаи корӣ (аз КҲНИ зиёд) коркунанда, нафар	1159	728	1190	260	926
Дар таҷҳизоти ба талаботи бехатарӣ ҷавобгӯ набуда коркунанда, нафар	62	6	16	2	–

Шумораи кормандоне, ки ба сатҳи баланди ғавғо дучор мешаванд, аз 1267 нафар дар соли 2020 то 1088 нафар дар соли 2024 тағйир ёфта, ҳадди аксари он 1367 нафар дар соли 2022 буд. Шумораи шахсоне, ки таҳти ларзиши баланд кор мекунанд, аз 702 то 373 нафар кам шуд, гарчанде ки дар соли 2022 то 705 нафар боло рафта буд. Ҳамин тариқ, ғавғо ва ларзиш омилҳои назарраси номусоид боқӣ мемонанд. Маҳз ҳамин омӯзиши минбаъдаи шароити меҳнат ва таҳияи тадбирҳоро оид ба коҳиш додани таъсири виброакустикӣ ба кормандони корхонаҳои саноатӣ асоснок мекунад.

Натиҷаҳои таҳлил нишон медиҳанд, ки зиёда аз сеяк ҳиссаи (34,2%) кормандони корхонаҳои саноатии Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки дар шароити зараровари меҳнат банданд, мунтазам ба таъсири сарбориҳои баланди виброакустикӣ дучор мешаванд. Ҷорӣ намудани муҳофизати самаранок аз ларзиш омили муайянкунандаи коҳиши хавфҳои беморшавии касбӣ ва баланд бардоштани ҳосилнокии меҳнат мебошад.

2.2. Манбаъҳои асосии ташаккули омилҳои виброакустикии пайдоиши зарбавию ларзишӣ

Дар кор манбаъҳои асосии ташаккули омилҳои виброакустикии пайдоиши зарбавию ларзишӣ дар корхонаҳои соҳаҳои гуногуни саноат тавсиф шудаанд. Масалан, дар корхонаҳои мошинсозӣ муқаррар карда шуд, ки манбаъҳои асосии ғавғо ва ларзиш дар корхонаҳои мошинсозӣ дастгоҳҳои металлбурранда мебошанд. Спектри ғавғои таҷҳизоти дастгоҳӣ, чун қоида, бо ҳадди аксаре тавсиф мешавад, ки ба диапазони басомадии аз 500 то 2000 Гс рост меояд, ва аксар вақт он дар банди тақрибан 1000 Гс ҷойгир мешавад. Дар баробари ин, аксари дастгоҳҳои металлбуррандаи бо сифати зарурӣ истеҳсолшуда тавсифоти ғавғоӣ доранд, ки ба меъёрҳои санитарӣ ҷавобгӯ буда, ҷорӣ намудани чорабиниҳои иловагиро оид ба коҳиш додани ғавғо талаб намекунанд. Аммо дар амал қисми зиёди парки дастгоҳҳои корхонаҳои мо кайҳо боз истифода мешавад ва ин шарт на ҳамеша иҷро мегардад.

Дар кор қайд карда мешавад, ки манбаъҳои пурқуввати ғавғо ва ларзиш дар корхонаҳои кӯҳию маъданӣ майдакунакҳо ва осиёҳо мебошанд. Дар майдакунак пораҳои маъдани андозаашон гуногун ба узвҳои майдакунанда сарбории зарбавӣ медиҳанд, хатогиҳои пайвастшавии дандонаҳои ронанда, номутавозинӣ ва зарбаҳо ба лавҳаи тақсимкунанда ва қиф бошад, ба ларзиш илова мекунанд. Дар басомадҳои аз 600 Гс боло шуоъафкании корпус, ғилоф ва дастгоҳи боркунӣ бартарӣ дорад, дар басомадҳои поёнтар – ғавғои камераи майдакунӣ. Спектрҳои ғавғои майдакунакҳои ККД, КСД ва КМД дар ҷадвали 2.5 оварда шудаанд: ҳангоми боркунӣ ғавғо нисбат ба реҷаи муқарраршуда 8–10 дБ баландтар аст, фарсудашавии лавҳаҳои зиреҳӣ бошад 5–6 дБ илова мекунад, бинобар ин дар бадтарин ҳолат фарқият бо мошини нав ба 13–16 дБ мерасад.

Муайян карда шуд, ки «…ғавғои осиёи барабанӣ аз зарбаҳои ҷисмҳои майдакунанда ба футеровка ба вуҷуд меояд. Бо афзоиши басомад он қавӣ мегардад, вале дар басомадҳои аз 2000–3000 Гс боло аз ҳисоби деформатсияи пластикии маҳаллии сатҳҳо ҳангоми зарба суст мешавад; ронанда ташкилдиҳандаҳои 63–500 Гс медиҳад. Барои ба меъёрҳои санитарӣ мутобиқ гардонидани ғавғои осиёҳо тадбирҳои техникӣ оид ба коҳиш додани фаъолнокии виброакустикии онҳо зарур аст» [16–М, 24].

Дар корхонаҳои маҷмааи металлургӣ таҷҳизоти нӯрдкунӣ ва оҳангарию пресскунӣ васеъ истифода мешавад, ки кори он бо ғавғои шадиди импулсӣ ҳамроҳ аст. Сатҳҳои таъсири акустикӣ дар ҷойҳои корӣ аксар вақт аз меъёрҳои санитарию гигиенӣ зиёд мебошанд, ки ин таҷҳизотро ба яке аз манбаъҳои асосии ғавғои истеҳсолӣ табдил медиҳад. Мошинҳои оҳангарию пресскунии амали зарбавӣ бахусус номусоиданд. Зарбаҳои кӯтоҳмуддати пурэнергия ғавғои импулсиро ба вуҷуд меоранд, ки чун қоида аз ҳадди иҷозатдодашуда зиёд аст ва истифодаи воситаҳои махсуси пахш кардани ғавғоро талаб мекунад.

Олимон дар корҳои худ қайд мекунанд, ки «…бо мақсади коҳиш додани ғавғо дар сеҳҳои оҳангарӣ, вақте ки технология иҷозат медиҳад, иваз кардани болғаҳо бо прессҳои

штампкунии гарм мувофиқи мақсад аст. Гарчанде ки пресс низ ба манбаъҳои ғавғои шадид мансуб аст, сатҳи ба вуҷуд овардаи он дар тамоми спектри басомадӣ нисбат ба болғаи тақрибан баробарқувва 9–10 дБ пасттар мебошад. Илова бар ин, ғавғое, ки кори прессҳоро ҳамроҳӣ мекунад, нисбат ба ғавғои болғаҳои амалкунанда ба функсияҳои физиологии организм таъсири камтар мерасонад ва аз ин рӯ барои инсон хатари камтар дорад» [25].

Ошкор карда шуд, ки дар муқоиса бо дигар сеҳҳои металлургӣ истеҳсолоти нӯрдкунӣ аз ҳама серғавғо мебошад. Ҳангоми истеҳсоли блюмҳо, слябҳо ва нимтайёрҳо бархӯрди теладиҳандаҳо бо қуйма, қуймаҳо бо роликҳои ролганги интиқолӣ, валикҳои қафаси фишурдакунӣ ва манипуляторҳо; буридани қуймаҳо бо қайчиҳо ва бархӯрди нӯгҳои буридашудаи телашавандаи қуйма бо конвейер; электроронандаҳои роликҳои ролганг, қафаси фишурдакунӣ ва ғайра ба ҳисоб мераванд. Сатҳи фишори садо дар ин ҷо 66–120 дБ-ро ташкил медиҳад. Ғавғо асосан пастбасомад ва миёнабасомад аст. Ҳангоми нӯрдкунии блюмҳо ғавғои зарбавӣ ба 103 дБ мерасад.

Таҳлил нишон дод, ки ба ғайр аз ҳалли технологии баррасишуда, ҳангоми коркарди металлҳо ва дигар амалиётҳо дар корхонаҳои металлургӣ усулҳо ва воситаҳои муҳофизати виброакустикии таҷҳизот ва ҷойҳои корӣ зарур мебошанд. Ба онҳо автоматикунонии равандҳои серғавғо дохил мешавад, ки имкон медиҳад таъсири ғавғо дар ҷойҳои корӣ хеле коҳиш дода шавад ва баъзан комилан бартараф гардад. Ҳангоми интихоби таҷҳизот бояд ба агрегатҳои камғавғо афзалият дода, нисбати ғавғо ба истеҳсолкунандагон талаботи сахт пешниҳод карда шавад. На камтар муҳим такмили худи технологияи коркард мебошад. Истеҳсоли нимтайёрҳо ва маҳсулоти нӯрдшудаи калонсорт бо дарозии калони ҳаҷми металл, ғайриякҷинсагии ҷараёни пластикӣ дар марказҳои деформатсия ва тақсимоти нобаробари ҳарорат дар буриш алоқаманд аст. Аз ин рӯ, имрӯз «…раванди беҳтар намудани сифати металл дар марҳилаи нӯрдкунӣ бо истифодаи реҷаҳои оптималии фишурдакунӣ, ки ба тағйирдиҳии омилҳои ҳароратию суръатӣ нигаронида шудааст, инчунин бо такмили конструксияи дастгоҳҳои металлии деформатсиякунанда ба даст оварда мешавад» [26, 27].

2.3. Таҳлили шароити меҳнат ва арзёбии омилҳои виброакустикӣ дар ҶСК «ТАЛКО»

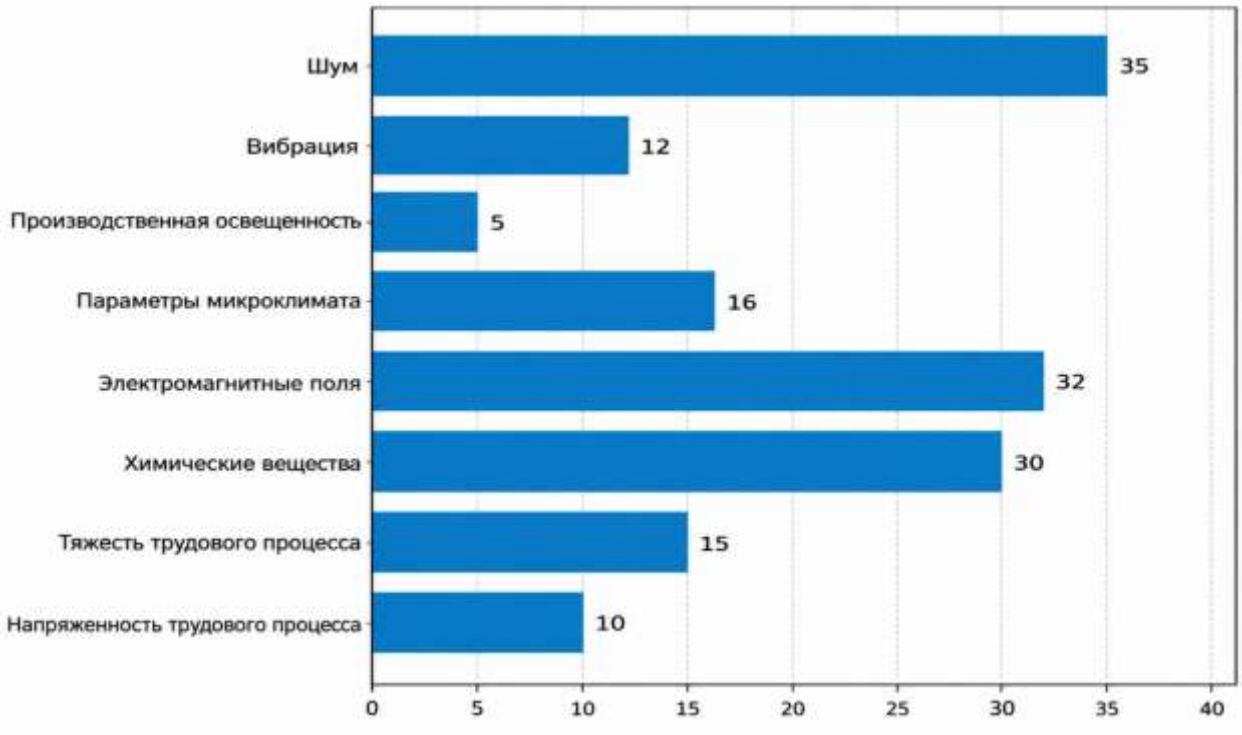
Таҳлили шароити меҳнат дар воҳидҳои сохтории ҶСК «ТАЛКО», ки дар кор гузаронида шуд, нишон дод, ки ҳиссаи бештарини омилҳои хатарнок ва зараровари истеҳсолӣ (46,2 %, қариб нисфи шумораи умумӣ) ба истеҳсолоти электролизӣ рост меояд, ки он ба андозаи зиёд вазъи бехатарии меҳнатро дар корхона дар маҷмӯъ муайян мекунад.

Ба ташаккули омилҳои хатарнок ва зараровар «…баромадани металли моеъ ва шлак ба минтақаҳои хизматрасонӣ, таркишҳо ва партоби моддаҳои зарарнок таъсир мерасонанд ва дар натиҷа метавонанд на танҳо ба зарари назарраси иқтисодӣ, балки ба осеб дидани кормандоне, ки ба таҷҳизот хизмат мерасонанд, ва ифлосшавии муҳити зист оварда расонанд» [22–М].

Ба шароити меҳнат инчунин омилҳои муҳити истеҳсолӣ ва раванди меҳнат таъсир мерасонанд: виброакустикӣ (ларзиши умумӣ ва ғавғо), равшанӣ, микроиқлим, майдонҳои электромагнитӣ, моддаҳои кимиёвӣ, вазнинӣ ва шиддатнокии кор (расми 2.3).

Таҳлили ин омилҳо нишон дод, ки ба шароити зараровари меҳнат ғавғои баланд, майдонҳои электромагнитӣ, моддаҳои кимиёвӣ, параметрҳои микроиқлим ва шиддатнокии раванди меҳнат саҳми бештар мегузоранд. Таъмини шароити бехатари меҳнат ва муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ дар истеҳсоли алюминий бо номуайянӣ ва тағйирёбандагии муҳити иқтисодии дохилӣ ва берунӣ мураккаб мегардад, ки ба натиҷаҳои ниҳоии фаъолияти корхона таъсир мерасонад. Барои самаранокии ҳадди аксари истеҳсолот хавфҳои аз омилҳои хатарнок ва зараровар бармеомадаро бояд дақиқтар идора карда, таъсири онҳо ва эҳтимолияти зарари иқтисодӣ ва иҷтимоиро ба ҳадди ақал расонд.

Ин вазифаҳоро дар ҶСК «ТАЛКО» «Хадамоти ҳифзи меҳнат ва техникаи бехатарӣ» ҳал мекунад, ки дар асоси оинномаи ширкат ва санадҳои меъёрии ҳуқуқии Ҷумҳурии Тоҷикистон фаъолият менамояд.



Расми 2.3. – Тақсимоти шароити меҳнат аз рӯйи омилҳои муҳити истеҳсолӣ ва раванди меҳнат дар КВД «Талко», %

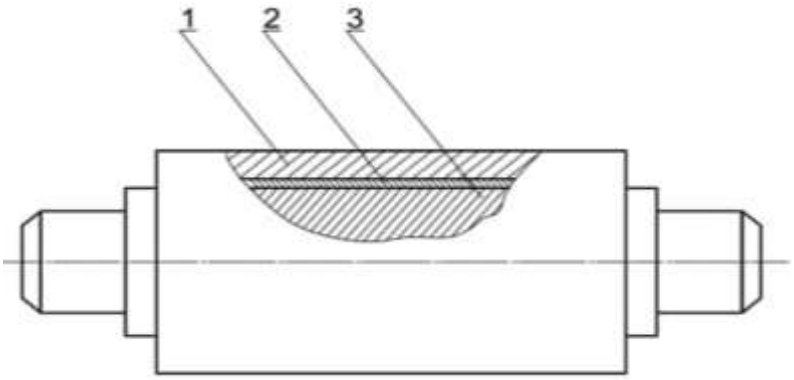
2.4. Моделсозии раванди ташаккули омилҳои виброакустикии пайдоиши зарбавию ларзишӣ ҳангоми интиқоли ашёи хом ва мавод дар ролгангҳо имкон медиҳад, ки пайдоиши ин омилҳо дар системаҳои гуногуни механикии таҷҳизоти истеҳсолӣ дар корхонаҳои саноатӣ асоснок карда шавад.

Ролгангҳо дар саноат барои ҷойивазкунии автоматикунонидашудаи мавод байни марҳилаҳои коркарди технологӣ васеъ истифода мешаванд. «Ғавғо ва ларзиши конвейерҳои роликиро зарбаҳо ва тапиши маводи интиқолшаванда ба роликҳо, бархӯрди нимтайёрҳо бо ҳамдигар, гиреҳҳои соиш ва ғелиш (подшипникҳо, интиқолҳои занҷирӣ, унсурҳои ронанда) ба вуҷуд меоранд. Роликҳо беронанда ва ронандадор, бо ронандаи гурӯҳӣ ё инфиродӣ сохта мешаванд» [28].

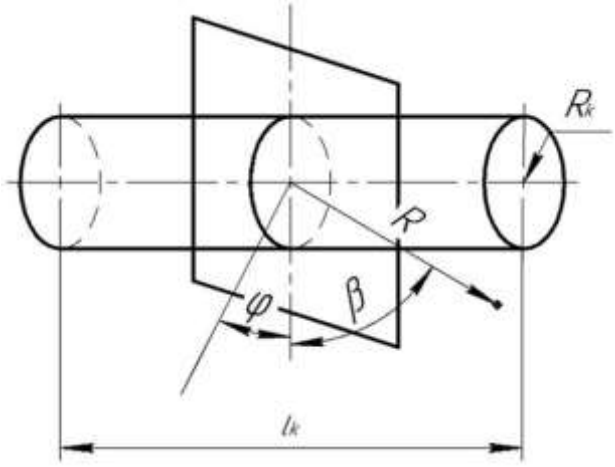
Барои он ки «…осеб дидани сатҳи маводи интиқолшаванда ё худи ролик аз деформатсияҳои термикӣ истисно карда шавад, роликҳои дорои бандажҳо аз чӯян ё пӯлодҳои гармобардорро истифода мебаранд. Барои коҳиш додани омилҳои виброакустикӣ (ғавғо ва ларзиш) ҳангоми интиқоли маводи металлӣ, инчунин барои ҳифзи сатҳи онҳо аз осеб ба сатҳи роликҳо рӯйпӯшҳои резинӣ ё полимерӣ мегузоранд. Таҳлили конструксияҳои мавҷудаи роликҳои ролганг нишон дод, ки талаботи асосӣ барои истифодаи онҳо ба эътимоднокӣ ва дарозумрии онҳо, инчунин ба қобилияти онҳо дар ҷаббкунии ғавғо ва ларзиши роликҳо пешниҳод карда мешаванд, ки ин ҳадафҳои асосии моделҳои фоиданок ва ихтироот дар ин соҳа мебошанд» [29, 30].

«Ҳалҳои маълум (қабатҳои демпферкунанда аз ниобий ё резина бо матои полиамидӣ) қимат буда, дар муҳити намнок ва ҳангоми тамос бо металли гарм кӯтоҳумранд. Мо ролики дорои бочкаи пӯлодӣ ва қабати фосилавӣ аз хӯлаи бисёркомпонентаи алюминийиро пешниҳод кардем (расми 2.4), ки дар санҷишҳои муқоисавӣ ягона ролике буд, ки коҳиши ғавғоро то меъёри санитарӣ таъмин намуд» [4–М, 25].

Барои тавсифи назариявии равандҳои барангехтани омилҳои виброакустикӣ дар механизмҳои ролгангӣ равишҳои гуногуни методологӣ истифода мешаванд [30,31]. Азбаски ғавғои ролгангро асосан зарбаҳои нимтайёрҳо ба роликҳо ба вуҷуд меоранд, маводи роликҳоро бояд бо назардошти демпферкунии он интихоб кард. Барои тавсифи назариявии барангехтани лаппишҳо



Расми 2.4. – Ролики ролганг (1 – қисми берунии ролик, 2 – қабати фосилавӣ аз маводи вибродемпферкунанда, 3 – бочкаи ролик)



Расми 2.5. – Нақшаи ҳисобии ролики ролганг ҳамчун силиндри дарозиаш маҳдуд

равишҳои гуногунро истифода мебаранд, дар яке аз онҳо роликро ҳамчун шуоъафкани силиндрии дарозӣ ва диаметраш ҳамандоза (расми 2.5) андоза, ҳам дар дарозӣ ва ҳам дар диаметр, баррасӣ мекунанд» [23].

Сатҳи фишори садои манбаи ғавғо аз рӯйи формулаи маълум [38] муайян карда мешавад:

$$L_P = 20lg\frac{P}{2*10^{-5}} \qquad (2.1)$$

Барои ҳисоби сатҳи фишори садо дар механизмҳои ролгангӣ ҳамчун ифодаи ибтидоӣ вобастагии фишори садо қабул шудааст:

$$P = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{\rho_0 c_0}{R}\frac{B(ksin\beta)}{cos\beta H\prime(kR_k cos\beta)} \qquad (2.2)$$

$$B_{m_r}(k_0 sin\beta) = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^{1.5}\int_0^{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}(\upsilon(\varphi,x)\exp - i(\varphi + k_0 sin\beta))d\varphi dx \qquad (2.3)$$

дар ин ҷо: ρ_0 – зичии ҳаво, кг/м^3; c_0 – суръати садо дар ҳаво, м/с; k_0 – адади мавҷӣ, м$^{-1}$; β – кунҷи шуоъафканӣ; β – масофа аз маркази манбаъ то нуқтаи ҳисобӣ, м;

$B(ksin\beta)$ – функсияе, ки тақсимоти амплитудавию фазавии суръати лаппиширо дар сатҳи ролик муайян мекунад; $\upsilon(\varphi,x)$ – суръати лаппиши ролик, м/с;

$H'(kR_k cos\beta)$ – функсияи Ганкели навъи якум; R_k – радиуси ролик, м.

Бо назардошти он ки суръати лаппиши роликҳо ба υ_k баробар аст, функсияи тақсимоти суръат дар намуди зерин дода мешавад:

$$\upsilon(\varphi,x) = \begin{cases}\upsilon_k \ cxpi\varphi & \text{ҳангоми } x \le |l_k| \\ 0 & \text{ҳангоми } |l_k| > x\end{cases} \qquad (2.4)$$

дар ин ҷо l_k – дарозии ролик, м.

Бо гузоштани вобастагиҳои (2.4) ба ифодаи (2.3) ифодаи $B(ksin\beta)$-ро дар намуди зерин ҳосил мекунем:

$$B_k = \frac{\upsilon_k l_k}{\sqrt{2\pi}}\Phi(\beta), \qquad \Phi(\beta) = \frac{\sin\frac{kl_k}{2}sin\beta}{0.5kl_k sin\beta} \qquad (2.5)$$

Барои ҳисоби фишори садо бо назардошти ҳосилаи функсияи Ганкел таносубҳои зерин ба даст оварда шуданд:

$$kR_k cos\beta \le 1 \text{ ва } kR_k cos\beta > 1.$$

$$\frac{2\pi f_k}{c_0}R_k cos\beta = 0.018R_k cos\beta \le 1 \qquad (2.6)$$

Аз вобастагии (2.1) модули фишори садо намуди зеринро мегирад:

$$|P_1| = \frac{3.5\times10^{-2}(f_k R_k)^2\upsilon_k l_k}{R} \qquad (2.7)$$

дар ин ҷо, l_k – басомадҳои хусусии лаппишҳои валик, Гс.

Бо назардошти таносуби $0{,}018 f_k R_k \cos\beta > 1$ модули фишори садо бо формулаи зерин ифода карда мешавад:

$$|P_2| = \frac{22\,(f_k R_k)^{0.5} \upsilon_k l_k}{R} \qquad (2.8)$$

Аз ин ҷо, бо назардошти формулаи (2.1) ҳосил мекунем:

$$L_{P1} = 20\lg\frac{3\times10^{-2}(f_k R_k)^2 \upsilon_k l_k}{2\times10^{-5}} = 40\lg f_k R_k + 20\lg\frac{l_k \upsilon_k}{R} + 64 \qquad (2.9)$$

$$L_{P2} = 20\lg\frac{22\upsilon_k l_k (f_k R_k)^{0.5}}{2\times10^{-5} R} = 20\lg f_k R_k + 20\lg\frac{l_k \upsilon_k}{R} + 10\lg f_k R_k + 121 \qquad (2.10)$$

Агар ролики ролгангро ҳамчун мили силиндрии пӯлодии дутакягоҳа тасаввур кунем, басомади хусусии лаппишҳои онро чунин навиштан мумкин аст:

$$f_k = 4\times10^3 R_k \left(\frac{k}{l}\right)^2 \qquad (2.11)$$

Барои нимтайёрҳои дароз энергияи садоро якчанд ролик шуоъафканӣ мекунанд, ки шумораи онҳо ҳамчун $\mathrm{k_в} = \frac{\mathrm{l_з}}{\mathrm{h_в}}$ дода мешавад,

дар ин ҷо $\mathrm{l_з}$ – дарозии нимтайёр, м; $\mathrm{h_в}$ – қадами ҷойгиршавии роликҳо, м.

Он гоҳ сатҳи фишори садо барои тамоми конструксия намуди зеринро дорад:

$$L_{P\Sigma} = L_P + 10\lg\frac{l_з}{h_в} \qquad (2.12)$$

Дар кор «фишори садое, ки механизми ролгангӣ ба вуҷуд меорад, бо назардошти чорчӯба ҳамчун системаи унсурҳои милӣ, инчунин гирехҳои подшипникӣ ва интиқоли занҷирӣ муайян карда мешавад» [7-М, 13-М, 23]. Аз рӯйи методология вобастагиҳои ҳисобии зерин ба даст оварда шуданд:

$$P = 2{,}3 * 10^3 \frac{khR\upsilon_k}{r};\ L_p = 20lg\frac{khR\upsilon_k}{r} + 147 \qquad (2.13)$$

дар ин ҷо h – ғафсии чархи ситорашакл, м; R – радиуси давраи тақсимкунанда, м; k – коэффитсиенте, ки басомадҳои хусусии лаппишҳоро муайян мекунад; v_k – суръати лаппишҳо дар басомадҳои хусусӣ, м/с; r – масофа аз маркази чархи ситорашакл то нуқтаи ҳисобӣ, м.

Аз ин ҷо, тибқи маълумоти [35, 36], фишори садо ва сатҳи онро чунин ҳисоб мекунанд:

$$P = 15av_k\sqrt{\frac{f_k}{r}};\ L_p = 20lgav_k + 10lg\frac{f_k}{r} + 118 \qquad (2.14)$$

дар ин ҷо, а – андозаи буриши кӯндаланг, м.

Барои унсурҳои аз маҳсулоти нӯрдшудаи металлӣ сохташуда вобастагии (2.14) намуди зеринро мегирад:

$$L_p = 20lgav_k\frac{k}{l} + 5lg\frac{J}{F} - 10lgr + 157 \qquad (2.15)$$

дар ин ҷо: J – моменти инерсия ($м^4$) ва F – масоҳати буриши кӯндаланг ($м^2$).

Дар кор қайд карда мешавад, ки қобилияти демпферкунии мавод бо коэффитсиенти парокандашавии нисбии энергия ψ тавсиф мешавад, ки ҳамчун нисбати энергияи ΔW, ки воҳиди ҳаҷми мавод дар як сикли деформатсия ба таври бебозгашт пароканда мекунад, ба энергияи потенсиалии хоси ҳадди аксари деформатсия W, ки то лаҳзаи расидан ба шиддати қуллавӣ дар ҳамин сикл ҷамъ шудааст, муайян карда мешавад:

$$\psi = \frac{\Delta W}{W} \qquad (2.16)$$

дар ин ҷо ΔW – энергияе, ки воҳиди ҳаҷми мавод дар як сикли боргузорӣ пароканда мекунад, Ҷ/м³; W – энергияи потенсиалии ҳадди аксари деформатсияи чандири воҳиди ҳаҷм дар як сикл, Ҷ/м³.

Барои муайян кардани парокандашавии нисбии энергия дар мавод бояд тавсифи хомӯшшавии лаппишҳои хусусии системаро ба назар гирифт. Бо ин мақсад виброграммаи раванди хомӯшшавандаро сабт мекунанд, ки бо функсияи монотонии камшавандаи вақт $a = f(t)$ тавсиф мешавад.

Азбаски энергияи пурраи лаппишҳои системаи механикӣ ба квадрати амплитудаи ҷойивазкунии он мутаносиб аст $W \sim a^2$, камшавии амплитуда дар як давр шиддатнокии диссипатсияи энергияро инъикос мекунад ва чунин муайян карда мешавад:

$$W = C\frac{a^2(t)}{2} \qquad (2.17)$$

дар ин ҷо, С – сахтии система, Н/м.

Он гоҳ дифференсиали камшавии энергияи система дар фосилаи вақти dt ба dW баробар буда, коэффитсиенти парокандашавии нисбии энергия дар мавод ψ барои як сикли лаппиш бо ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$\psi = -\frac{dW}{W} = -\frac{d(a^2)}{a^2} = -\frac{2\,da}{a} \qquad (2.18)$$

Ҳангоми интегронии ин таносуб дар фосилаи як даври лаппиш T коэффитсиенти парокандашавии нисбии энергияро баробар ба қимати зерин қабул мекунанд:

$$\psi \approx 2 \cdot \delta = 2\ln\left(\frac{a_k}{a_{k+1}}\right) \qquad (2.19)$$

дар ин ҷо a_k ва a_{k+1} – амплитудаҳои пайдарпайи лаппишҳо, ки бо даври T аз ҳам ҷудо шудаанд, м (ё м/с²);

$\delta = \ln\left(\frac{a_k}{a_{k+1}}\right)$ – декременти логарифмии хомӯшшавии лаппишҳо (2.20).

Коэффитсиенти талафот бо декременти логарифмӣ алоқаманд аст:

$$\eta = \frac{\delta}{\pi} = \frac{1}{\pi}\ln\frac{a_k}{a_{k+1}} \qquad (2.21)$$

Бо назардошти он ки талафоти диссипативӣ дар система ба суръати лаппишии сатҳ мутаносиб аст, коҳиши сатҳи фишори садо ΔL-ро дар муҳити атроф ҳангоми гузоштани қабати вибродемпферкунанда аз рӯйи формулаи зерин муайян мекунанд:

$$\Delta L = 10\lg\left(\frac{\eta_2}{\eta_1}\right) = 20\lg\left(\frac{v_1}{v_2}\right), \text{ дБ} \qquad (2.22)$$

дар ин ҷо v_1, η_1 – мутаносибан амплитудаи суръати лаппишӣ (м/с) ва коэффитсиенти талафоти сатҳи ларзанда то гузоштани қабати демпферкунанда; v_2, η_2 – ҳамон, пас аз гузоштани қабати вибродемпферкунанда.

Бо назардошти таҳқиқот, коҳиши сатҳи фишори садо ΔL ҳангоми гузоштани қабати яктарафаи виброҷаббкунанда ба конструксияи металлӣ бо ифодаи зерин тавсиф мешавад:

$$\Delta L = 10\lg\left(1 + \frac{\eta_2}{\eta_1}\right), \text{ дБ} \qquad (2.23)$$

Коэффитсиенти эквиваленти талафоти лавҳаи дуқабата (конструксияи дорои рӯйпӯши демпферкунанда) бо вобастагии зерин муайян карда мешавад [275]:

$$\eta_{\text{экв}} = \eta_1 + \beta \cdot \eta_2 \qquad (2.24)$$

дар ин ҷо параметри сахтии самаранок ва ғафсии қабати демпферкунанда β бо таносуби зерин ифода карда мешавад:

$$\beta = 3 \cdot \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{h_2}{h_1}\left(1 + \frac{h_2}{h_1}\right)^2 \qquad (2.25)$$

дар ин ҷо, η_1, η_2 – коэффитсиентҳои талафоти маводи металлоконструксияи борбардор ва қабати виброҷаббкунанда мутаносибан; E_1, E_2 – модулҳои чандирии навъи якуми маводи конструксия ва рӯйпӯши демпферкунанда, Па; h_1, h_2 – ғафсии деворааи (лавҳаи) борбардори металлӣ ва рӯйпӯши виброҷаббкунанда, мутаносибан, м.

Зиёд кардани ғафсии рӯйпӯши виброҷаббкунанда беш аз 3–5 маротиба нисбат ба ғафсии металлоконструксияи демпфершаванда мувофиқи мақсад нест (одатан таносуби ғафсиҳоро дар ҳудуди $h_2/h_1 \approx 1{,}5 \ldots 3{,}0$ қабул мекунанд).

Самаранокии маводи вибродемпферкунанда, ба ғайр аз коэффитсиенти талафот η, бо модули талафот E'' муайян карда мешавад, ки ҳосили зарби модули чандирӣ ба коэффитсиенти талафот мебошад ($E'' = E \cdot \eta$). Ҳар қадар қимати ин параметрҳои мавод баландтар бошад, истифодаи он ҳамчун рӯйпӯши виброҷаббкунанда ҳамон қадар самараноктар аст.

Ҳамин тариқ, вобастагиҳои овардашуда имкон медиҳанд, ки коэффитсиенти эквиваленти талафот ва коҳиши сатҳи фишори садо дар конструксияи ролики ролганг бо назардошти параметрҳои қабати виброҷаббкунанда ҳисоб карда шаванд.

3. «Моделсозии раванди садобарорӣ ҳангоми бархӯрди қисмҳои мошинҳо ва асосноккунии илмии усулҳои арзёбии хосиятҳои виброакустодемпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо» масъалаҳои зерин баррасӣ шудаанд:

3.1. Интихоби мавод барои арзёбии хосиятҳои виброакустодемпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо

Барои коҳиш додани таъсири зарарноки ғавғо ва ларзиш имрӯз маводи демпферкунандаи навъҳои гуногунро истифода мебаранд: хӯлаҳои дорои қобилияти баланди демпферкунӣ, рӯйпӯшҳои виброчаббкунанда, маводи композитсионӣ. Онҳо лаппишҳои механикиро суст мекунанд, ғавғои сохториро коҳиш медиҳанд ва устувории виброакустикии конструксияҳоро баланд мебардоранд. Дар асоси «…таҳқиқоти таҷрибавӣ ва назариявии гузаронидашудаи таркиби фазавӣ, хосиятҳои физикию кимиёвӣ, механикӣ, технологӣ ва хусусиятҳои таъсири мутақобилаи компонентҳои хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийии системаи Al–Zn–Mg ва Al–Zn–Mg–МНЗ ва хӯлаҳои рехтагарии алюминийии системаи Al–Si ва Al–Si–Sr (МИЗ) хосиятҳои акустодемпферкунии ин хӯлаҳо ҳамчун мавод барои коҳиш додани ғавғо ва ларзиши механикӣ дар ҷойҳои кории истеҳсолоти металлургӣ муайян карда шуданд» [52].

Хӯлаҳои рехтагарии алюминийии системаи Al–Si ва Al–Si–Sr, ки тавсифоти асосии онҳо дар ҷадвали 3.1 оварда шудаанд, ҳамчун силуминҳо маъруфанд, ки коркардпазирии хуб, сатҳи кофии баланди хосиятҳои физикию механикӣ ва устуворӣ зиддикоррозионӣ дошта, дар соҳаҳои гуногуни саноат васеъ истифода мешаванд.

Ҷадвали 3.1. Таркиби кимиёвӣ ва хосиятҳои механикии хӯлаҳои рехтагарии алюминиӣ

Миқдори компонентҳо, мас. %				**Хосиятҳои механикӣ**		
Si	Mg	Sb, Ba, Sr	Al	$\sigma_в$, МПа	δ, %	НВ
6	0,1	0,005Sb	боқӣ	218	7,0	79
9	0,3	0,1Sb	–	216	5,6	77
6	0,1	0,005Ba	–	196	7,4	74
9	0,3	0,1Ba	–	202	8,0	75
6	0,1	0,005Sr	–	206	13,0	56
9	0,3	0,1Sr	–	212	12,0	58
9	0,25	–	–	160	3,2	56
12	0,25	–	–	170	2,4	48

Дар кор нишон дода шудааст, ки «…элементҳои легиркунанда ба дисперсияи дона, таркиби фазавӣ ва хосиятҳои физикию механикии матритса таъсири гуногун мерасонанд. Маҳз ҳамин имконияти таҳияи хӯлаҳои нави баланддемпферкунандаро бо тавсифоти виброакустикии додашуда фароҳам меорад» [33]. Тавсифоти асосии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминиӣ дар ҷадвали 3.2 оварда шудаанд.

Ҷадвали 3.2. Таркиби кимиёвӣ ва хосиятҳои механикии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминиӣ

Миқдори компонентҳо, мас. %				**Хосиятҳои механикӣ**		
Zn	Mg	Gd, Yb	Al	$\sigma_в$, МПа	δ, %	НВ
4	1	0,005Gd	боқӣ	580	6,0	79
8	3	0,1Gd	–	620	5,5	77
4	1	0,005Yb	–	600	5,4	74
8	3	0,1Yb	–	630	6,2	75
4	1	–	–	550	4,2	56
8	3	–	–	600	6,8	58

Дар кор ҳамчун маводи композитсионии бисёрқабата композитҳои бисёрқабата (пӯлоди камкарбон, ки бо хӯлаи деформатсияшавандаи алюминиӣ плакиронида шудааст) истифода шуданд, ки бо роҳи нӯрдкунӣ дар дастгоҳи нӯрдкунии дувалика 300 ба даст оварда шуданд (ҷадвали 3.3). Санҷишҳои механикӣ дар мошини Instron ТТ-ДМ мувофиқи ГОСТ 1497–73, барои ҳар як таркиб аз рӯйи панҷ намуна, бо коркарди омории натиҷаҳо гузаронида шуданд.

Ҷадвали 3.3. Хосиятҳои механикии маводи композитсионии таҳқиқшаванда

Рақами намуна	**Маводи композитсионии бисёрқабата**	**σ, МПа**	**δ, %**
1	Пӯлоди 08пс– Хӯлаи Al–Zn–Mg – пӯлоди 08пс	675	5,8
2	Хӯлаи Al–Zn–Mg –пӯлоди 08пс – Хӯлаи Al–Zn–Mg	595	6,2
3	Пӯлоди 08пс	385	3,6
4	Хӯлаи Al–Zn–Mg	550	5,6

Таркиб бо усулҳои атомӣ-абсорбсионӣ, нейтронӣ-активатсионӣ, кимиёвӣ-спектралӣ ва масс-спектрометрӣ назорат карда шуд. Барои гомогенизатсия хӯлаҳоро дар ампулаҳои кафшеркардашудаи кварсӣ дар ҳарорати 400–450 °С дар давоми 200–250 соат тобдиҳӣ карданд; сохтор дар микроскопи «Неофот-21», таркиби фазавӣ – дар дифрактометри «Дрон-3» омӯхта шуд.

3.2. Баъзе тасаввурот дар бораи назарияи садобарории металлҳо ва хӯлаҳо

Дар фасли дуюм усули зарбавии барангехтани лаппишҳо ва раванди бархӯрд, ки яке аз сабабҳои асосии пайдоиши ғавғои механикии пайдоиши зарбавию ларзишӣ мебошад, баррасӣ шудааст.

Дар кор муқаррар карда шудааст, ки ба «асоси садобарории металлҳо раванди бархӯрд гузошта шудааст, ки яке аз сабабҳои асосии пайдоиши ғавғои механикии пайдоиши зарбавию ларзишӣ мебошад. Ғавғоҳои зарбавиро вобаста ба модели қабулшудаи тавлиди ғавғо тасниф мекунанд, ки ҳамчун он бархӯрди шарикҳо бо ҳамдигар, бо сутунчаҳо ё бо лавҳаҳо баррасӣ шуда метавонад. Варианти охирин аз нуқтаи назари техникӣ аҳамияти махсус пайдо мекунад ва маҳз аз ҳамин сабаб садобарорие, ки бархӯрди шарик бо лавҳаро ҳамроҳӣ мекунад, ба асоси яке аз усулҳои муайян кардани тавсифоти акустикии маводи металлӣ гузошта шудааст» [23]. Ҳар қадар соиши дохилии мавод зиёдтар бошад, садо дар он ҳамон қадар зудтар хомӯш мешавад. Дар кори [34] суръати мавҷҳои тӯлӣ тавассути модули чандирӣ, зичӣ ва параметрҳои демпферкунӣ ифода шудааст:

$$\upsilon_{з.в} = 99.05\sqrt{\frac{E_o}{\rho}\cdot\frac{1-\mu}{(1+\mu)\cdot(1-2\mu)}} = C\cdot\sqrt{E_o}; \qquad (3.1)$$

дар ин ҷо: ρ – зичӣ, кг/м3; μ – коэффитсиенти Пуассон.

Таносуби дигаре низ мавҷуд аст [1–М], ки соиши дохилиро дар металл бо тавсифоти садобарории он ҳангоми лаппиш алоқаманд мекунад:

$$Q_n^{-1} = \frac{7.78\sqrt{m_n\sigma_o(1-\mu^2)R_ш}}{[dn\sqrt{m_ш}+1.59K_2(m_n\cdot V_o)K_1\sqrt{\sigma_o R_ш}][(\frac{m}{a})^2+(\frac{n}{b})^2]\sqrt{Eh^3}}; \qquad (3.2)$$

дар ин ҷо: d_n – суръати хомӯшшавии лаппишҳои садоии лавҳа, дБ/с; Е – модули чандирии нормалӣ; μ – коэффитсиенти Пуассон; h – ғафсии лавҳа, м; a, b – андозаҳои хаттии лавҳа, м; *m, n* –1,2,3 – қиматҳои бутуне, ки шумораи ниммавҷҳои дар лавҳа ҷойгиршавандаро муайян мекунанд; *Д =Eh3/12(1–μ)* – сахтии силиндрии лавҳа ҳангоми хамиш.

Ҳамин тариқ, аз рӯйи садое, ки металл пас аз зарба мебарорад, дар бораи демпферкунии он ба қадри кофӣ боэътимод хулоса баровардан мумкин аст. Аммо маводро танҳо вақте муқоиса кардан мумкин аст, ки шакл (лавҳа, диск, мил), маҳкамкунӣ ва сохтори ибтидоии намунаҳо якхела бошанд.

3.3. Усулҳои асосии таҷрибавии муайян кардани хосиятҳои виброакустодемпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо

Дар кор барои асоснок кардани интихоби методикаи таҳқиқи хосиятҳои виброакустодемпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо усулҳои гуногуни таҷрибавӣ баррасӣ шудаанд. Нишондиҳандаҳои демпферкунӣ зиёданд ва ҳар яке бо усули ченкунии худ алоқаманд аст. Мутлақ бошанд ё нисбӣ, ҳамаи онҳо як чизро ифода мекунанд – мавод дар як сикли деформатсия аз ҳисоби ғайричандирӣ чӣ қадар энергияро аз даст додааст.

Дар кор қайд карда мешавад, ки қобилияти демпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо бо коэффитсиенти парокандашавии нисбии энергия ψ тавсиф мешавад, ки ба нисбати энергияи W, ки воҳиди ҳаҷми мавод дар як сикли боргузорӣ ҳангоми амплитудаи додашудаи шиддат ба таври бебозгашт пароканда кардааст, ба энергияи потенсиалии хоси деформатсия W, ки дар лаҳзаи шиддати ҳадди аксар дар ҳамин сикл ҷамъ шудааст, баробар мебошад::

$$\psi = \frac{\Delta W}{W} \qquad (3.3)$$

Дар кор ошкор карда шуд, ки дар муқоиса бо ҳамаи дигар усулҳои (мустақим ва ғайримустақими) муайян кардани хосиятҳои демпферкунӣ усули лаппишҳои озоду хомӯшшаванда бештар паҳн гардидааст [12–М]. Қобилияти демпферкуниро бо декременти логарифмии лаппишҳо δd ё парокандашавии нисбии энергия φ тавсиф мекунанд, ки аз рӯйи

суръати камшавии амплитуда ҳисоб карда мешаванд. Декременти логарифмии лаппиш аз рӯйи формулаҳои зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\delta_{Д} = \frac{\ln A_0}{A_1}; \qquad (3.4)$$

$$\delta_{Д} = \frac{1}{n\ln(\frac{A_0}{A_n})} = \frac{1}{n\ln t}; \qquad (3.5)$$

дар ин ҷо: A_0 ва A_1 – амплитудаҳо дар аввал ва охири сикли лаппиш; A_n – амплитудаи лаппишҳо дар охири фосилае, ки аз n сикл иборат аст; A_0/A_n=t-ро муҳаққиқони гуногун аз 4 то 1,1 истифода мебаранд.

Агар ҳисобҳо аз рӯйи муодилаҳои (3.4) ва (3.5) мувофиқат кунанд, шиддатнокии хомӯшшавӣ аз амплитудаи мутлақ дар фосилаи интихобшуда вобаста нест, яъне демпферкунии система хаттӣ аст. Парокандашавии нисбии энергия ва декременти логарифмӣ бо таносуби оддӣ алоқаманданд:

$$\varphi = 2\delta_{Д} \qquad (3.6)$$

Таҳлил нишон дод, ки аксар вақт муодилаи (3.5) истифода мешавад, қимати камшавии лаппишҳо аз фарсудашавӣ то амплитудаи миёнаро бошад, дар қитъаи интихобшудаи осиллограмма ба даст меоранд:

$$A_{ср.} = \frac{A_0 + A_n}{2}; \qquad (3.7)$$

Дар ҳолати хомӯшшавии калон истифодаи баробариҳои (3.5) ва (3.7) метавонад таносубҳои (3.6)-ро вайрон кунад [24–М]. Дар чунин ҳолатҳо ба муайянкунии дифференсиалии парокандашавии нисбии энергия ва декременти лаппишҳо муроҷиат мекунанд.

Дар асоси баробарии (3.5) ҳангоми $A_n \to A_o$ ва $t \to N$ муодила барои декременти лаппишҳое ҳосил мешавад, ки ба амплитудаи A_1 мувофиқ аст:

$$\delta_{Д}(A) = -d\ln(\frac{A}{d_N}) = \frac{1}{A}\cdot\frac{dA}{d_N}; \qquad (3.8)$$

Аз ифодаи (3.8) баробарии оддӣ барои муайян кардани декремент аз рӯйи хати иҳотакунандаи лаппишҳои хомӯшшаванда бармеояд:

$$\delta_{Д}(A) = -\frac{1}{A}\cdot tgd = \frac{1}{\overline{N}}; \qquad (3.9)$$

дар ин ҷо $\overline{N}$ – шумораи сиклҳо (ҳам бутун ва ҳам касрӣ) дар қитъаи зери расандае, ки ба хати иҳотакунанда дар нуқтаи амплитудаи баррасишавандаи лаппишҳо А гузаронида шудааст.

Муодилаи (3.9) имкон медиҳад, ки қиматҳои боэътимоди декременти лаппишҳо на танҳо ҳангоми хомӯшшавии калон, балки ҳангоми хомӯшшавии хурд низ муайян карда шаванд.

3.4. Дар асоси моделсозии раванди садобарорӣ ҳангоми бархӯрди қисмҳои мошинҳо методикаи таҳқиқи хосиятҳои виброакустодемпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо таҳия шудааст. Дар кор дар асоси тасаввурот дар бораи садобарории металлҳо ва хӯлаҳо ва таҳлили усулҳои таҷрибавии муайян кардани хосиятҳои виброакустодемпферкунии мавод бо роҳи моделсозии раванди садобарорӣ ҳангоми бархӯрди қисмҳои мошинҳо методикаи таҳқиқи хосиятҳои виброакустодемпферкунии металлҳо ва хӯлаҳо таҳия карда шудааст.

«Моделсозии манбаъҳои ғавғо ба назарияи монандӣ такя мекунад: қонуниятҳое, ки дар модел ёфта шудаанд, ба як синфи пурраи объектҳои воқеӣ интиқол дода мешаванд. Барои ин модел бояд ба асл аз ҷиҳати геометрӣ ва акустикӣ монанд бошад» [7–М]:

а) Монандии геометрӣ – андозаҳои хаттии модел ва асл ба як шумораи якхела маротиба фарқ мекунанд:

$$Д_н/Д_м = id \in m \qquad (3.\ 10)$$

Дар ин ҷо: Dн – андозаи хаттии мувофиқи объекти аслӣ; Dм – андозаи хаттии мувофиқи модел; id – коэффитсиенти миқёсии монандии хаттӣ

б) Монандии акустикӣ (мавҷӣ) — баробарии нисбатҳои андозаҳои хаттии хос ба дарозии мавҷҳои акустикӣ дар шароити аслӣ ва моделӣ:

$$L_н/\lambda_м=L_м/\lambda_н \qquad (3.11)$$

дар ин ҷо: $L_н$, $L_м$ – андозаи хаттии асл ва модел мутаносибан; $\lambda_м$, $\lambda_н$ – дарозии мавҷи садо дар асл ва модел мутаносибан.

Азбаски $\lambda_н = C_н / f_н$, $\lambda_м = C_м / f_м$, ки дар ин ҷо $C_н$ ва $C_м$ суръати садо дар мавод дар асл ва модел мутаносибан мебошанд, пас

$$L_н f_н/C_н=L_м f_м/C_м \qquad (3.12)$$

в) Монандии импедансӣ – импедансҳои акустикии беандозаи модел ва асл дар басомадҳои монанде, ки аз рӯйи (3.12) ёфта шудаанд, мувофиқат мекунанд. Импеданси беандоза $\boldsymbol{Z_б}$ дар ин ҳолат якхела аст:

$$Z_м=Z_н \text{ ҳангоми } f_м=(L_м \cdot C_м / L_н \cdot C_н) f_н \qquad (3.13)$$

Ҳангоми таҳияи чорабиниҳо оид ба коҳиш додани ғавғо «…таъсири виброакустикӣ аксар вақт равандҳои паҳншавии энергияи садо (акустикаи биноҳо, тавсифоти рӯйпӯшҳои садоҷаббкунанда, ғавғопасткунакҳо ва иҳотаҳои садоҷудокунанда), инчунин параметрҳои фаъолияти манбаъҳои садои пайдоиши аэродинамикӣ, гидродинамикӣ, механикӣ ва электромагнитиро моделсозӣ мекунанд» [4–М, 13–М].

Агар ҳамаи ин шартҳо иҷро шаванд, сатҳҳои умумӣ ва октавии фишори садо дар нуқтаҳои мувофиқи модел ва асл якхелаанд:

$$\boldsymbol{L_м = L_н}, \text{ дБ}$$

агар масофаҳо то нуқтаҳои ченкунӣ низ бо ҳамон миқёс кам карда шаванд $\boldsymbol{r_н/r_м = K_L}$:

$$R_м/ R_н = Д_м / Д_н \qquad (3.14)$$

Ҳудуди бандҳои басомадии монанди модел ва асл чунин алоқаманданд:

$$f_{н1}/f_{м1}=f_{н2}/f_{м2}=Д_м/Д_н \qquad (3.15)$$

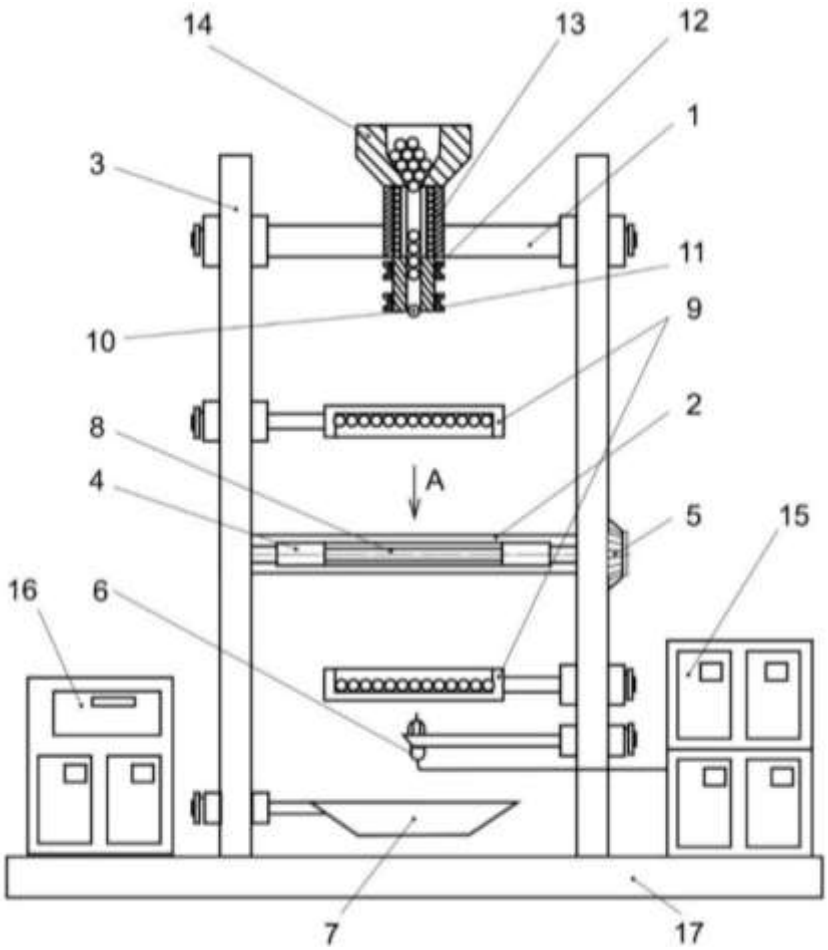
Ҳамин тариқ, ларзиши садоӣ дар ҷисми дорои андозаҳои маҳдуд омезиши мураккаби мавҷҳои навъҳои гуногунро ифода мекунад, ки дар натиҷаи он ёфтани ҳалли масъалаи изолятсия ва ҷаббкунии лаппишҳои механикӣ дар умумитарин гузориш хеле душвор мегардад. Объектҳои алоҳида, ки ба онҳо, масалан, мошинҳо дохил мешаванд, дар басомадҳои паст «компактӣ» мебошанд, зеро андозаҳои онҳо, чун қоида, аз дарозии мавҷҳои ларзиши садоӣ хеле хурдтаранд. Чунин объектҳоро одатан ҳамчун массаҳои мутлақо сахт ё ҳамчун пружинаҳои бемасса шарҳ медиҳанд, ки дар як қатор ҳолатҳо имкон медиҳад бе ҳалли масъала дар гузориши мавҷӣ кор пеш бурда шавад. Системаи дорои параметрҳои мутамарказро на танҳо ҳамчун ҳолати ниҳоии суперпозитсияи мавҷҳои бисёр баррасӣ кардан мумкин аст, балки, баръакс, равандҳои мавҷиро дар ҷисмҳои мураккаб ҳамчун натиҷаи таъсири мутақобилаи массаҳо ва пружинаҳои сершумор тавсиф кардан мумкин аст.

Дар кор ҳамчун модели таҷрибавии асосӣ лавҳаи андозаҳояш муқарраршуда қабул шудааст, ки ба таври амудӣ дар овезиши нарм аз риштаҳои волфрамии диаметрашон тақрибан 20 мкм овезон карда шудааст. Лаппишҳои озоди хамишӣ бо зарбаи марказии шарики пӯлодии диаметраш 10 мм ва массааш 4,5 г барангехта мешаванд [30–М]. Нақшаи принсипиалии дастгоҳ дар расми 3.1 оварда шудааст.

Ҳамвории овезиши намуна нисбат ба ҳамвории уфукӣ бо ёрии дастгоҳи 5 дар кунҷҳои гуногун моил карда мешавад, то ки аз бархӯрдҳои такрорӣ канорагирӣ карда шавад. Унсури зарбавӣ дар шакли шарики пӯлодии 10 (пӯлоди ШХ15, диаметраш 10 мм, массааш 4,5 г) аз бункери 14 ба кӯраи қубурии 13 афтода, гарм мешавад ва аз ҷониби ӯзаки электромагнити болоии 11 ҷазб карда мешавад. Ҳангоми хомӯш кардани он ба электромагнити поёнии 11 меафтад ва пас аз хомӯш кардани он озодона ба намунаи ҳамвори овезони 8 афтода, аз ҳисоби гузариши энергияи потенсиалӣ ба энергияи кинетикӣ дар он лаппишҳо ба вуҷуд меорад. Шарикҳои 10, ки аз намунаи 8 бозҷаҳидаанд, дар қабулкунаки 7 ҷамъ мешаванд.

Барои таҳқиқи вобастагии ҳароратии хосиятҳои акустодемпферкунии маводи металлӣ намунаи 8 вобаста ба шароити таҷриба бо унсурҳои гармкунандаи 9 гарм карда мешавад.

Дастгоҳи ТТУ–2 нисбат ба аналогҳо соддатар аст, «маҳкамкунӣ дар намуна шиддатҳои изофӣ ба вуҷуд намеорад ва мавқеи намунаро ба осонӣ тағйир додан мумкин аст: пайвасти шлитсӣ онро нисбат ба ҳамвории овезиш бо зинаҳои 2° мегардонад, бинобар ин акустикаро дар кунҷҳои гуногуни зарба сабт кардан мумкин аст» [26–М].



Расми 3.1. – Нақшаи дастгоҳи ТТУ–2

(1– лавҳаи ҳаракаткунанда; 2 – лавҳаи беҳаракат; 3– сутунчаҳо; 4 – лавҳаи танзимшаванда; 5 – пайвасти шлитсӣ; 6 – микрофон; 7– дошгир (қабулкунаки) шарикҳо; 8 – намуна; 9 – унсури гармкунанда; 10 –шарик; 11 – электромагнитҳо; 12 – риштаи волфрамӣ; 13 – унсури гармкунандаи қубурӣ; 14 – бункер; 15 – панели асбобҳои акустикӣ; 16 – ҳароратсанҷ; 17 – лавҳаи асос)

Ҳангоми санҷишҳои ҳароратӣ намунаи 8-ро бо унсурҳои 9 то ҳарорати зарурӣ гарм мекунанд; дар ҳолати зарурат шарикҳоро низ дар кӯраи қубурии 13 гарм мекунанд. Вақте ки намуна ба ҳарорати додашуда мерасад, гармкунакҳои 9-ро хомӯш карда, аз минтақаи санҷиш дур мекунанд. Шарикҳои гармшуда аз кӯраи 13 ҳангоми хомӯш будани электромагнити 11 ба электромагнити 12 меафтанд. Сипас электромагнити 11-ро фаъол ва электромагнити 12-ро хомӯш мекунанд, ки пас аз он шарик ба қисми поёнии ӯзаки электромагнити 11 ҷазб мешавад. Ҳангоми хомӯш кардани электромагнити 11 (электромагнити 12 кор мекунад) шарики 10 ба намунаи 8 меафтад ва пас аз бозҷаҳиш ба қабулкунаки 7 медарояд. Садои аз ҷониби намунаи 8 баровардашударо микрофони ченкунандаи 6 сабт мекунад, сигнал ба тракти ченкунию ҳисоббарории 15 ворид мешавад.

Конструксияи дастгоҳи ТТУ–2 бо назардошти талабот оид ба ҳадди ақал расонидани халалҳои заминавии акустикӣ ва ларзишӣ лоиҳакашӣ шудааст. Виброизолятсияи стенд бо насб кардани он ба асоси дуқабатаи демпферкунанда таъмин карда мешавад, ки аз қабати намади ғафсиаш ≈ **10 мм** ва пенополиуретани (поролони) ғафсиаш ≈ **30 мм** иборат аст. Сатҳи поёнии мизи такягоҳӣ иловатан бо рӯйпӯши пенополиуретании ғафсиаш ≈ **10 мм** изолятсия карда шудааст. Барои ташаккули майдони акустикии ба озод наздик (ё диффузӣ дар шароити мувофиқ) тамоми дастгоҳи таҷрибавӣ дар кабинаи садоҷудокунанда ҷойгир карда шудааст.

Такроршавандагӣ ва эътимоднокии маълумот бо якхелагии қатъии шакл ва андозаҳои намунаҳо, доимӣ будани массаи зарбазан ва параметрҳои динамикии лавҳаи барангехташаванда таъмин карда шуданд [5–М]:

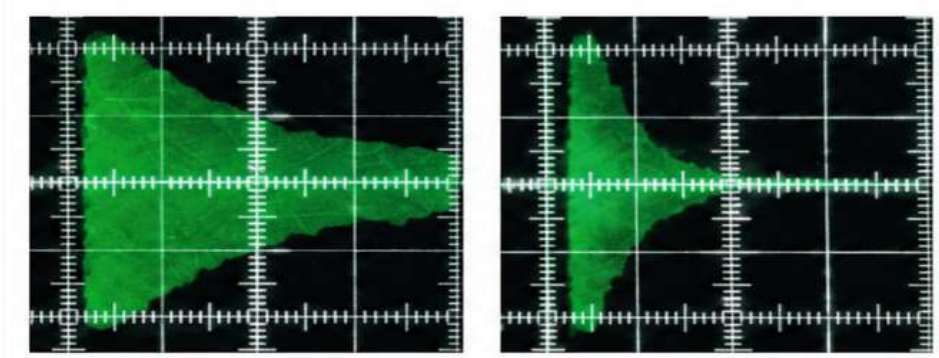
$$m < 4.6\rho\, l\, h \qquad (3.16)$$

дар ин ҷо, ρ – зичии маводи лавҳа, кг/м^3; l – масофа аз нуқтаи гузоштани зарба то канори наздиктарини лавҳа, м; h– ғафсии лавҳа, м.

«Садоро капсюли микрофонии МК-102 дар зери маркази лавҳа, дар масофаи $\boldsymbol{r_1} \approx$ **100 мм** сабт мекард. Наздиктар гузоштан мумкин нест, дуртар низ: садои мустақим бояд аз садои инъикосёфта ҳадди ақал ба андозаи $\mathbf{10}:\mathbf{1}$ баландтар бошад.

Барои он ки инъикос аз деворҳои кабина халал нарасонад, масофаро аз намуна то сатҳи инъикоскунанда $\boldsymbol{r_2}$ ва аз намуна то микрофон $\boldsymbol{r_1}$ аз рӯйи шарти зерин интихоб мекунанд» [46]:

$$r_2 \cong 5{,}5\ r_1 \qquad (3.17)$$



а) б)

Расми 3.2. – Осциллограммаҳои лаппишҳои хомӯшшаванда а) пӯлоди 45; б) маводи виброакустодемпферкунанда

Ҳамчун нишондиҳандаи асосии демпферкунӣ мо суръати хомӯшшавии садоро интихоб кардем: он ба коэффитсиенти хомӯшшавӣ мустақиман мутаносиб аст.

Суръати хомӯшшавии садоро аз рӯйи осциллограммаҳо (расми 3.5) муайян карданд. Вақти хомӯшшавӣ $\boldsymbol{t_з}$ – муддате, ки дар он амплитуда аз ҳадди аксар $\boldsymbol{A_{max}}$ то сатҳи замина паст мешавад; давомнокии импулси садоӣ $\boldsymbol{t_c}$; сатҳҳои эквивалентӣ ва қуллавӣ аз рӯйи шкалаи хаттии ғавғосанҷи импулсӣ; диапазони басомадӣ аз рӯйи анализатори бандаш танг сабт карда шуданд.

Ҳамин тариқ, вобастагиҳои таҳлилӣ ва эмпирикии бадастомада имкон медиҳанд, ки хосиятҳои вибродемпферкунии (акустикии диссипативии) металлҳо ва хӯлаҳои конструксионӣ ҳангоми боргузории зарбавӣ бо назардошти тавсифоти физикию механикӣ, геометрияи намуна ва параметрҳои спектралию вақтии садобаропӣ ба таври комплексӣ муайян карда шаванд.

3.5. Методикаҳои ченкунӣ ва ҳисоби омилҳои виброакустикӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатӣ

Дар фасл натиҷаҳои таҳлил ва асосноккунии методикаи ченкунӣ ва ҳисоби омилҳои виброакустикӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатӣ оварда шудаанд. Дар завод ғавғо, ларзиши маҳаллӣ тавассути дастҳо ва ларзиши умумӣ тавассути бадан аксар вақт ба инсон ҳамзамон таъсир мерасонанд. Аз ин рӯ, танҳо ченкуниҳо кофӣ нестанд: инчунин бояд нишондиҳандаҳои меъёршавандаро ҳисоб карда, онҳоро бо меъёрҳо муқоиса намуд ва хавфи касбиро арзёбӣ кард. Ченкуниҳо дар ҷойҳои корӣ ба стандартҳои ССБМ ва санадҳои бо онҳо мувофиқашуда такя мекунанд.

Дар кор дақиқ карда шудааст, ки «…бузургии асосии ченшаванда – сатҳи фишори садо бо детсибел, яъне логарифми нисбати фишори амалкунанда ба фишори остонавӣ мебошад» [40,43]:

$$L_p = 20\lg\left(\frac{p}{p_0}\right) \qquad (3.18)$$

дар ин ҷо: L_p –сатҳи фишори садо, дБ; p – қимати миёнаквадратии фишори садо, Па; $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – фишори остонавии садо.

Барои ғавғои ғайридоимӣ нишондиҳандаи асосии ҳисобӣ сатҳи эквивалентии садо мебошад:

$$L_{Aeq,T} = 10\lg\left(\frac{1}{T}\int_0^T 10^{0{,}1L_A(t)}\,dt\right) \qquad (3.19)$$

дар ин ҷо: $L_{Aeq,T}$ – сатҳи эквивалентии садо дар давраи ченкунии T, дБА; $L_A(t)$ – сатҳи ҷории садо аз рӯйи шкалаи А, дБА; T – давомнокии ченкунӣ, с.

Агар ғавғои истеҳсолӣ ё нақлиётӣ аз фосилаҳои дорои сатҳҳои гуногуни садо иборат бошад, сатҳи эквивалентии (аз рӯйи энергия) садоро бо дБА аз рӯйи формулаи дискретӣ ҳисоб мекунанд:

$$L_{Aeq,T} = 10\lg\left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} t_i \cdot 10^{0{,}1L_{Ai}}\right) \qquad (3.20)$$

дар ин ҷо: t_i −давомнокии фосилаи і-уми таъсир, с; L_{Ai} −сатҳи садо дар фосилаи і-ум, дБА; n −шумораи фосилаҳо; $T = \sum t_i$ – вақти умумии таъсир.

Барои муқоиса бо меъёрҳо таъсири ғавғоро ба басти стандартии кории 8-соата мутобиқ мекунанд. Дар ин ҳолат сатҳи эквивалентии садо чунин муайян карда мешавад:

$$L_{EX,8ч} = L_{Aeq,T} + 10\lg\left(\frac{T}{T_0}\right) \qquad (3.21)$$

дар ин ҷо $L_{EX,8ч}$ – сатҳи таъсири ғавғо, ки ба рӯзи кории 8-соата мутобиқ карда шудааст, дБА; T – давомнокии воқеии таъсири ғавғо, соат; T_0 − давомнокии стандартии басти корӣ, 8 соат.

Дар кор қайд карда мешавад, ки дар корхонаҳои саноатӣ корманд аксар вақт таҳти таъсири якчанд манбаи ғавғо қарор дорад. Сатҳи ҷамъии садо аз манбаъҳои мустақил аз рӯйи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$L_{\Sigma} = 10\lg(\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1L_i}) \qquad (3.22)$$

дар ин ҷо: L_{Σ} −сатҳи ҷамъии садо, дБ; L_i – сатҳи садо аз манбаи і-ум, дБ; n – шумораи манбаъҳои ғавғо.

Дар кор методикаи ченкунии ларзиши умумӣ ва маҳаллӣ пешниҳод шудааст. Параметри асосии ченшавандаи ларзиш шитоби ларзиш мебошад; вобаста ба вазифаҳои таҳқиқот инчунин ҷойивазкунии ларзишӣ ва суръати ларзишро чен мекунанд. Қимати миёнаквадратии сатҳи ислоҳшудаи шитоби ларзиш бо дБ аз рӯйи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$L_a = 20\lg\left(\frac{a}{a_0}\right) \qquad (3.23)$$

дар ин ҷо: L_a −сатҳи шитоби ларзиш, дБ; a – қимати миёнаквадратии шитоби ларзиш, м/с²; a_0 – қимати остонавии шитоби ларзиш, м/с².

Ченкунии ларзиш аз рӯйи се меҳвари ба ҳам перпендикулярии $\boldsymbol{x}$, $\boldsymbol{y}$, $\boldsymbol{z}$ анҷом дода мешавад, зеро таъсир ба инсон на танҳо аз бузургии лаппишҳо, балки аз самти интиқоли онҳо низ вобаста аст. Барои ин шитоби ислоҳшудаи миёнаквадратии ларзиш дар ҳар як меҳвар аз рӯйи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a_w^2\,(t)dt} \qquad (3.24)$$

дар ин ҷо: a_w – шитоби ислоҳшудаи миёнаквадратии ларзиш, м/с²; $a_w(t)$—қимати лаҳзавии шитоби ларзиш бо назардошти тағйирёбии басомад, м/с²; T − давомнокии ченкунӣ, соат.

Ҳангоми коркарди дискретии натиҷаҳо ифодаи зерин истифода мешавад:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} a_{wi}^2\, t_i} \qquad (3.25)$$

дар ин ҷо: a_{wi} – шитоби ислоҳшудаи ларзиш дар фосилаи і-ум, м/с²; t_i– давомнокии фосилаи і-ум, соат; T – давомнокии умумии таъсир, соат.

Қимати натиҷавии ларзиши умумиро бо назардошти ташкилдиҳандаҳои меҳварӣ бо ифодаи зерин муайян кардан мумкин аст:

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2} \qquad (3.26)$$

дар ин ҷо: a_v – қимати ислоҳшудаи натиҷавии шитоби ларзиш; a_{wx}, a_{wy}, a_{wz} – қиматҳои ислоҳшудаи шитоби ларзиш аз рӯйи меҳварҳои x, y, z; k_x, k_y, k_z – коэффитсиентҳои вазнӣ, ки ҳассосияти гуногуни организмро ба ларзиш аз рӯйи самтҳо ба назар мегиранд.

Барои ларзиши маҳаллӣ қимати натиҷавӣ одатан ҳамчун суммаи геометрии се ташкилдиҳандаи меҳварӣ муайян карда мешавад:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \qquad (3.27)$$

дар ин ҷо: a_{hv} −қимати ҷамъии ларзиши маҳаллӣ; a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz} – қиматҳои ислоҳшудаи шитоби ларзиш аз рӯйи се меҳвар.

Шитоби эквивалентии ларзишро барои басти ҳаштсоата бо назардошти ҳам қувва ва ҳам давомнокии ларзиш чунин ҳисоб мекунанд:

$$A(8) = a_v\sqrt{\frac{T}{T_0}} \qquad (3.28)$$

дар ин ҷо: $A(8)$ – шитоби эквивалентии ларзиш ҳангоми басти 8-соата; a_v – қимати ченшуда ё ҳисобшудаи шитоби ларзиш, м/с²; T – давомнокии воқеии таъсир, соат; $T_0 = 8$ соат – давомнокии басти корӣ.

Дар кор ҷанбаҳои ташкилии ченкуниҳои омилҳои виброакустикӣ дар ҷои кории корхонаҳои саноатӣ дақиқ карда шудаанд. Аввал барномаи муоина навишта мешавад: корхона, қитъа, ҷои корӣ, касб, таҷҳизот ва реҷаи он, давомнокии баст, амалиётҳо, манбаъҳои эҳтимолии ғавғо ва ларзиш, нуқтаҳо ва шумораи ченкуниҳо, асбобҳо. Тартиби ченкунии ғавғо дар расми 3.3 нишон дода шудааст



Расми 3.3. – Алгоритми арзёбии параметрҳои ғавғои истеҳсолӣ

Натиҷаҳои бадастомадаи ченкунӣ ва ҳисобҳо дар шакли ҷадвал ба расмият дароварда мешаванд, ки асос барои қабули қарорҳои муҳандисӣ, ташкилӣ ва санитарию гигиенӣ ҷиҳати оптимизатсияи идоракунии корхона мебошанд.

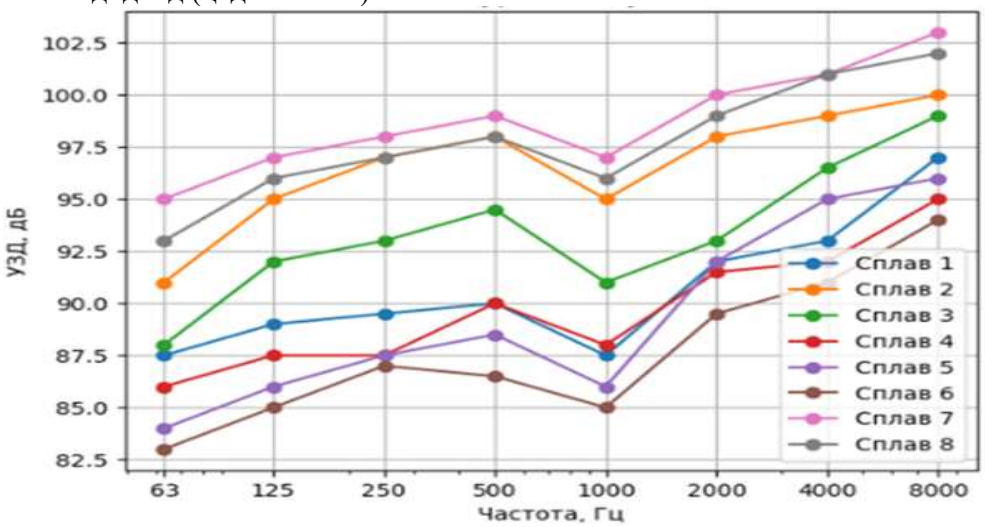
Дар боби чорум – «Қонуниятҳои ташаккули хосиятҳои виброакустикӣ ва демпферкунии металлҳо ва хӯлаҳои системаҳои гуногуни металлӣ» таҳқиқоти комплексии хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикии мавод дар асоси системаҳои гуногуни металлӣ оварда шуда, таъсири иловаҳо ба хосиятҳои виброакустикии хӯлаҳои рехтагарии алюминийию кремнийӣ, таъсири ҳарорат ва намудҳои коркард ва деформатсиякунии гудохтаҳо ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои алюминийӣ арзёбӣ шудааст.

4.1. Таҳқиқи хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои рехтагарии алюминийӣ. Дар дастгоҳи ТТУ–2, ки муаллиф таҳия кардааст, хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикии хӯлаҳои алюминийии системаи Al–Si (Sb, Ba, Sr) таҳқиқ карда шуданд. Бо ин усул дар намунаи озодона овезон ҳамзамон ҳам тавсифоти садои шуоъафкандашуда (сатҳи эквивалентӣ $L_{экв}$, сатҳҳои қуллавӣ L_{max}, спектр) ва ҳам нишондиҳандаҳои талафот дар худи металл ба даст оварда мешаванд: суръати хомӯшшавӣ $v_{зат}$, декременти логарифмӣ δ, коэффитсиенти талафоти механикӣ η (ҷадвали 4.1).

Ҷадвали 4.1. – Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикии хӯлаҳои таҳқиқшаванда

Рақами хӯла	Миқдори компонентҳо, мас. %				Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ		Хосиятҳои механикӣ		
	Si	Mg	Sb, Ba, Sr,	Al	Сатҳи садо, дБА	Суръати хомӯшшавии садо dз, дБ/мс	Мпа, $\sigma_в$,	δ, %	НВ
1	6	0,1	0,005Sb	боқӣ	84	3,85	218	7,0	79
2	9	0,3	0,1Sb	–	87	3,46	226	5,6	77
3	6	0,1	0,005Ba	–	81	3,88	196	7,4	74
4	9	0,3	0,1Ba	–	80	4,21	202	8,0	75
5	6	0,1	0,005Sr	–	84	3,76	206	13,0	56
6	9	0,3	0,1Sr	–	82	4,18	212	12,0	58
7	9	0,25	–	–	95	2,18	160	3,2	56
8	12	0,25	–	–	93	2,42	170	2,4	49

Тавсифоти акустикии ин хӯлаҳо (расми 4.1.) нишон доданд, ки ҳамаи хӯлаҳое, ки бо сурма, барий ва стронсий модификатсия шудаанд, нисбат ба хӯлаҳои бе модификатсия садобарории паст доранд. Хӯлаҳо садобарории камтаринро дар басомади 1000 Гс доранд. Хӯлаҳои дорои элементҳои модификатсиякунанда инчунин хосиятҳои механикии кофии баландро нишон доданд (ҷадвали 4.1.).



Расми 4.1. – Садобарории хӯлаҳои таҳқиқшаванда

Дар хӯлаҳои дорои модификаторҳо ҳам суръати хомӯшшавӣ $v_{зат}$, ҳам коэффитсиенти талафот η ва ҳам мустаҳкамӣ нисбат ба силуминҳои модификатсиянашуда ба таври назаррас баландтаранд (ҷадвали 4.2).

Ҷадвали 4.2. – Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикии хӯлаҳои рехтагарӣ

№ хӯла	Хосиятҳои механикӣ			Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ	
	$\sigma_в$ МПа	δ, %	НВ	Суръати хомӯшшавии садо, dз дБ/мс	Коэффитсиенти талафот, δ
1	218	14.0	62	3.06	0.30
2	234	7.0	79	3.84	0.44
3	215	7.2	59	2.36	0.24
4	196	6.5	54	2.85	0.31
5	202	8.0	75	4.22	0.52
6	206	13.0	56	3.78	0.48
7	212	12.0	58	2.19	0.24
8	192	5.2	48	2.17	0.16

Таҳлили маълумоте, ки дар расми 4.1 ва ҷадвали 4. оварда шудааст, нишон медиҳад, ки хӯлаҳои бо стронсий, барий ва сурма модификатсияшудаи Al–Si нисбат ба силуминҳои ибтидоӣ дигар хел садо медиҳанд: дар ҳамаи онҳо дар банди октавии 1000 Гс пастшавии устувори сатҳ мушоҳида мешавад.

Мо инро аз нуқтаи назари назарияи кристаллизатсия ва модификатсиякунии силуминҳо шарҳ медиҳем. Иловаҳои сатҳан фаъол сохторро майда мекунанд: эвтектикаи дурушти пластинкашакли [α-Al + Si] майда ва нахмонанд мегардад. Ҳар қадар фазаҳо майдатар бошанд, дарозии умумии сарҳадҳои байнифазавӣ ҳамон қадар зиёд аст, қисми асосии энергияи лаппишҳо бошад, маҳз дар сарҳадҳо талаф меёбад. Пас, ҳангоми омӯзиши демпферкунии хӯлаҳои модификатсияшудаи Al–Si онро аз табдилоти фазавӣ ва аз тарзи тағйирёбии микросохтор ҷудо кардан мумкин нест. Диаграммаи Al–Si ва натиҷаҳои аввалини мо нишон медиҳанд, ки бояд муфассалтар омӯхт, ки миқдори модификатор ва шароити кристаллизатсия ба акустикаи мавод барои қисмҳое, ки таҳти зарбаҳо кор мекунанд, чӣ гуна таъсир мерасонанд.

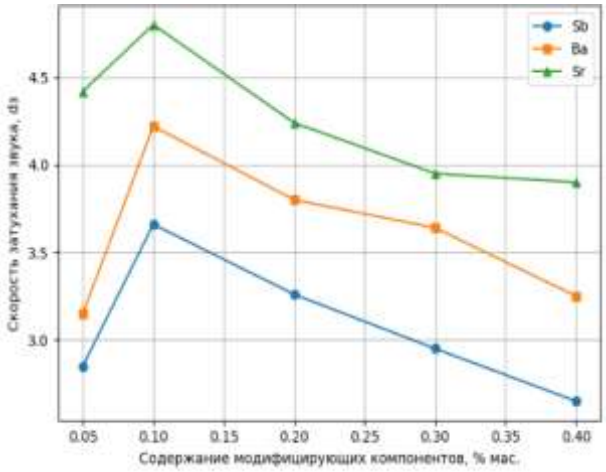
4.1.1. Таъсири иловаҳои модификатсиякунанда ба тавсифоти виброакустикии хӯлаҳои рехтагарии алюминийию кремнийӣ

Дар зерфасл қайд карда мешавад, ки иловаҳои ками сурма, барий ва стронсий сохтори хӯлаҳои Al–Si ва дар баробари он демпферкуниро беҳтар мекунанд. Акнун бояд муайян кард, ки чӣ қадар илова лозим аст ва чаро он таъсир мерасонад, яъне энергияи лаппишҳои зарбавӣ бо кадом роҳ пароканда мешавад.

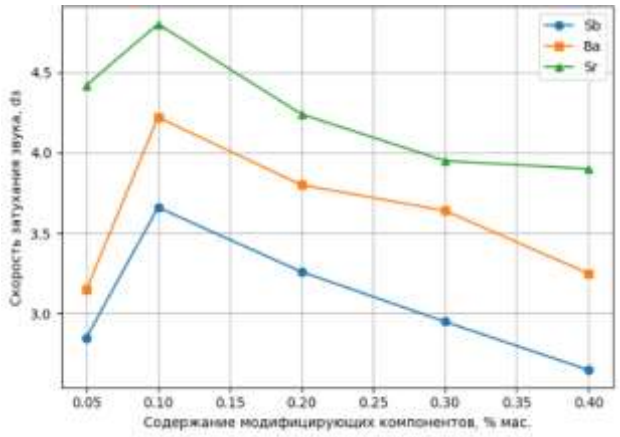
Дар баробари ин вазифаи арзёбии таъсири миқдори иловаҳои модификатсиякунанда ба тағйироти хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои таҳқиқшаванда ва ошкор намудани механизми парокандашавии энергияи лаппишҳои механикие, ки аз равандҳои зарбавию ларзишӣ ба вуҷуд меоянд, пайдо мешавад.

Тавсифоти виброакустикиро аз рӯйи сатҳи садо, суръати хомӯшшавӣ ва коэффитсиенти талафот арзёбӣ карданд.

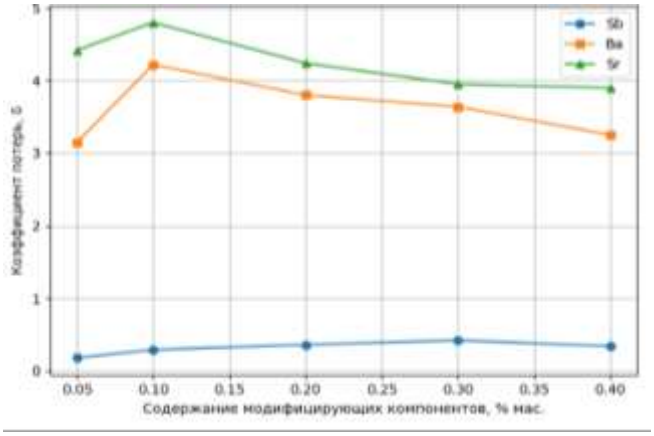
Натиҷаҳо дар расмҳои 4.2 – 4.4 оварда шудаанд.



Расми 4.2. – Таъсири миқдори компонентҳои модификатсиякунанда ба сатҳи садо L_A дар хӯлаи Al–6%Si (Sb, Ba, Sr)



Расми 4.3. – Таъсири миқдори компонентҳои модификатсиякунанда ба суръати хомӯшшавии садо d_3 дар хӯлаҳои Al–9%Si



Расми 4.4. – Таъсири миқдори компонентҳои модификатсиякунанда ба коэффитсиенти талафот, δ дар хӯлаи АК 12

Дар натиҷаи арзёбии хосиятҳо ошкор карда шуд, ки «…иловаҳои модификатсиякунанда (Sb, Sr, Ba) ҳолати термодинамикии гудохтаи алюминийию кремнийиро ҳанӯз то оғози кристаллизатсия тағйир медиҳанд. Ин бо пастшавии кашиши сатҳии байнифазавӣ дар сарҳадҳои гудохта ва пахш шудани ҳаракатнокии диффузионии атомҳои кремний алоқаманд аст. Мавҷудияти устувори комплексҳои гетерофазавӣ (кластерҳои наноандозаи кремнийи топологияи гуногун) дар минтақаи баландҳарорати гудохта пеш аз гузариши фазавӣ тасдиқи ин мебошад. Ин ба табиати микрогетерогении силуминҳои моеъ ишора мекунад» [1–М, 51].

Дар кор муайян карда шуд, ки ҳангоми истеҳсоли саноатии хӯлаҳои бо стронсий, барий ва сурма модификатсияшуда хосиятҳои ниҳоӣ ба андозаи зиёд аз металли ибтидоӣ ва тамоми занҷири минбаъдаи технологӣ вобастаанд. Хосиятҳои механикии хӯлаҳои АК9, ки бо стронсий модификатсия шудаанд, дар ҷадвали 4.3 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4.3. – Вобастагии хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯла (L_A, $d_з$, δ) аз давомнокии нигоҳдорӣ

Давомнокии нигоҳдорӣ, соат	Хӯла	Сатҳи садо, L_A	Суръати хомӯшшавии садо, $d_з$,	Коэффитсиенти талафот, δ
2	АК 9 (Sr)	86	3,8	0,42
	АК 12 (Sr)	88	3,0	0,36
4	АК 9 (Sr)	84	4,0	0,46
	АК 12 (Sr)	85	3,4	0,39
6	АК 9 (Sr)	82	4,5	0,52
	АК 12 (Sr)	81	3,8	0,42
8	АК 9 (Sr)	80	5,2	0,60
	АК 12 (Sr)	79	4,2	0,48

Тағйироте, ки дар кор ҳангоми гирифтани хӯлаҳои таҳқиқшаванда бо шумораи гуногуни азнавгудозии гудохта ошкор карда шуданд, нишон медиҳанд, ки ба тавсифоти виброакустикии хӯлаҳои АК 9 ва АК 12 бо миқдори гуногуни компонентҳо давомнокии нигоҳдорӣ ва шумораи азнавгудозиҳои гудохтаҳо таъсири назаррас мерасонанд. Ҳамин тариқ, тавсифоти виброакустикӣ ва хосиятҳои механикии хӯлаҳо вобаста ба миқдори компонентҳои модификатсиякунанда ва ҳолати коркарди ин хӯлаҳо ба таври назаррас тағйир меёбанд.

4.1.2. Таъсири ҳарорат ва намудҳои гуногуни коркарди гудохтаҳо ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои рехтагарии алюминиӣ.

Дар кор қайд карда мешавад, ки муайян кардани ҳарорат ва таъсири намудҳои гуногуни коркард аҳамияти муҳими амалӣ доранд. Ин бо он алоқаманд аст, ки тағйирёбии ҳарорат қариб ба ҳамаи тавсифоти физикию механикии хӯлаҳо, ки шароити истифодабарии конструксияҳои воқеиро муайян мекунанд, таъсир мерасонад.

Чӣ тавре ки дар боби 2 нишон дода шуд, дастгоҳи таҳияшуда барои таҳқиқи тавсифоти виброакустикии металлҳо ва хӯлаҳо имкон медиҳад, ки намунаҳо то ҳарорати 350°С гарм карда шаванд. Хӯлаҳо дар фосилаи 100–300°С таҳқиқ карда шуданд. Хусусияти тағйирёбии хосиятҳои ларзишию акустикӣ ва демпферкунӣ дар ҳамаи хӯлаҳои таҳқиқшуда амалан якхела баромад. Натиҷаҳои санҷиши хӯлаи АК9, ки бо сурма, барий ва стронсий модификатсия шудааст, дар ҷадвали 4.4 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4.4. – Вобастагии таъсири ҳарорат ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаи АК 9 (Sb, Ba, Sr)

Ҳарорати санҷиш, °С	Сатҳи садо, L_A	Суръати хомӯшшавии садо, $d_з$,	Коэффитсиенти талафот, δ
100	84	4,5	0,48
150	76	4,8	0,52
200	74	5,2	0,58
250	70	5,6	0,62
300	72	5,9	0,68

Чунин тағйирёбӣ пеш аз ҳама аз баландшавии ҳарорат вобаста аст: хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаи модификатсияшудаи АК9 ба таври назаррас афзоиш меёбанд. Эҳтимол, ин бо иловаҳои модификатсиякунанда алоқаманд аст. Дар ҳудуди 0,05–0,1 % мас. онҳо тавсифоти виброакустикии хӯларо баланд мебардоранд. Диаграммаи ҳолати алюминий–кремний нишон медиҳад, ки дар ин ҳудуд иловаҳо манзараи ташаккули фазаҳои изофиро дар хӯлаҳои эвтектикаи алюминийию кремниӣ тағйир намедиҳанд» [8, 38].

Бо назардошти он ки «…ба сифат ва хосиятҳои металлҳо ва хӯлаҳо таъсироти гуногуни физикӣ ба гудохта, ба монанди ларзиш ва ултрасадо, таъсири мусбат мерасонанд, барои омӯзиши амиқи таъсири физикӣ ба гудохта дар раванди гирифтани онҳо муайян кардани

тавсифоти виброакустикӣ ва механикии хӯлаҳои таҳқиқшаванда бо назардошти чунин таъсирот ба гудохтаҳо аҳамияти муҳим дорад» [32–33].

Коркарди ларзиширо дар дастгоҳе гузарониданд, ки дар он гудохта дар кристаллизатор (филераи металлӣ) ба платформаи ларзишӣ гузошта шуда, ба ларзиши басомадаш аз 1 то 100 Гс ва амплитудааш аз 0,1 то 1,0 мм дучор карда мешуд.

Хосиятҳои виброакустикӣ ва демпферкунии хӯлаи АК9(Sr) то ва пас аз коркарди ларзишии гудохта дар ҷадвали 4.5 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4.5. – Арзёбии таъсири коркарди ларзишии гудохта ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаи АК 9 (Sr) то/пас аз коркард

Миқдори компонентҳои модификатсиякунанда, % мас.	**Сатҳи садо, L_A (дБ)**	**Суръати хомӯшшавии садо $d_з$, МПа**	**Коэффитсиенти талафот, δ**
0,05	86/88	4,6/4,8	0,46/0,48
0,1	84/86	4,9/5,0	0,48/0,50
0,2	82/84	5,3/5,4	0,54/0,54
0,3	80/82	5,6/5,8	0,56/0,58
0,4	76/75	5,8/6,0	0,62/0,66

Ба ҳамин монанд таъсири ултрасадо омӯхта шуд. Коркарди ултрасадоии гудохтаро пеш аз кристаллизатсия бо генератори УЗГ-10М иҷро карданд: шиддатнокии шуоъафканӣ то 300 Вт/см², басомад то 20 кГс, амплитуда 25 мкм. Давомнокии коркард ҳангоми пастшавии ҳарорати гудохта аз 720–750 °С то 450–500 °С 0,1–0,5 дақиқаро ташкил медод. Хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаи АК9(Sr) то ва пас аз коркарди ултрасадоӣ дар ҷадвали 4.6 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4.6. – Арзёбии таъсири коркарди ултрасадоии гудохта ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои АК6, АК9 ва АК12 то/пас аз коркард

Хӯлаҳо	**Сатҳи садо, L_A**	**Суръати хомӯшшавии садо, $d_з$**	**Коэффитсиенти талафот, δ**
АК 6	82/84	4,01/3,76	0,51/0,48
АК 9	80/81,5	3,96/3,88	0,56/0,50
АК 12	75/80	4,12/4,02	0,58/0,51

Таҳлил дар маҷмӯъ нишон дод, ки коркарди ларзишӣ ва ултрасадоии гудохта, чӣ тавре ки аз ҷадвалҳои 4.5 ва 4.6 дида мешавад, тавсифоти виброакустикии хӯлаҳоро тағйир медиҳад.

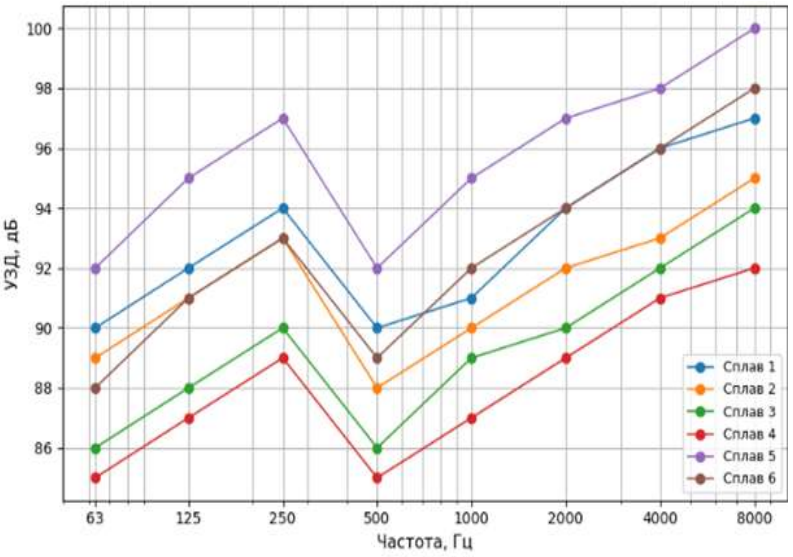
Инро бо он шарҳ додан мумкин аст, ки ларзиш ва ултрасадо дар давраи пеш аз кристаллизатсия суръати хунукшавиро баланд бардошта, комплексҳои гетерогениро ба таври механикӣ диспергатсия мекунанд. Дар натиҷа тақсимоти консентратсионӣ дар гудохтаи микроғайриякҷинса тағйир ёфта, хосиятҳои физикию механикии хӯлаҳо беҳтар мешаванд.

4.2. Таҳқиқи хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминиӣ.

Барои таҳқиқ хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийии системаи Al–Zn–Mg бо мис, сирконий, титан, марганес, кремний, хром, оҳан ва никел интихоб карда шуданд. Бар хилофи хӯлаҳои рехтагарӣ, онҳо ба деформатсияи пластикӣ қобиланд ва аз ин рӯ метавонанд тавсифоти дигари виброакустикӣ дошта бошанд. Компонентҳои легиркунанда ба сохтор ва хосиятҳои физикию механикии ин хӯлаҳо ва дар натиҷа ба тавсифоти виброакустикӣ таъсири назаррас мерасонанд.

«…Хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийии системаи Al–Zn–Mg хосиятҳои баланди механикӣ, қобилияти дар ҳаво худ ба худ обутоб ёфтан ва кафшерпазирӣ ва устувории зиддикоррозионии хуб доранд, ки ин истифодаи онҳоро барои сохтани қисмҳои масъул дар соҳаҳои гуногуни саноат дурнамодор мегардонад» [52,53].

Дар кор қайд карда мешавад, ки равиши комплексии методӣ ба арзёбии хосиятҳои хизматии хӯлаҳои деформатсияшавандаи системаи Al–Zn–Mg–MH3 таҳлили тавсифоти виброакустикӣ, демпферкунӣ ва механикиро дар бар мегирад. Хосиятҳои акустикӣ, диссипативӣ ва физикию механикии хӯлаҳои таҳқиқшаванда дар ҳолати ибтидоӣ



таҳқиқшаванда

(деформатсияшуда) дар расми 4.5 ва ҷадвали 4.7 оварда шудаанд.

Таҳлил нишон медиҳад, ки хосиятҳои акустикии (вобастагии басомадии сатҳи фишори садо ва сатҳи умумии садо) хӯлаҳои таҳқиқшаванда аз таркиби онҳо ба таври назаррас вобастаанд: паст кардани миқдори руҳ то ≈ 2 ... 8 мас., % ва магний – то ≈ 1 ... 3 мас., %, инчунин ворид кардани микроиловаҳои ҳадди ақалли металлҳои нодирзаминӣ дар диапазони ≈ 0,05 ... 0,10 мас., %.

Ҳадди ақалли сатҳи фишори садо ба 500 Гс рост меояд, яъне дар ҳамин басомад хӯлаҳо омилҳои виброакустикиро аз ҳама самараноктар коҳиш медиҳанд. Ҳангоми миқдорҳои зикршудаи микроиловаҳои МНЗ хӯлаҳо инчунин хосиятҳои баланди виброакустодемпферкунӣ ва механикиро нишон доданд (ҷадвали 4.7).

Ҷадвали 4.7. – Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва хосиятҳои механикии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийии системаи Al–Zn–Mg–МНЗ

Рақами хӯла	**Хосиятҳои механикӣ**			**Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ**	
	σ, МПа	**δ, %**	**НВ**	**Суръати хомӯшшавии садо, dз дБ/мс**	**Коэффитсиенти талафот,**
1	520	6.4	50.35	5.00	0.52
2	550	5.6	52.3	5.80	0.60
3	530	6,0	38.4	4.24	0.48
4	560	5,7	36.7	4.76	0.56
5	500	4.2	42.3	3.10	0.38
6	520	4.4	36.7	3.62	0.42

Барои муайян кардани таъсири консентратсияи руҳ ва магний ба хосиятҳои виброакустикии хӯлаҳои системаи Al–Zn–Mg тағйирёбии сатҳи садо, суръати хомӯшшавии садо ва коэффитсиенти талафот ҳангоми миқдори гуногуни ин компонентҳо омӯхта шуданд. Натиҷаҳои таҳқиқот дар ҷадвалҳои 4.8 ва 4.9 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4.8. – Таъсири миқдори руҳ ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои Al–Zn–Mg

Миқдори Zn, %мас.	**Сатҳи садо, L_A**	**Суръати хомӯшшавии садо, $d_з$**	**Коэффитсиенти талафот, *δ***
2,0	80	7,4	0,78
4,0	84	6,8	0,66
6,0	86	5,6	0,58
8,0	90	4, 8	0,46

Чӣ тавре ки аз ҷадвали 4.8 дида мешавад, ҳамаи хӯлаҳои таҳқиқшаванда хосиятҳои баланди виброакустодемпферкунӣ доранд, вале қиматҳои бештарини параметрҳои хомӯшшавии садо ва коэффитсиенти талафот ҳангоми пастшавии сатҳи садо ба хӯлаҳои дорои миқдори руҳи ≈ 2 ... 4 мас., % рост меоянд.

Аз рӯйи магний ҳадди аксари қиматҳоро хӯлаҳои дорои 1–2 % мас. Mg нишон доданд (ҷадвали 4.9).

Ҷадвали 4.9. – Таъсири миқдори магний ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои Al–Zn–Mg

Миқдори Mg, %мас.	Сатҳи садо, L_A	Суръати хомӯшшавии садо, $d_з$	Коэффитсиенти талафот, δ
1,0	82	7,4	0,76
2,0	85	6,8	0,66
3,0	88	5,6	0,58
4,0	92	4, 4	0,40

Илова бар ин, ба қобилияти виброакустодемпферкунӣ таносуби руҳ ва магний низ таъсири назаррас мерасонад (ҷадвали 4.10). Беҳтарин қиматҳои сатҳи садо, суръати хомӯшшавии садо ва коэффитсиенти талафот ҳангоми таносуби Zn:Mg = 2:1 ба даст оварда мешаванд.

Ҷадвали 4.10. – Таъсири таносуби руҳ ва магний ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои Al–Zn–Mg

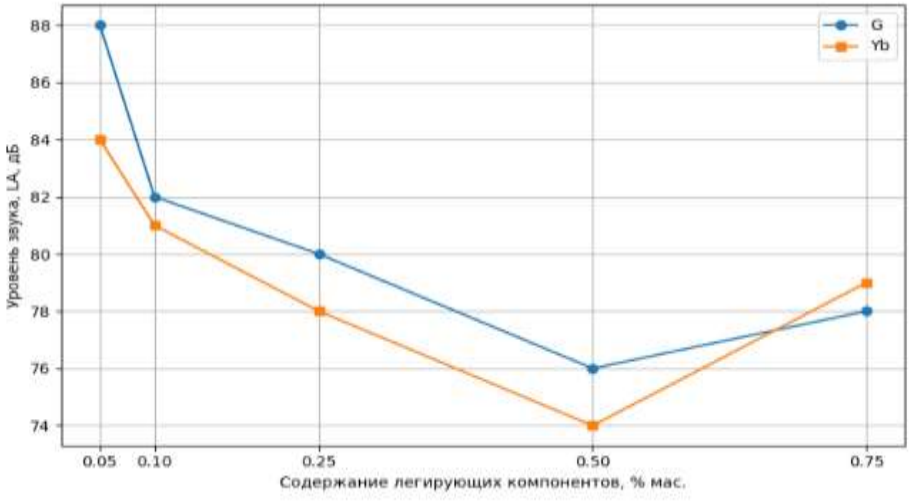
Таносуби руҳ ва магний	Сатҳи садо, L_A	Суръати хомӯшшавии садо, $d_з$	Коэффитсиенти талафот, δ
1:1	84	6,4	0,64
2:1	82	6,8	0,72
3:1	86	5,4	0,60
4:1	90	4, 7	0,48

Тағйирёбии миқдори руҳ ва магний дар хӯлаҳои таҳқиқшаванда ба хосиятҳои механикии онҳо таъсири назаррас мерасонад (ҷадв. 4.11). Таҳлили маълумоти ҷадвали 4.11 нишон медиҳад, ки бо тағйир ёфтани миқдори руҳ ва магний хосиятҳои механикии хӯлаҳои таҳқиқшаванда баланд мешаванд.

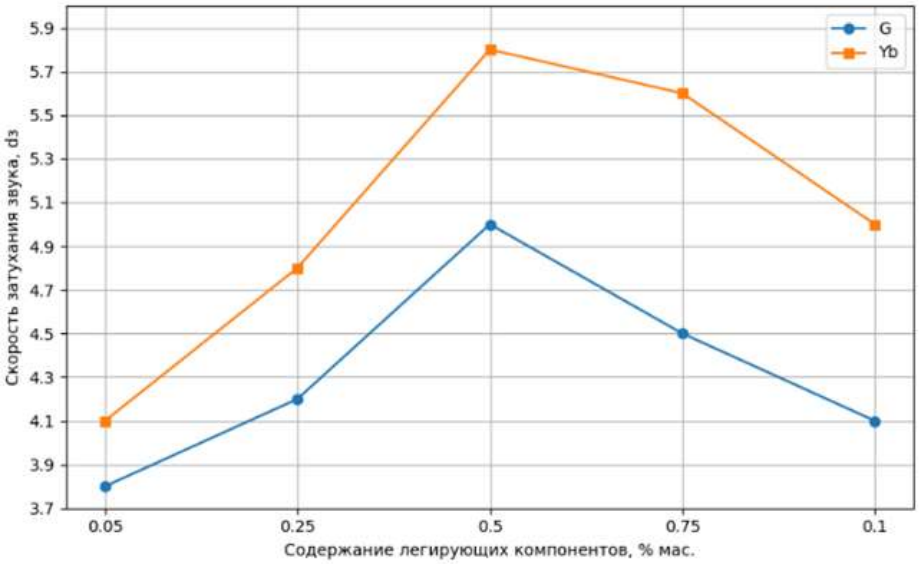
Ҷадвали 4.11. – Таъсири миқдори руҳ ва магний ба хосиятҳои механикии хӯлаҳои Al–Zn–Mg

Миқдори Zn, %мас.	Элементҳои кимиёвӣ	Ҳадди мустаҳкамӣ $\sigma_в$, МПа	Ҳадди равониш δ, %	Сахтӣ, HB
2,0	руҳ	600	7,4	78
	магний	590	6,6	74
4,0	руҳ	620	6,8	72
	магний	600	6,0	68
6,0	руҳ	624	5,6	70
	магний	610	5,8	62
8,0	руҳ	632	4,8	66
	магний	622	5,2	64

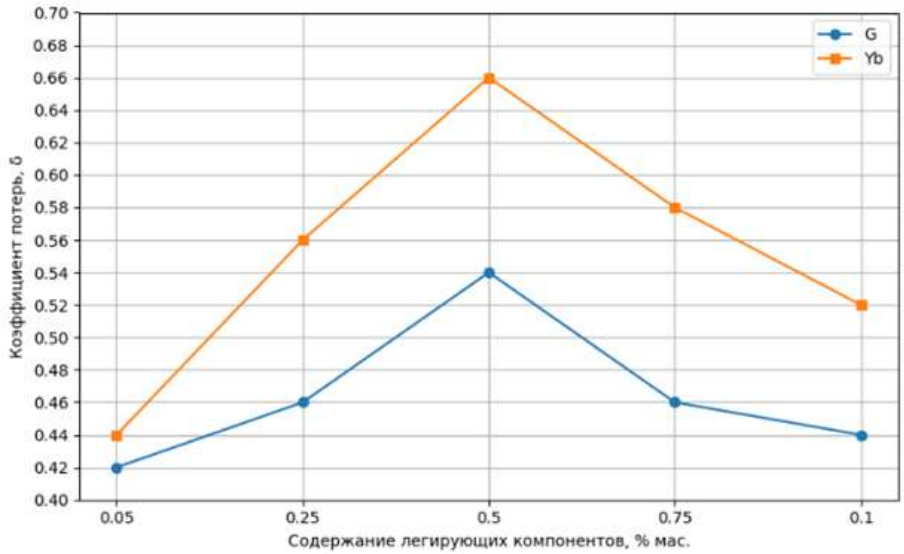
Дар кор дараҷаи таъсири микроиловаҳои металлҳои нодирзаминӣ – гадолиний ва иттербий ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳо арзёбӣ шудааст (расмҳои 4.6–4.8).



Расми 4.6. – Таъсири миқдори микроиловаҳои гадолиний ва иттербий ба сатҳҳои садои хӯлаҳои системаи Al–Zn–Mg



Расми 4.7. – Таъсири миқдори микроиловаҳои гадолиний ва иттербий ба суръати хомӯшшавии садо дар хӯлаҳои системаи Al–Zn–Mg



Расми 4.8. – Таъсири миқдори микроиловаҳои гадолиний ва иттербий ба коэффитсиенти талафоти хӯлаи системаи Al–Zn–Mg

Таҳлили натиҷаҳои дар расмҳои 4.6 – 4.8 овардашуда нишон дод, ки микроиловаҳои гадолиний ва иттербий якҷоя бо руҳ ва магний тавсифоти виброакустодемпферкунии хӯлаҳоро беҳтар мекунанд. Натиҷаи беҳтарин ҳангоми миқдори Gd ва Yb 0,5 % мас. ба даст омад; аз ин қимат болотар ва поёнтар хосиятҳо ба таври назаррас бадтар мешаванд. Эҳтимол, ин бо хусусиятҳои таъсири мутақобилаи компонентҳо дар системаи Al–Zn–Mg алоқаманд аст: дар сохтори нарми хӯла фазаҳои изофии дуюмдараҷа ҷудо мешаванд, ки донаро майда карда, бо ҳамин ба диссипатсияи энергия таъсир мерасонанд.

4.2.1. Таъсири ҳарорат ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийӣ. Дар кор таъсири ҳарорати гармкунии намуна ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийӣ муайян карда шуд. Мисли хӯлаҳои рехтагарӣ, ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои деформатсияшаванда ҳарорати гармкунии намунаҳо таъсир мерасонад; санҷишҳо аз рӯйи методикаи фасли 2.3 гузаронида шуданд. Вобастагии ҳароратӣ дар ин ҷо аз ҷиҳати амалӣ муҳим аст, зеро аз он имконпазирии истифодаи хӯлаҳо дар конструксияҳои воқеӣ вобаста аст. Натиҷаҳои санҷиши хӯлаи Al–Zn–Mg бо 0,5 % мас. микроиловаҳои гадолиний ва иттербий ҳангоми гармкунӣ то 100–300 °C дар ҷадвали 4.12 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4.12. – Вобастагии таъсири ҳарорат ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаи Al–Zn–Mg бо миқдори 0,5 % мас. микроиловаҳои гадолиний ва иттербий

Ҳарорати санҷиш, °С	100	150	200	250	300
Сатҳи садо, L_A	74	72	74	68	62
Суръати хомӯшшавии садо $d_з$,	5,5	5,8	6,2	6,8	7,0
Коэффитсиенти талафот, δ	0,56	0,62	0,68	0,72	0,78

Бо баландшавии ҳарорати санҷиш хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои Al–Zn–Mg бо 0,5 % мас. Gd ва Yb беҳтар мешаванд. Ин ба манфиати истифодаи онҳо дар конструксияҳои воқеие, ки дар ҳароратҳои баланд кор мекунанд, далолат мекунад.

4.2.2. Арзёбии таъсири намудҳои гуногуни коркард ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминиӣ

Арзёбиҳои дар кор овардашуда нишон доданд, ки хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийии Al–Zn–Mg дар ҳолати рехта хосиятҳои баланди виброакустодемпферкунӣ ва механикӣ доранд.

Бо назардошти он ки коркард бо фишор хосиятҳо, шакл ва сохтори ибтидоии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийиро тағйир медиҳад ва дар натиҷа метавонад ба хомӯш кардани ларзиш ва садоҷаббкунӣ таъсир расонад. Аз ин рӯ, дар фасл таъсири дараҷаи деформатсияи пластикӣ ва коркарди термикӣ ба хосиятҳои виброакустикӣ ва механикии хӯлаҳои Al-Zn-Mg, ки бо микроиловаҳои МНЗ легир карда шудаанд, баррасӣ шудааст. Деформатсияи пластикӣ ҳангоми коркард бо фишор ба маҳсул шакли заруриро дода, ҳамзамон микросохтори хӯлаҳои алюминийиро тағйир медиҳад ва ба андозаи зиёд хосиятҳои физикию механикӣ ва вибродемпферкунии онҳоро муайян мекунад. Намунаҳоро бо нӯрдкунии гарм ва пресскунӣ дар дастгоҳи нӯрдкунӣ ва пресси гидравликӣ аз рӯйи методикаҳои корҳои [35–37] гирифтанд. Дараҷаи деформатсия дар ҳудуди 10–30 % тағйир дода шуд. Пеш аз нӯрдкунии гарм намунаҳоро дар 450 °С бо нигоҳдории 4 соат тобдиҳӣ карданд; як қисми намунаҳо ба обутоб ва пиршавии думарҳилагӣ дар 120–175 °С дучор карда шуданд. Таъсири дараҷаи деформатсияи пластикӣ ба хомӯш кардани ларзишҳо ва хосиятҳои механикӣ дар ҷадвали 4.13 оварда шудааст.

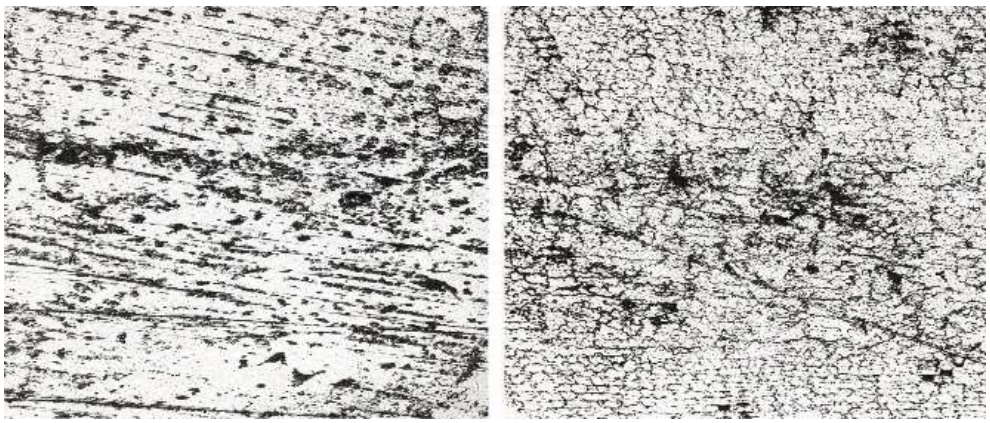
Ҷадвали 4.13. – Таъсири дараҷаи деформатсияи пластикӣ ба хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминиӣ

Рақами хӯла	**Дараҷаи деформатсияи пластикӣ, ε,%**	**Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ**		**Хосиятҳои механикӣ**	
		Суръати хомӯшшавии садо *dз, дБ/мс*	**Коэффитсиенти талафот**	**$\sigma_в$, МПа**	**δ,%**
1	Ҳолати рехта	5.00	0.52	520	6,4
	10	5,26	0,55	525	6,0
	20	5,32	0,69	530	5,4
	30	5,86	0,72	540	4,0
2	Ҳолати рехта	5,80	0,60	550	5,6
	10	6,16	0,69	555	5,0
	20	6,47	0,71	560	4,8
	30	6,82	0,86	300	4,2
3	Ҳолати рехта	4,24	0,48	530	6,0
	10	5,01	0,59	535	5,4
	20	5,22	0,63	540	5,0
	30	5,56	0,69	548	4,7
4	Ҳолати рехта	4,76	0,57	560	5,7
	10	4,84	0,58	565	5,2
	20	4,98	0,62	570	4,4
	30	5,15	0,68	580	4,2
5	Ҳолати рехта	3,10	0,38	500	4,2
	10	3,84	0,48	506	4,0
	20	4,28	0,52	515	3,4
	30	4,96	0,66	525	3,0
6	Ҳолати рехта	3,62	0,42	520	4,4
	10	3,94	0,54	525	3,8
	20	4,28	0,62	545	3,4
	30	4.95	0,68	520	2,9

Таҳлили натиҷаҳои таҳқиқи дараҷаи таъсири дараҷаҳои гуногуни деформатсия ба хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикии хӯлаҳои таҳқиқшаванда шаҳодат медиҳад, ки деформатсияи пластикии намунаҳо дар диапазони 10–30 % ба ташаккули тавсифоти виброакустодемпферкунӣ ва механикии хӯлаҳои таҳқиқшаванда таъсири назаррас мерасонад (ҷадвали 4.13).

Параметрҳои дона ҳам ба хосиятҳои механикӣ ва ҳам ба қобилияти ҷаббкунӣ ва пароканда кардани энергияи ларзишӣ ҳам дар ҳолати рехта ва ҳам дар ҳолати коркарди термикидида ба таври назаррас таъсир мерасонанд. Ҳар қадар дона майдатар бошад, чун қоида, мустаҳкамӣ, пластикӣ ва тавсифоти виброакустодемпферкунӣ ҳамон қадар баландтаранд.

Донаро бо роҳҳои гуногун майда кардан мумкин аст: баланд бардоштани суръати хунукшавӣ ҳангоми кристаллизатсия, ворид кардани элементҳои душворгудоз, ки интерметаллидҳои аввалияро ташкил медиҳанд, истифодаи усулҳои махсуси таъсири берунӣ ба металли моеъ. Сохти дохилии донаҳо низ пеш аз ҳама аз суръати хунукшавӣ вобаста аст: ҳар қадар он баландтар бошад, сохтор ҳамон қадар дисперсӣ буда, мустаҳкамӣ ва пластикӣ баландтар мебошанд. Ин қонуниятҳо бо микросохтори хӯлаҳо то ва пас аз деформатсияи пластикӣ тасдиқ мешаванд (расми 4.9).



а) б)

Расми 4.9. – Микросохтори хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийӣ: а – то деформатсия; б–пас аз деформатсия

Шарҳ дар он аст, ки ҳангоми деформатсияи гарм дар хӯлаҳо сохтори возеҳи зердонагӣ ташаккул меёбад, ки худи механизми демпферкуниро тағйир медиҳад. Ба ҷойи фазаи аз ҷиҳати акустикӣ нармӣ сохтори ибтидоӣ механизми дислокатсионӣ меояд, ки аз дараҷаи деформатсия вобаста аст. Ҳар қадар он зиёдтар бошад, хосиятҳои демпферкунии ларзишию акустикӣ ҳамон қадар баландтаранд. Ба онҳо коркарди термикӣ низ таъсири назаррас мерасонад (ҷадвали 4.14).

Ҷадвали 4.14. Таъсири коркарди термикӣ ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийӣ

Рақами хӯла	**Дараҷаи деформатсияи пластикӣ, ε,%**	**Намуд ва реҷаи коркард**	**Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ**	
			Суръати хомӯшшавии садо *dз,*	**Коэффитсиенти талафот, *δ***
2	0	Обутоб дар 400°С, дар ҳаво	5,80	0,60
	10		6,20	0,64
	20		6,90	0,72
	30		7,12	0,79
4	0	Пиршавии думарҳилагӣ	4,76	0,57
	10		5,48	0,65
	20		5,93	0,69
	30		6,18	0,74

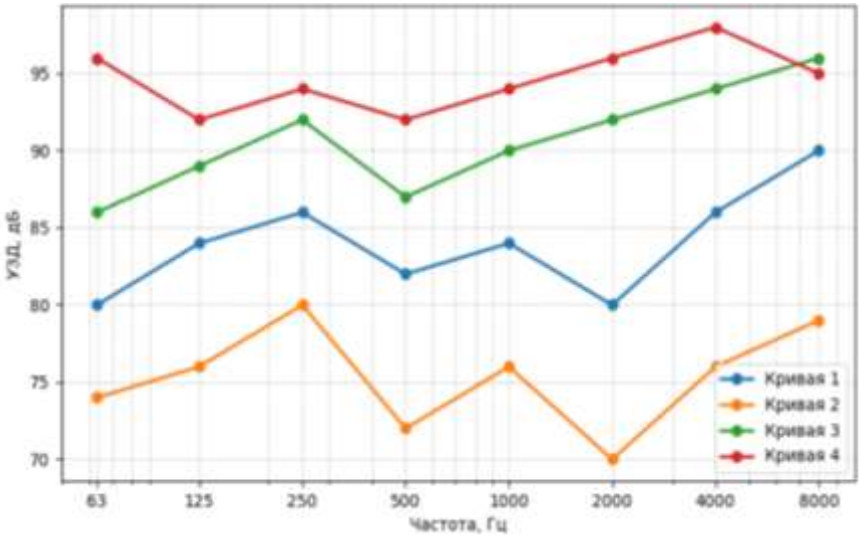
Таҳлили маълумоти ҷадвали 4.14 нишон дод, ки обутоб ва пиршавӣ хосиятҳои виброакустодемпферкунии хӯлаҳоро ҳангоми дараҷаҳои гуногуни деформатсия ба таври назаррас тағйир медиҳанд.

4.3. Таҳқиқи хосиятҳои виброакустодемпферкунии маводи композитсионӣ дар асоси хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийӣ. Таҳқиқоти дар боло гузаронидашудаи

фасли 4.2 нишон медиҳанд, ки хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийии системаҳои Al–Zn–Mg ва Al–Zn–Mg–MH3 хосиятҳои баланди ларзишхомӯшкунӣ ва мустаҳкамӣ доранд. Қобилияти хомӯш кардани ларзиш аз таносуби консентратсияҳои магний ва руҳ вобаста аст. Легиркунӣ бо гадолиний (Gd) ва иттербий (Yb) низ саҳми назаррас мегузорад. Эффекти мусбат бо таъсири мутақобилаи махсуси фазавии компонентҳо алоқаманд аст.

Бо назардошти ин ҳолатҳо «хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийиро дар маводи композитсионии бисёрқабата истифода карданд; қаблан чунин композитсияҳо дар шароити абарпластикӣ хосиятҳои баланди акустодемпферкунӣ ва механикиро нишон дода буданд» [46]. Дар кор композитҳои бисёрқабата аз пӯлод ва хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминиӣ дар омезишҳои гуногун дар шароити муқаррарӣ таҳқиқ карда шуданд.

Натиҷаҳои таҳқиқи хосиятҳои виброҷаббкунӣ ва садоҷаббкунии маводи композитсионии бисёрқабата дар асоси хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминиӣ дар расми 4.10 ва ҷадвали 4.15 оварда шудаанд. Барои маводи композитсионии таҳқиқшаванда параметрҳои виброакустикии зерин интихоб карда шуданд: сатҳи фишори садо, сатҳи садо, коэффитсиенти хомӯшшавии садо ва коэффитсиенти талафот дар намунаи мавод.



Расми 4.10. – Хосиятҳои акустикии маводи композитсионии бисёрқабата

Аз таҳлили маълумоти расми 4.10 бармеояд, ки композитҳои бисёрқабата дар асоси хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминиӣ дар ҳамаи басомадҳои таҳқиқшуда нисбат ба хӯлаҳои асосӣ сатҳҳои пасттари фишори садоро таъмин мекунанд. Ҳадди ақалҳо ба 500 ва 2000 Гс рост меоянд, ки дар онҳо мавод омилҳои виброакустикиро аз ҳама самараноктар коҳиш медиҳанд. Хосиятҳои маводи композитсионӣ дар ҷадвали 4.15 оварда шудаанд.

Ҷадвали 4.15. Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикии маводи композитсионии бисёрқабатаи таҳқиқшаванда

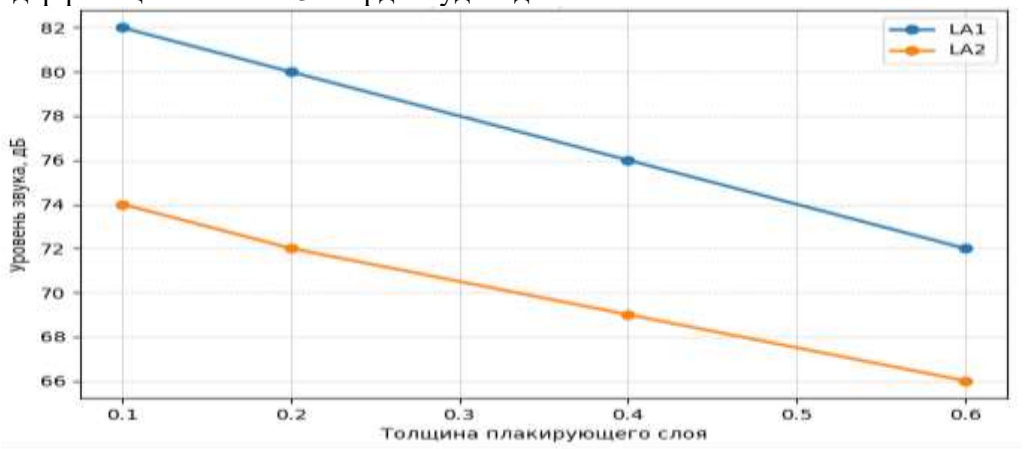
Рақами композит	Хосиятҳои механикӣ		Хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ	
	σ, МПа	δ, %	Суръати хомӯшшавии садо, dз дБ/мс	Коэффитсиенти талафот,
1	675	5,8	6.0	0.62
2	595	6,2	6.8	0.80
3	385	3,6	4.24	0.48
4	550	5,6	4.76	0.56

Таҳлили маълумоти ҷадвали 4.15 нишон дод, ки хосиятҳои баланди виброакустодемпферкунӣ ва механикии композитҳои бисёрқабата бо сохтори гетерофазавии онҳо шарҳ дода мешаванд: фазаи пластикии хӯлаи деформатсияшавандаи алюминиӣ бо фазаи чандири пӯлодӣ якҷоя мешавад. Композитҳое, ки қабатҳои берунии онҳо аз хӯлаи деформатсияшавандаи алюминиӣ иборатанд, яъне сохтори пластикӣ дар берун доранд, нисбат ба композитҳои дорои қабатҳои берунии чандир беҳтар демпфер мекунанд. Дар баробари ин, «…тавсифоти виброакустодемпферкунии маводи композитсионӣ бо парокандашавии дохилии энергияи лаппишҳои механикӣ дар маводи қабатҳои таркибӣ ва дар минтақаи тамоси қабатҳо аз ҳисоби пайвастшавӣ бо хӯлаи деформатсияшавандаи алюминийии Al–Zn–Mg алоқаманданд, ки бо дигар металлҳо ба осонӣ пайвастҳои фазаи сахт ташкил медиҳанд ва мустаҳкамии

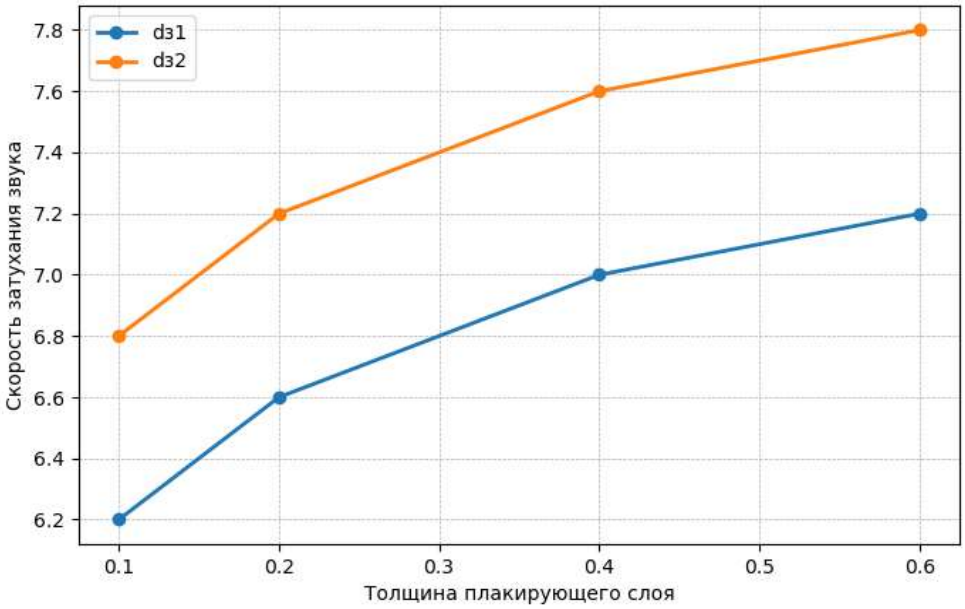
баланди конструксионӣ ва қобилияти виброакустодемпферкунии маводи композитсионiро таъмин мекунанд» [9–М].

Таҳлили маълумоти расми 4.10 ва ҷадвали 4.16 нишон дод, ки тағйирёбии хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикӣ бо омилҳои зиёд алоқаманд аст: гуногунҷинсии сохтори қабатҳо ва мураккабии равандҳо дар минтақаи гузариш. Аз ин рӯ, ба вазифаи таҳқиқот инчунин омӯзиши таъсири ин омилҳо ба хосиятҳои виброакустодемпферкунии композитҳои бисёрқабата дохил мешуд.

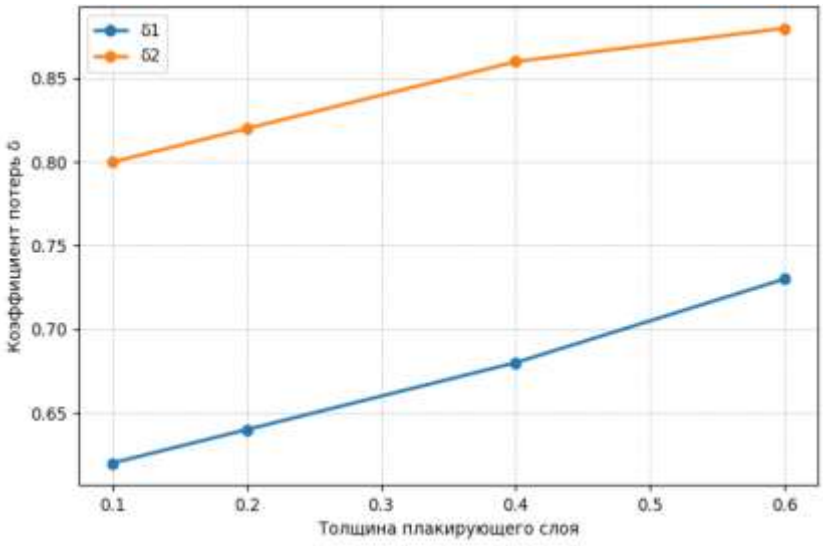
Таҳқиқи хосиятҳои виброакустодемпферкунӣ ва механикии маводи композитсионии бисёрқабата дар асоси хӯлаҳои деформатсияшавандаи системаи Al–Zn–Mg аз рӯйи методикае, ки дар фасли 2.4 баён шудааст, гузаронида шуд. Аз рӯйи ин методика таъсири ғафсӣ ва навбати қабатҳо, инчунин параметрҳои коркарди технологии онҳо арзёбӣ карда шуд. Натиҷаҳои таҳқиқот дар расмҳои 4.11– 4.13 оварда шудаанд.



Расми 4.11. – Вобастагии сатҳи садо аз ғафсии қабати плакиронӣ

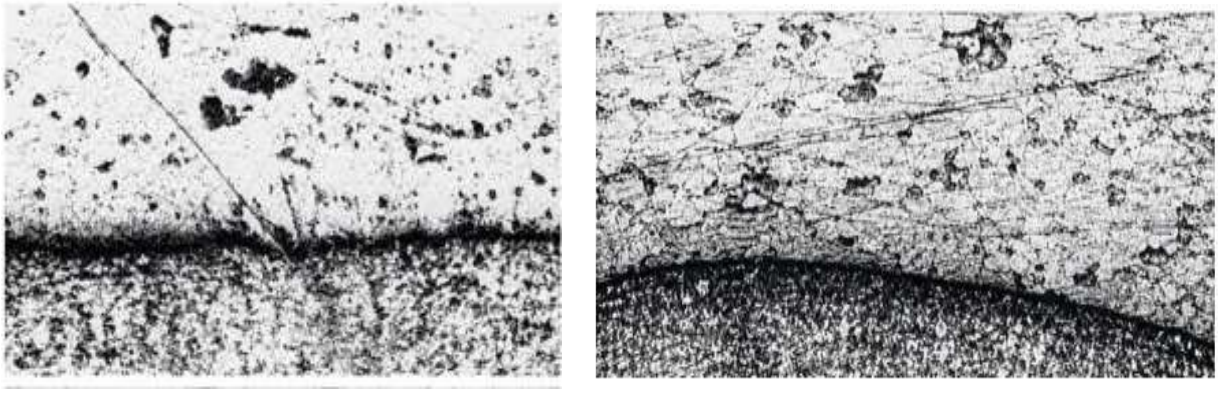


Расми 4.12. – Вобастагии суръати хомӯшшавии садо аз тағйирёбии ғафсии қабати плакиронӣ



Расми 4.13. – Вобастагии коэффитсиенти талафот аз тағйирёбии ғафсии қабати плакиронӣ

Чӣ тавре ки аз расмҳои 4.11–4.13 бармеояд, бо зиёд шудани ғафсии қабати плакиронӣ аз хӯлаи деформатсияшавандаи алюминийӣ хосиятҳои виброакустодемпферкунии композитҳо меафзоянд. Эҳтимол, ин бо хусусиятҳои микросохтори қабати плакиронӣ алоқаманд аст (расми 4.14).



а) **б)**

Расми 4.14. – Микросохтори маводи композитсионӣ

Дар маҷмӯъ, «…дар хӯлаҳои деформатсияшавандаи алюминийии Al–Zn–Mg бо сохтори возеҳи гетерогенӣ тавсифоти виброакустикӣ аз ташкилдиҳандаи нарми фазаи руҳ дар алюминий ё алюминий дар руҳ, инчунин аз дигар хусусиятҳои таъсири мутақобилаи компонентҳои легиркунанда дар хӯла вобастаанд» [47].

Аз ин ҷо метавон тахмин кард, ки маҳз афзоиши ҳиссаи хӯлаи деформатсияшавандаи алюминийӣ ҳангоми ғафс шудани қабати плакиронӣ қобилиятҳои виброакустодемпферкунии маводи композитсониро беҳтар мекунад.

Дар боби панҷум – «Такмили системаи идоракунии ҳифзи меҳнат ва таҳияи воситаҳои муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатии Тоҷикистон» таҳлил карда шудааст:

5.1. Системаи амалкунандаи идоракунии ҳифзи меҳнат ва татбиқпазирии он дар корхонаҳои саноатӣ

Дар кор қайд карда мешавад, ки системаи идоракунии ҳифзи меҳнат (СИҲМ) маҷмӯи чораҳои ба ҳам алоқаманди ташкилӣ, ҳуқуқӣ, техникӣ, гигиенӣ, пешгирикунанда ва назоратиро дар бар мегирад, ки ба ҳифзи ҳаёт ва саломатии кормандон дар ҷойҳои корӣ нигаронида шудаанд. СИҲМ-и муосир наметавонад бо иҷрои расмии талаботи алоҳида маҳдуд шавад. Он ҳамчун механизми бефосилаи идоракунӣ амал мекунад, ки дар он хатарҳо мунтазам ошкор, хавфҳо арзёбӣ, чораҳои муҳофизатӣ банақшагирӣ мешаванд ва бо мақсади такмили бефосилаи ҳифзи меҳнат дар корхона назорати доимии шароити меҳнат анҷом дода мешавад.

Модели СИҲМ мувофиқи стандартҳои байналмилалии ISO 45001:2018 [53] ва ILO–OSH 2001 [54] дар расми 5.1 оварда шудааст.

Расми 5.1. – Модели мавҷудаи системаи идоракунии ҳифзи меҳнат мувофиқи стандартҳои байналмилалӣ

Дар нақшаи пешниҳодшуда (расми 5.1) системаи ба ҳалқа пӯшида инъикос ёфтааст. Бехатарӣ дар ин ҷо на маърака, балки қисми доимии идоракунии корхона мебошад. Дар марказ – худи СИҲМ бо сикли «банақшагирӣ – амал – назорат – санҷиш» қарор дорад; ҳар он чи ҳангоми назорат ва таҳлил маълум шуд, ба ақиб бармегардад: ҳадафҳо дақиқ карда мешаванд, чорабиниҳо аз нав баррасӣ мешаванд, камбудиҳо бартараф карда мешаванд. Ба шарофати ин система ба таҷҳизот, технологияҳо, хавфҳо ва меъёрҳои нав мутобиқ мешавад.

Дар маҷмӯъ, аз нақша чизи асосӣ дида мешавад: ҳифзи меҳнат танҳо дар он ҳолат кор мекунад, ки арзёбии хавфҳо, банақшагирӣ, иҷро, назорат ва ислоҳ бефосила ва пай дар пай анҷом дода шаванд. Мо ба ҳамин модел такя карда, системаи арзёбии хавфҳои касбӣ, аз ҷумла аз ғавғо ва ларзишро асоснок мекунем.

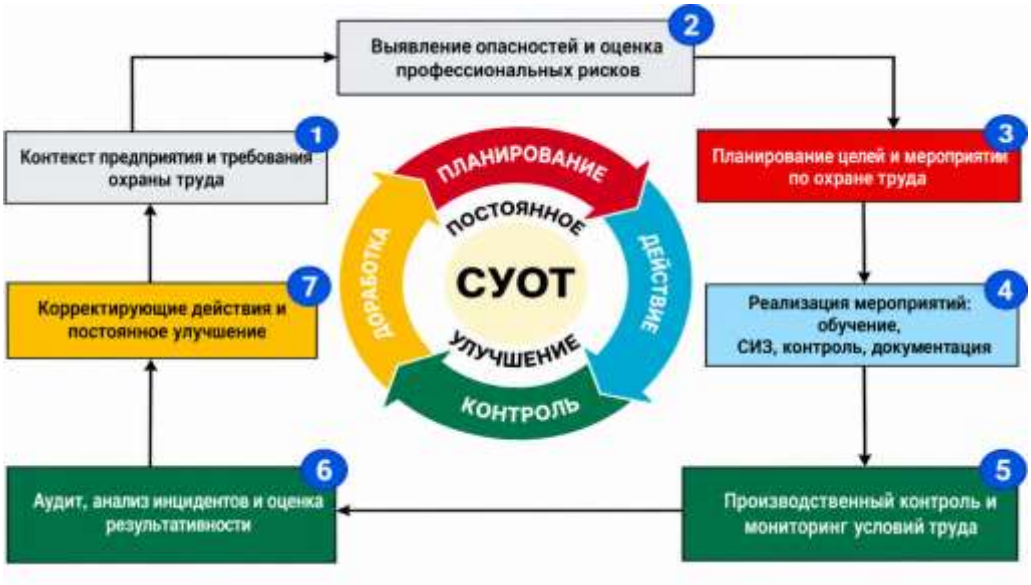
5.2. Асосноккунии методологии гузариш аз СИҲМ-и амалкунанда ба модели ба хавф нигаронидашудаи идоракунии омилҳои виброакустикӣ.

Дар кор қайд карда мешавад, ки СИҲМ-и амалкунандаи корхонаҳои саноатӣ асоси ташкилӣ, ҳуқуқӣ ва пешгирикунандаи муҳофизати кормандонро фароҳам меорад: тақсими ӯҳдадориҳо, дастурдиҳӣ, таълим, таъмин бо ВМИ, назорати истеҳсолӣ, тафтиши ҳодисаҳои нохуш, муоинаҳои тиббӣ, ҳуҷҷатгузорӣ. Аммо муҳити муосири истеҳсолӣ бо омезиши мураккаби омилҳои хатарнок ва зараровар тавсиф мешавад, аз ин рӯ, танҳо сабти вайронкуниҳо ва иҷрои чорабиниҳои стандартӣ барои коҳиши устувори хавфи касбӣ кофӣ нест.

Дар кор қайд карда мешавад, ки ин сохтор ба корхонаҳои саноатии Тоҷикистон татбиқпазир аст, зеро он ба қонунгузории миллии меҳнат мувофиқат карда, имкон медиҳад, ки бехатарӣ дар ҷойҳои корӣ назорат карда шавад. Барои бахши саноатӣ ин махсусан муҳим аст, зеро бисёре аз корхонаҳои кишвар ба истеҳсолоти хатарнокиашон баланд мансубанд. Истеҳсолоти кӯҳию маъданӣ, металлургӣ, энергетикӣ, сохтмонӣ, мошинсозӣ ва таъмирию механикӣ мошинҳо, механизмҳо, хатҳои технологӣ, нақлиёт, дастгоҳҳои компрессорӣ, вентилятсионӣ, майдакунӣ, насосӣ ва борбардорию нақлиётиро истифода мебаранд. Дар чунин истеҳсолот дар баробари ҳифзи умумии меҳнат таъмини бехатарии саноатӣ талаб карда мешавад.

Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи бехатарии саноатии корхонаҳои хатарноки саноатӣ» ба истифодаи бехатари истеҳсолоти хатарнок, пешгирии садамаҳо ва инсидентҳо ва омодагии ташкилотҳо ба маҳдудсозӣ ва бартараф кардани оқибатҳои онҳо нигаронида шудааст. Аз ин рӯ, ҳифзи меҳнат дар корхонаҳои саноатӣ бояд бо истифодаи техникӣ ва ташхиси таҷҳизот ва идоракунии хавфҳои истеҳсолӣ зич алоқаманд карда шавад.

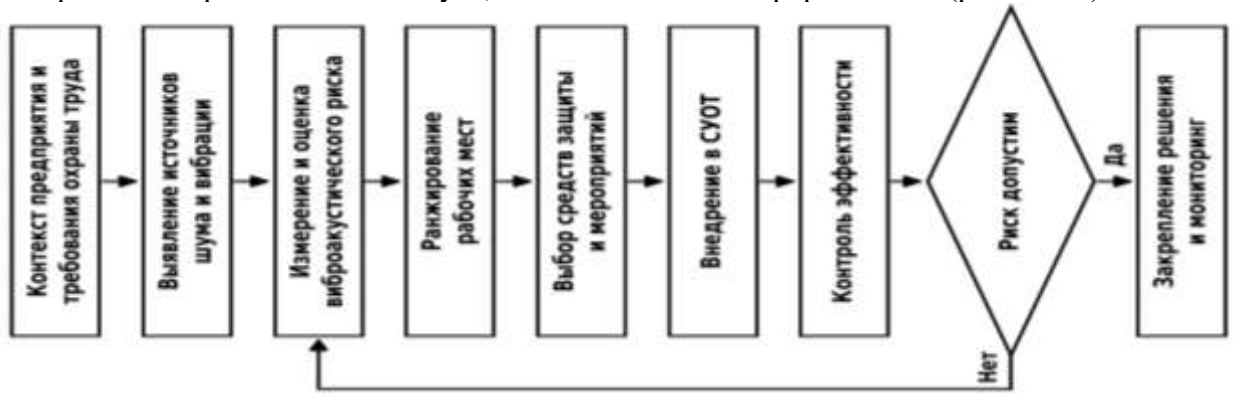
Дар кор ба идоракунии омилҳои виброакустикӣ аҳамияти махсус дода мешавад. «Ғавғо ва ларзиш ба корхонаҳои саноатие хосанд, ки дар онҳо майдакунакҳо, ғалберҳои ларзишӣ,



компрессорҳо, насосҳо, вентиляторҳо, дастгоҳҳои нӯрдкунӣ, таҷҳизоти оҳангарию пресскунӣ, панҷараҳои зарбавии ҷудокунӣ, дастгоҳҳои металлкоркунӣ, асбобҳои пневматикӣ, механизмҳои нақлиётӣ кор мекунанд. Илова бар ин, қонунгузории ҳифзи табиати Ҷумҳурии Тоҷикистон меъёрҳои сатҳҳои ҳадди ниҳоии иҷозатдодашудаи ғавғо, ларзиш ва дигар таъсироти физикиро пешбинӣ мекунад, ки ҳифзи саломатӣ ва қобилияти кории одамонро таъмин менамоянд» [46, 47].

Дар кор як қатор ҳолатҳо ошкор карда шуданд, ки татбиқпазирии СИҲМ-и амалкунандаро дар корхонаҳои саноатии Тоҷикистон муайян мекунанд; татбиқпазирӣ бо чор ҳолат муайян мегардад. Якум, он асоси меъёрӣ дорад, ки масъулияти корфарморо барои шароити бехатари меҳнат мустаҳкам мекунад. Дуюм, унсурҳои он (ошкор кардани хатарҳо, дастурдиҳӣ, назорат, таъмин бо воситаҳои муҳофизат, тафтиши ҳодисаҳо, пешгирӣ) универсалӣ буда, ба соҳаҳои гуногун мувофиқанд. Сеюм, он ҳам чораҳои умумии ташкилӣ ва ҳам чорабиниҳои махсуси техникиро бар зидди омилҳои мушаххаси зараровар дар бар мегирад. Чорум, онро ба модели ба хавф нигаронидашуда, ки ба таҷрибаи муосири байналмилалӣ ҷавобгӯ аст, мутобиқ кардан мумкин аст.

Дар кор барои муаррифии аёнӣ модели пешниҳодшуда пайдарпайии амалҳои идоракунӣ ва техникиро тавсиф мекунад – аз ошкор кардани манбаъҳои ғавғо ва ларзиш то санҷиши самаранокии чораҳои андешидашуда, ки пас аз он сикл такрор мешавад (расми 5.2.).



Расми 5.2. – Алгоритми такмили СИҲМ ҳангоми идоракунии хавфҳои виброакустикӣ

Нақша нишон медиҳад, ки идоракунии ғавғо ва ларзиш бояд аз ошкор кардани манбаъҳои таъсир оғоз ёфта, на танҳо бо ҷорӣ намудани чорабиниҳои муҳофизатӣ, балки бо арзёбии такрории самаранокии онҳо низ анҷом ёбад. Хусусияти муҳими модел мавҷудияти алоқаи бозгашт мебошад, ки ба шарофати он системаи ҳифзи меҳнат хусусияти циклӣ пайдо карда, доимӣ будани раванди беҳтар намудани шароити меҳнатро таъмин менамояд.

Ҳамин тариқ, чунин гузариш имкон медиҳад, ки ҷойҳои кории дорои сатҳи хатарноки ғавғо ва ларзиш пешакӣ ошкор карда шаванд, маблағҳо пеш аз ҳама ба қитъаҳои дорои хавфи баланд ва критикӣ равона гарданд, ҳифзи меҳнат бо таъмири таҷҳизот алоқаманд карда шавад (фарсудашавӣ, номутавозинӣ, суст шудани маҳкамкуниҳо ва нуқсонҳои узвҳои корӣ ғавғо ва ларзишро мустақиман зиёд мекунанд) ва эффекти чораҳои муҳандисӣ, аз ҷумла маводи демпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийӣ, ба таври миқдорӣ арзёбӣ карда шавад. Барои корхонаҳои Тоҷикистон, ки таҷҳизоти фарсуда ва равандҳои зарбавӣ доранд, ин махсусан муҳим аст; дар диссертатсия гузариш дар шакли методикаи арзёбии хавфи виброакустикӣ, ки ба модели СИҲМ дохил карда шудааст, амалӣ гардидааст.

5.3. Таҳлили усулҳои мавҷудаи арзёбии хавфи касбӣ

Дар кор қайд карда мешавад, ки системаи муосири идоракунии ҳифзи меҳнат дар корхонаи саноатӣ бояд на танҳо ба ошкор кардани вайронкуниҳо ва бартараф кардани минбаъдаи оқибатҳо, балки ба арзёбии доимии хавфҳои касбӣ низ асос ёбад. СИҲМ бояд на танҳо вайронкуниҳоро ошкор кунад, балки хавфҳоро доимо арзёбӣ намояд. Барои ғавғо ва ларзиш, ки дарозмуддат ва ҷамъшаванда таъсир мерасонанд, хавф бо сатҳи таъсир, вақти тамос, ҳолати таҷҳизот, реҷаи кор, муҳофизати дастаҷамъӣ ва истифодаи воқеии ВМИ муайян карда мешавад.

Дар кор дақиқ карда шудааст, ки «асоси методологии арзёбии хавфи касбиро стандартҳои байналмилалӣ ва миллӣ ташкил медиҳанд. ГОСТ Р ИСО 45001–2020 талаботро ба системаи менеҷменти бехатарии меҳнат муқаррар намуда, ташкилотро ба идоракунии хавфҳо

ва имкониятҳо дар соҳаи ҳифзи меҳнат равона мекунад. Система ба сикли такмили доимии PDCA асос меёбад: банақшагирӣ, иҷро, санҷиш ва амалҳо оид ба беҳтаркунӣ» [39].

Дар амалияи ҳифзи меҳнат усулҳои гуногуни арзёбии хавфи касбӣ истифода мешаванд. Онҳоро шартан «ба меъёрию гигиенӣ, экспертӣ, холӣ, индексӣ, эҳтимолӣ, техникӣ ва системавӣ ҷудо кардан мумкин аст» [41, 42]. ISO 31000 мантиқи умумиро муайян мекунад: ошкор кардан, таҳлил, арзёбӣ, коркарди хавф, мониторинг, азнавбаррасӣ. Стандарт ба ҳар гуна ташкилот ва ба ҳар гуна хавф мувофиқ аст. Барои мо он бо он муҳим аст, ки арзёбии ғавғо ва ларзишро бояд ба идоракунии умумии хавфҳои корхона дохил кард, на ин ки ҳамчун тартиби алоҳидаи ченкуниҳо нигоҳ дошт.

Асоси меъёрию методии системаҳои идоракунии ҳифзи меҳнатро ISO 45001 ва ILO–OSH 2001 ташкил медиҳанд. Стандарти байналмилалии системаҳои менеҷменти ҳифзи саломатӣ ва бехатарии меҳнат ISO 45001 ташкилотро ба ошкор кардани хатарҳо, арзёбии хавфҳо ва амалисозии чораҳои идоракунӣ равона мекунад. Дастури ILO–OSH 2001 идоракунии ҳифзи меҳнатро ҳамчун маҷмӯи унсурҳои ба ҳам алоқаманд баррасӣ мекунад, ки ба муҳофизати кормандон аз хатарҳои касбӣ нигаронида шудаанд. Ҳар ду ҳуҷҷат равиши сиклиро асоснок мекунанд.

ISO 45001 ва ILO–OSH 2001-ро ҳамчун асоси модели СИҲМ қабул кардан, ҳисоби хавфро бошад, аз рӯйи индекси интегралии мутобиқгардонидашуда иҷро кардан тавсия дода мешавад. Таҳлили муқоисавии усулҳои мавҷудаи арзёбӣ дар ҷадвали 5.1 оварда шудааст.

Ҷадвали 5.1. – Таҳлили муқоисавии усулҳои арзёбии хавфи касбӣ

Усул	**Баҳисобгирии омилҳо**	**Бартариҳо**	**Камбудӣ**	**Татбиқпазирӣ**
Меъёрию гигиенӣ	Зиёдшавии воқеии ғавғо ва ларзиш аз меъёр	Робитаи мустақим бо меъёрҳо	Вақт, ВМИ ва ҳолати таҷҳизотро ба назар намегирад	Марҳилаи асосӣ
Матритсавӣ	Эҳтимолият ва вазнинӣ	Соддагӣ ва аёният	Субъективӣ будан, ба ҳисоб гирифтани сусти экспозитсия	Арзёбии аввалия
Файн–Кинни	Эҳтимолият, экспозитсия, оқибатҳо	Вақти таъсирро ба назар мегирад	Саҳми ғавғо, ларзиш, ВМИ ва таҷҳизотро ҷудо намекунад	Усули муқоисавӣ
Холӣ	Баҳодиҳии экспертии омилҳо	Барои комиссия қулай аст	Дақиқии паст	Усули ёрирасон
Индексӣ	Якчанд омил дар як нишондиҳанда	Комплексӣ будан ва қулайии ранжиркунӣ	Асоснок кардани шкалаҳо ва вазнҳоро талаб мекунад	Асоси методикаи интихобшуда
FMEA	Аз кор баромадани таҷҳизот	Барои таҳлили сабабҳои афзоиши ғавғо ва ларзиш хуб аст	Тамоми системаи шароити меҳнатро арзёбӣ намекунад	Таҳлили техникӣ
HAZOP	Инҳирофҳои раванд	Барои истеҳсолоти мураккаб мувофиқ аст	Меҳнатталабӣ	Барои қитъаҳои алоҳида
Bow–Tie	Сабабҳо, оқибатҳо ва монеаҳо	Аёният	Усули ҳисобӣ намебошад	Нақшаи тасвирӣ
ГОСТ Р ИСО 45001	Системаи идоракунии ҳифзи меҳнат	Барои модели СИҲМ мувофиқ аст	Формулаи махсусро дар бар намегирад	Асоси идоракунӣ
ГОСТ Р ИСО 31000	Менеҷменти умумии хавф	Мантиқи универсалии арзёбии хавф	Мутобиқсозӣ ба омилҳои меҳнатро талаб мекунад	Асоси методологӣ

Чӣ тавре ки аз ҷадвали 5.1 дида мешавад, ҳеҷ яке аз усулҳои мавҷуда вазифаи арзёбии комплексии хавфи виброакустикиро дар ҷойҳои корӣ пурра ҳал намекунад. Усули меъёрию гигиенӣ барои муқаррар кардани далели зиёдшавӣ аз меъёр зарур аст. Усули Файн–Кинни экспозитсияро ба назар мегирад, вале сохтори омилҳоро ошкор намекунад. FMEA ва HAZOP ба таҳлили сабабҳои техникии хавф кӯмак мерасонанд, вале арзёбии интегралии шароити меҳнатро намедиҳанд. ISO 45001 ва ISO 31000 чаҳорчӯбаи идоракуниро муайян мекунанд, вале формулаи махсусро барои хавф аз ғавғо ва ларзиш пешниҳод намекунанд. Аз ин рӯ, равиши омехта аз ҳама мувофиқи мақсад аст. Арзёбии меъёрию гигиенӣ далели аз меъёр зиёд будани ғавғо ва ларзишро муқаррар мекунад; мантиқи байналмилалии ГОСТ Р ИСО 45001–2020 ва ГОСТ Р ИСО 31000–2019 ҳамчун асоси системаи идоракунӣ хизмат мекунад. Барои

ранжиркунии амалии ҷойҳои корӣ нишондиҳандаи махсуси ҳисобӣ лозим аст, ки хусусиятҳои таъсири виброакустикиро ба назар гирад.

Аз ин рӯ, мо нишондиҳандаи хавфи виброакустикӣ $\boldsymbol{R_{va}}$-ро ворид мекунем, ки ғавғо, ларзиш, вақти таъсир, ҳолати таҷҳизот ва таъминот бо воситаҳои муҳофизатро ба назар мегирад; он равиши байналмилалии ба хавф нигаронидашударо ба шароити корхонаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон интиқол медиҳад.

5.4. Равиши методӣ ба арзёбии хавфи виброакустикӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатӣ.

Дар кор қайд карда мешавад, ки арзёбии хавфи виброакустикӣ бояд тавсифи комплексии шароити меҳнатро дар бар гирад. Барои арзёбии хавф аз рӯйи ғавғо сатҳҳои эквивалентӣ ва ҳадди аксари садо, спектр ва давомнокии таъсир дар як баст, аз рӯйи ларзиш – шитоби ларзиш, суръати ларзиш, диапазони басомадӣ, самт ва намуди он (маҳаллӣ ё умумӣ) муайян карда мешаванд.

Ҳамчун усули асосии арзёбӣ нишондиҳандаи интегралии хавфи виброакустикӣ пешниҳод карда мешавад:

$$R_{va} = w_1K_n + w_2K_v + w_3K_t + w_4K_e + w_5K_s, \qquad (5.1)$$

дар ин ҷо R_{va}– нишондиҳандаи интегралии хавфи виброакустикӣ; $K_n -$ коэффитсиенти таъсири ғавғо; $K_v -$ коэффитсиенти таъсири ларзиш; $K_t -$ коэффитсиенти давомнокии таъсир; $K_e -$ коэффитсиенти ҳолати техникии таҷҳизот; $K_s -$ коэффитсиенти нокифоягии воситаҳои муҳофизат; $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 -$ коэффитсиентҳои вазнии аҳамияти омилҳо мутаносибан.

Барои варианти асосии арзёбӣ қиматҳои вазнии зерини коэффитсиентҳо қабул шуда метавонанд (ҷадвали 5.2).

Ҷадвали 5.2. – Қиматҳои вазнии асосии коэффитсиентҳо барои арзёбии хавфи касбӣ

Омилҳо	**Аломат**	**Коэффитсиентҳои вазнӣ**
Таъсири ғавғо	K_n	0,30
Таъсири ларзиш	K_v	0,30
Давомнокии таъсир	K_t	0,15
Ҳолати техникии таҷҳизот	K_e	0,15
Нокифоягии воситаҳои муҳофизат	K_s	0,10
Ҳамагӣ		1,00

Дар кор коэффитсиентҳои вазнӣ чунин интихоб шудаанд: ғавғо ва ларзиш ҳамчун омилҳои асосии физикӣ вазни бештар доранд; давомнокии таъсир ва ҳолати таҷҳизот вазни камтар, вале назаррас гирифтанд, зеро сарбории воқеӣ аз онҳо вобаста аст; нокифоягии воситаҳои муҳофизат бо вазни камтарин ба ҳисоб гирифта шудааст, зеро ВМИ – чораи охирини муҳофизат мебошад.

Дар нишондиҳанда ғавғо ё ларзиши ченшуда якҷоя бо шароити кор ба ҳисоб гирифта мешаванд: ҳангоми ғавғои якхела хавф дар он ҷое баландтар аст, ки инсон тамоми баст дар назди манбаъ қарор дорад, ВМИ-и ба спектр номувофиқ ё истифоданашаванда бошанд, хавфро паст намекунанд. Барои табдил додани қиматҳои нишондиҳанда ба қарорҳо шкала пешниҳод шудааст (ҷадвали 5.3), ки ба хадамоти ҳифзи меҳнат дар асоснок кардани харочот барои ғилофҳо, виброизолятсия, таъмир, ВМИ ва таълим кӯмак мекунад.

Ҷадвали 5.3. – Шкалаи тафсири хавфи интегралии касбӣ

Қимати индекси $\boldsymbol{R_{va}}$	**Сатҳи хавф**	**Қарорҳои идоракунӣ**
0–0,30	Паст	Назорати банақшагирифташуда, нигоҳ доштани чораҳои мавҷуда
0,31–0,60	Мӯътадил	Ислоҳи реҷаи меҳнат, санҷиши ВМИ ва ғ.
0,61–0,80	Баланд	Таҳияи чораҳои муҳандисӣ,
0,81–1,00	Критикӣ	Коҳиши фаврии таъсир, маҳдудкунии муваққатии корҳо

Дар кор бо мақсади меъёрикунонии коэффитсиентҳои модели интегралӣ. Барои ҳисоб аз рӯйи формулаи 5.1 ҳамаи нишондиҳандаҳо ба шкалаи аз 0 то 1 оварда мешаванд.

Коэффитсиенти таъсири ғавғо K_n аз рӯйи зиёдшавии сатҳи воқеии ғавғо аз сатҳи иҷозатдодашуда арзёбӣ карда мешавад:

$$K_n = \frac{L_f - L_{\text{доп}}}{L_{max} - L_{\text{доп}}}, \qquad (5.2)$$

дар ин ҷо: L_f −сатҳи воқеии ғавғо; $L_{\text{доп}}$ −сатҳи иҷозатдодашудаи ғавғо; L_{max} – сатҳи болоии шартӣ, ки барои меъёркунонӣ қабул карда мешавад.

Агар ғавғо аз ҳадди иҷозатдодашуда баланд набошад, коэффитсиенти $\boldsymbol{K_n}$ баробари 0 қабул карда мешавад, ҳангоми сатҳҳои бениҳоят номусоид бошад, он ба 1 наздик мешавад.

$$K_v = \frac{X_f - X_{\text{доп}}}{X_{max} - X_{\text{доп}}}, \qquad (5.3)$$

дар ин ҷо: X_f − қимати воқеии параметри ларзишӣ; $X_{\text{доп}}$ −қимати иҷозатдодашуда; X_{max} – сатҳи болоии шартии ларзиш барои меъёркунонӣ.

Барои ҳисобҳои амалӣ $\boldsymbol{K_v}$ низ бо диапазони аз 0 то 1 маҳдуд карда мешавад.

Коэффитсиенти давомнокии таъсир $\boldsymbol{K_t}$. Онро бо ҳиссаи баст ифода кардан қулай аст:

$$K_t = \frac{T_f}{T_s}, \qquad (5.4)$$

дар ин ҷо: T_f −вақти воқеии таъсир; T_s – давомнокии басти корӣ.

Ҳолати техникии таҷҳизотро ба таври экспертӣ ё дар асоси ташхиси техникии таҷҳизот арзёбӣ кардан мумкин аст, коэффитсиенти нокифоягии воситаҳои муҳофизат K_s. бошад, инъикос мекунад, ки воситаҳои мавҷудаи муҳофизат барои коҳиш додани хавф то чӣ андоза нокифоянд (ҷадвали 5.4).

Ҷадвали 5.4. – Қимати коэффитсиенти ҳолати техникии таҷҳизот ва нокифоягии воситаҳои муҳофизат

Ҳолати таҷҳизот	$\boldsymbol{K_e}$	**Ҳолати муҳофизат**	$\boldsymbol{K_s}$
Солим, нав ё навсозишуда	0,20	Муҳофизати дастаҷамъӣ ва ВМИ самаранок мебошанд	0,10
Қаноатбахш	0,40	Муҳофизат мавҷуд аст, вале назоратро талаб мекунад	0,30
Фарсудашавии миёна	0,60	Муҳофизати қисман	0,50
Фарсудашавии возеҳ	0,80	Муҳофизати нокифоя	0,70
Ҳолати садамавӣ ё пешазсадамавӣ	1,00	Муҳофизат мавҷуд нест	1,00

Шкалае, ки дар кор пешниҳод шудааст, нишондиҳандаи ҳисобиро бо қарорҳои мушаххаси идоракунӣ алоқаманд мекунад. Дар корхонаҳои саноатӣ ин муҳим аст, зеро захираҳоро барои навсозии таҷҳизот ва воситаҳои муҳофизат бояд аз рӯйи афзалият тақсим кард. (ҷадвали 5.5).

Ҷадвали 5.5. – Шкала барои тафсири нишондиҳандаи хавфи виброакустикӣ

Қимати $\boldsymbol{R_{va}}$	**Сатҳи хавф**	**Тавсиф**	**Қарори идоракунӣ**
0–0,30	Паст	Таъсир назоратшаванда аст	Назорати банақшагирифташуда
0,31–0,60	Мӯътадил	Омилҳои номусоид мавҷуданд	Чораҳои ташкилӣ, назорати ВМИ, пешгирӣ
0,61–0,80	Баланд	Хавф дахолатро талаб мекунад	Чораҳои муҳандисию техникӣ, маҳдуд кардани вақти таъсир
0,81–1,00	Критикӣ	Шароит дахолати фавриро талаб мекунад	Навсозӣ, изолятсия, маҳдуд кардани корҳо

Мисолҳои ҳисоби хавфи виброакустикӣ барои истеҳсолоти гуногун шаҳодат медиҳанд, ки хавфи баландтарин ба таҷҳизоти амали зарбавӣ, майдакунӣ ва ларзишӣ хос аст. Ин зарурати пеш аз ҳама ҷорӣ намудани чораҳои муҳандисию техникии муҳофизатро маҳз дар ҳамин қитъаҳо тасдиқ мекунад (ҷадвалҳои 5.6 ва 5.7).

Дар кор қайд карда мешавад, ки воситаҳои муҳофизат аз омилҳои виброакустикиро аз рӯйи принсипи иерархӣ таҳия ва ҷорӣ кардан мувофиқи мақсад аст: аввал сабабҳои пайдоиши ғавғо ва ларзиш бартараф ё коҳиш дода мешаванд, сипас воситаҳои дастаҷамъии муҳофизат, баъдан чораҳои ташкилӣ ва танҳо пас аз он воситаҳои муҳофизати инфиродӣ истифода мешаванд.

Ҷадвали 5.6. – Маълумоти ҳисобҳои R_{va} барои истеҳсолоти гуногуни металлкоркунӣ

Истеҳсолот / қитъа	Таҳқиқот	K_n	K_v	K_t	K_e	K_s	R_{va}	СХ
Металлкоркунӣ	Дастгоҳи харротӣ	0,32	0,31	0,75	0,50	0,30	0,407	М
Металлкоркунӣ	Дастгоҳи суфтакунӣ	0,56	0,56	0,88	0,60	0,40	0,598	М
Қитъаи компрессорӣ	Компрессор	0,72	0,44	0,75	0,70	0,50	0,616	Б
Қитъаи майдакунию навъбандӣ	Майдакунак	0,88	0,88	0,88	0,80	0,50	0,830	К
Хоҷагии энергетикӣ	Насос / вентилятор	0,40	0,19	0,63	0,50	0,30	0,377	М
Қитъаи таъмирию механикӣ	Асбобҳои пневматикӣ	0,64	1,00	0,50	0,60	0,60	0,717	Б
Қитъаи нақлиётӣ	Боркунак	0,24	0,69	0,63	0,50	0,40	0,489	М
Қитъаи кафшерию васлкунӣ	Вентилятсия ва асбобҳои дастӣ	0,36	0,13	0,75	0,40	0,30	0,350	М

Эзоҳ: СХ–сатҳи хавф, М–мӯътадил, Б–баланд, К–критикӣ

Аз рӯйи натиҷаҳои ҳисобҳо муқаррар карда шуд, ки сатҳи бештарини хавфи виброакустикӣ дар қитъаи майдакунию навъбандӣ мушоҳида мешавад ($R_{(va)}$ = 0,830), ки ба сатҳи критикӣ (К) мувофиқ аст. Хавфи баланд ҳангоми истифодаи асбобҳои пневматикӣ ва истифодабарии компрессор (мутаносибан 0,717 ва 0,616) ошкор карда шуд. Дар қитъаҳои боқимонда хавф ҳамчун мӯътадил (0,350–0,598) арзёбӣ мешавад. Натиҷаҳои бадастомада имкон медиҳанд, ки самтҳои афзалиятноки чорабиниҳои пешгирикунанда муайян ва чораҳо оид ба коҳиш додани сарбории виброакустикӣ ба кормандон таҳия карда шаванд.

Ҷадвали 5.7. – Маълумоти ҳисобҳои R_{va} барои таҳқиқоти истеҳсолоти кӯҳию маъданӣ ва металлургӣ

№	Истеҳсолот	Таҳқиқот	K_n	K_v	K_t	K_e	K_s	R_{va}	СХ
1	Кӯҳию маъданӣ	Дастгоҳи майдакунӣ	0,96	0,92	0,88	0,80	0,50	0,866	К
2	Кӯҳию маъданӣ	Ғалбери ларзишӣ	0,68	1,00	0,75	0,60	0,40	0,747	Б
3	Металлургия	Панҷараи зарбавии ҷудокунӣ	0,92	1,00	0,63	0,80	0,60	0,851	К
4	Металлургия	Дастгоҳи нӯрдкунӣ	0,76	0,69	0,75	0,60	0,60	0,698	Б

Эзоҳ: СХ–сатҳи хавф, К–критикӣ, Б–баланд,

Ҳисобҳо (ҷадвали 5.7) нишон медиҳанд, ки хавфи баландтарин ба таҳқиқоти амали зарбавӣ, майдакунӣ ва ларзишӣ хос аст. Маҳз дар ҳамин ҷо чораҳои муҳандисию техникии муҳофизатро бояд пеш аз ҳама ҷорӣ кард.

5.5. Таҳияи воситаҳои муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ

Воситаҳои муҳофизат аз омилҳои виброакустикиро бо пайдарпайии муайян истифода бурдан мувофиқи мақсад аст: аввал сабабҳои ғавғо ва ларзишро бартараф ё суст кардан, сипас воситаҳои дастаҷамъиро истифода бурдан, баъдан чораҳои ташкилӣ ва танҳо дар навбати охир воситаҳои муҳофизати инфиродиро.

Чораҳои муҳандисию техникии муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ дар ҷадвали 5.9 оварда шудаанд.

Ҷадвали 5.8. – Чораҳои муҳандисию техникии муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ

Манбаи хавф	Воситаҳои муҳофизат
Дастгоҳҳои майдакунӣ	Сарпӯшҳои зиддиғавғоӣ, асосҳои виброизолятсиякунанда
Ғалберҳои ларзишӣ	Такягоҳҳои зиддиларзишӣ, қистирмаҳои демпферкунанда, назорати маҳкамкуниҳо
Компрессорҳо	Ғилофҳои зиддиғавғоӣ, виброизолятсия, ташхиси подшипникҳо
Вентиляторҳо	Ғавғопасткунакҳо, мувозинаткунии ротор, такягоҳҳои зиддиларзишӣ
Дастгоҳҳои нӯрдкунӣ	Экранҳои акустикӣ, вибродиагностика, хизматрасонии техникии ронандаҳо
Панҷараҳои зарбавии ҷудокунӣ	Иҳотаи акустикӣ, асоси амортизатсионӣ, изолятсияи минтақа
Асбобҳои пневматикӣ	Дастаҳои зиддиларзишӣ, асбобҳои дорои ларзиши пасткардашуда
Ролгангҳо	Роликҳои виброакустодемпферкунанда

Чораҳои муҳандисӣ аз ҳама муҳиманд, зеро онҳо таъсирро бевосита дар манбаъ ё дар роҳи паҳншавӣ коҳиш медиҳанд.

Чорабиниҳои ташкилӣ вақт ва шиддатнокии таъсири омилҳои виброакустикиро кам мекунанд (ҷадвали 5.9).

Ҷадвали 5.9. – Чораҳои ташкилӣ аз таъсири омилҳои виброакустикӣ

Чорабинӣ	Мазмун
Ротатсияи кормандон	Навбатгузории амалиётҳои дорои сатҳи баланд ва пасти таъсир
Маҳдуд кардани вақти будубош	Муқаррар кардани давомнокии иҷозатдодашудаи кор дар минтақаи хатарнок
Танаффусҳои танзимшуда	Коҳиши таъсири ҷамъшавандаи ғавғо ва ларзиш
Таълими кормандон	Огоҳонидан дар бораи хавфҳо ва қоидаҳои истифодаи ВМИ
Тамғагузории минтақаҳои хатарнок	Ишора кардани қитъаҳои дорои ғавғо ва ларзиши баланд
Идоракунии фосилавӣ	Истисно кардани будубоши доимии корманд дар назди манбаъ

Ба воситаҳои муҳофизати инфиродӣ гӯшпӯшакҳо ва гӯшмонакҳои зиддиғавғо, кулоҳҳои муҳофизатии дорои унсурҳои зиддиғавғоӣ, дастпӯшакҳои зиддиларзишӣ, пойафзоли махсус, гилемчаҳо ва нишастгоҳҳои амортизатсионӣ дохил мешаванд.

Аммо ВМИ наметавонанд ягона усули муҳофизат бошанд, зеро онҳо танҳо якҷоя бо чораҳои муҳандисӣ ва ташкилӣ самаранок мебошанд.

Модели пешниҳодшуда (расми 5.2) метавонад аз рӯйи алгоритме, ки дар ҷадвали 5.10 оварда шудааст, ҷорӣ карда шавад.

Ҷадвали 5.10. – Алгоритми модели такмили СИҲМ ҳангоми идоракунии хавфҳои виброакустикӣ

Марҳила	Мазмун	Натиҷа
1	Таъсиси гурӯҳи корӣ	Шахсони масъул таъин карда шуданд
2	Рӯйхатгирии манбаъҳои ғавғо ва ларзиш	Феҳристи таҳқиқот ташкил карда шуд
3	Ченкуниҳои асбобӣ	Сатҳҳои воқеии таъсир ба даст оварда шуданд
4	Ҳисоби R_{va}	Сатҳи хавф муайян карда шуд
5	Ранжиркунии ҷойҳои корӣ	Қитъаҳои афзалиятнок ҷудо карда шуданд
6	Таҳияи чораҳои муҳофизат	Барномаи чорабиниҳо омода карда шуд
7	Ҷорӣ намудани қарорҳо	Чораҳои техникӣ ва ташкилӣ амалӣ карда шуданд
8	Назорати такрорӣ	Самаранокӣ арзёбӣ карда шуд
9	Ислоҳи СИҲМ	Дастурамалҳо, харитаҳои хавф ва нақшаҳо нав карда шуданд

Чунин алгоритм имкон медиҳад, ки арзёбии ғавғо ва ларзиш аз тартиби расмӣ ба воситаи идоракунӣ табдил дода шавад, ки коҳиши доимии хавфи касбиро таъмин мекунад.

5.6. Истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийӣ ҳамчун воситаи муҳандисии муҳофизат

Дар кор ҳамчун яке аз самтҳои дурнамодори коҳиш додани омилҳои виброакустикӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатӣ истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийӣ пешниҳод шудааст. Ин равиш ба воситаҳои муҳандисию техникии муҳофизат мансуб буда, ба коҳиш додани интиқоли ларзиш, кам кардани ғавғои сохторӣ ва суст кардани равандҳои лаппишие, ки ҳангоми кори таҷҳизоти саноатӣ ба вуҷуд меоянд, нигаронида шудааст.

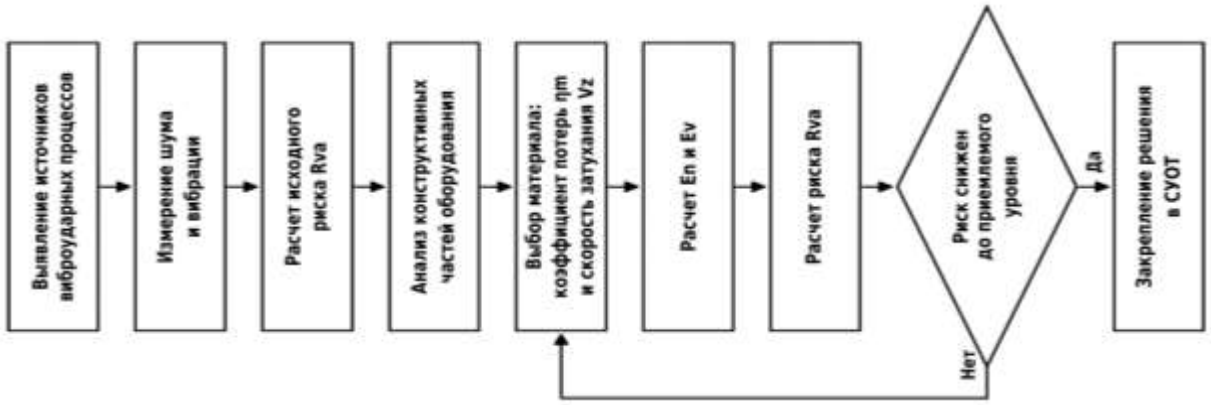
Мубрамии истифодаи чунин мавод бо он асоснок карда мешавад, ки дар корхонаҳои кӯҳию маъданӣ, металлургӣ, энергетикӣ ва таъмирию механикӣ қисми зиёди таъсири виброакустикӣ дар минтақаи манбаъ наменомад, балки тавассути конструксияҳои металлӣ: корпусҳои таҷҳизот, такягоҳҳо, ғилофҳо, чорчӯбаҳо, майдончаҳои хизматрасонӣ, асосҳои технологӣ паҳн мешавад. Чораҳои анъанавӣ (додани ВМИ ё маҳдуд кардани вақти будубош дар минтақаи хатарнок) дар чунин вазъ хавфро ба қадри кофӣ паст намекунанд. Аз ин рӯ, мавод ва конструксияҳое заруранд, ки ларзиш ва ғавғоро дар роҳҳои паҳншавии онҳо хомӯш мекунанд.

Маводи демпферкунанда дар асоси алюминийро ҳамчун воридаҳо, панелҳо, рӯйпӯшҳо, ғилофҳо, қистирмаҳо, қабатҳои фосилавӣ, лавҳаҳои виброизолятсиякунанда ва қисмҳои конструксияҳои омехта истифода мебаранд. Онҳо доманаи лаппишҳоро кам мекунанд, ларзишро ба конструксияҳои борбардор камтар интиқол медиҳанд, ғавғои сохториро паст мекунанд ва ғилофҳоро самараноктар мегардонанд.

Дар кор аз нуқтаи назари муҳандисӣ сабабҳои истифодаи хӯлаҳои алюминийӣ дар маводи виброакустодемпферкунанда асоснок карда шудаанд. Масалан, хӯлаҳои алюминийӣ зичии нисбатан хурд, мустаҳкамии кофии механикӣ, коркардпазирӣ, устувории зиддикоррозионӣ ва имконияти истифода дар ҳайати конструксияҳои бисёрқабата доранд. Ин имкон медиҳад, ки унсурҳои муҳофизатие таҳия карда шаванд, ки ба тачҳизот ва конструксияҳои сохтмонӣ сарбории иловагии аз ҳад зиёд эҷод намекунанд, вале дар айни замон қодиранд вазифаи вибродемпферкунӣ ва сустгардонии акустикиро иҷро кунанд.

Дар кор ба дурнамодор будани истифодаи чунин мавод дар ҳайати конструксияҳои бисёрқабатаи навъи «металл – қабати демпферкунанда – металл» ё «хӯлаи алюминийӣ – қабати виброҷаббкунанда – рӯйпӯши муҳофизатӣ» ишора шудааст [10-М]. Алюминий борро нигоҳ дошта, тақсим мекунад, қабати демпферкунанда қисми энергияи лаппишҳоро ба гармӣ табдил медиҳад – аз ин рӯ ларзиш ва ғавғо камтар мешаванд.

Дар кор алгоритме таҳия шудааст, ки барои арзёбии самаранокии истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар системаи идоракунии ҳифзи меҳнат истифода шуда, пайдарпайии амалҳоро аз ошкор кардани манбаъҳои равандҳои виброзарбавӣ то назорати такрорӣ ва ислоҳи қарорҳои қабулшуда инъикос мекунад (расми 5.3). Алгоритми мазкур имкон медиҳад, ки тавсифоти муҳандисии мавод – коэффитсиенти талафот η_m ва суръати хомӯшшавии садо V_z – бо нишондиҳандаи интегралии хавфи виброакустикӣ R_{va} алоқаманд карда шаванд.



Расми 5.3. – Алгоритми арзёбии самаранокии истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар системаи идоракунии ҳифзи меҳнат

Нақшаи пешниҳодшуда пайдарпайии амалҳоро оид ба ошкор кардани манбаъҳои омилҳои виброакустикӣ, арзёбии хавфи ибтидоӣ, интихоби воситаҳои коҳиш додани ғавғо ва ларзиш ва санҷиши минбаъдаи самаранокии қарорҳои қабулшуда инъикос мекунад. Он аз рӯйи принсипи таҳлили пайдарпай бо алоқаи бозгашт сохта шудааст, ки имкон медиҳад интихоби маводи муҳофизатӣ ва воситаҳои техникӣ то расидан ба сатҳи қобили қабули хавф ислоҳ карда шавад. Ҳамин тариқ, блок-нақша алгоритми итератсионии арзёбӣ ва идоракунии хавфи виброакустикиро дар истеҳсолот ифода мекунад. Бартарии асосии блок-нақша дар мавҷудияти алоқаи бозгашт аст, ки имкон медиҳад чорабиниҳои муҳофизатӣ то расидан ба меъёри муқарраршудаи қобили қабул будани хавф пай дар пай ислоҳ карда шаванд.

Бар хилофи равиши анъанавӣ, ки дар он чорабиниҳои муҳофизатӣ асосан аз рӯйи далели мавҷуд будани онҳо арзёбӣ мешаванд, нақшаи пешниҳодшуда имкон медиҳад, ки коҳиши воқеии хавф арзёбӣ карда шавад. Ин аз ҳисоби ба ҳисоб дохил кардани тавсифоти физикии мавод, ба монанди коэффитсиенти талафот η_m ва суръати хомӯшшавии садо V_z, ба даст оварда мешавад. Ҳамин тариқ, алгоритм имкон медиҳад, ки се сатҳи таҳқиқот: механикӣ, муҳандисӣ ва идоракунӣ бо ҳам алоқаманд карда шаванд. Дар сатҳи механикӣ қобилияти мавод дар пароканда кардани энергияи лаппишҳои виброзарбавӣ ба назар гирифта мешавад. Дар сатҳи муҳандисӣ ҳалли конструктивӣ барои қисмҳо ва гиреҳҳои тачҳизот интихоб карда мешавад. Дар сатҳи идоракунӣ натиҷа тавассути коҳиши хавфи интегралӣ ифода ёфта, дар системаи идоракунии ҳифзи меҳнат мустаҳкам карда мешавад.

Арзиши амалии нақша дар он аст, ки онро мутахассисони ҳифзи меҳнат ва хадамоти муҳандисию техникии корхонаҳои саноатӣ барои интихоби мавод, асоснок кардани навсозии тачҳизот ва арзёбии самаранокии чорабиниҳои муҳофизатии қабулшуда истифода бурда метавонанд. Хусусияти алгоритми пешниҳодшаванда мавҷудияти алоқаи бозгашт мебошад. Ин

маънои онро дорад, ки истифодаи мавод ҳамчун чорабинии якдафъаина баррасӣ намешавад. Пас аз ҳисоби хавфи боқимонда санҷиш гузаронида мешавад: агар хавф то сатҳи қобили қабул паст шуда бошад, қарор дар системаи идоракунии ҳифзи меҳнат мустаҳкам карда мешавад; агар хавф баланд боқӣ монад, ислоҳи конструксия, чораҳои иловагии муҳофизат ва интихоби такрории мавод гузаронида мешавад.

Дар кор қайд карда мешавад, ки «истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийӣ барои сохтани қисмҳои конструктивии таҷҳизот метавонад аз нуқтаи назари механикаи классикӣ асоснок карда шавад. Манбаи омилҳои виброакустикӣ дар бисёр амалиётҳои технологӣ равандҳои виброзарбавӣ мебошанд, ки ҳангоми бархӯрди қисмҳои мошинҳо, узвҳои корӣ, нимтайёрҳо, унсурҳои асбобу анҷом ва механизмҳо ба вуҷуд меоянд» [11-М Дар ин ҳолат энергияи зарба ба се самт сарф мешавад: як қисми он ба кори фоиданоки технологӣ меравад, як қисм ба лаппишҳои чандири конструксия мегузарад, як қисм дар мавод аз ҳисоби соиши дохилӣ ва демпферкунӣ пароканда мешавад.

Аз рӯйи қонуни бақои энергия энергияи таъсири мутақобилаи зарбавиро дар намуди зерин навиштан мумкин аст [33]:

$$E_{уд} = E_{п} + E_{к} + E_{р} + E_{зв} \qquad (5.5)$$

дар ин ҷо: $E_{уд}$ - энергияи зарба; $E_{п}$ – энергияе, ки ба раванди фоиданоки технологӣ сарф шудааст; $E_{к}$ – энергияи лаппишҳои чандири конструксия; $E_{р}$ – энергияе, ки мавод пароканда мекунад; $E_{зв}$ – энергияе, ки дар шакли лаппишҳои садоӣ шуоъафканӣ мешавад.

«Аз нуқтаи назари ҳифзи меҳнат ташкилдиҳандаҳои $E_{к}$ ва $E_{зв}$ аз ҳама номатлубанд, зеро якум ларзиши унсурҳои конструктивии таҷҳизотро ба вуҷуд меорад, дуюмӣ бошад, ғавғои истеҳсолиро ташаккул медиҳад. Пас, вазифаи муҳофизати виброакустикӣ аз он иборат аст, ки ҳиссаи энергияе, ки ба лаппишҳо ва ғавғо мегузарад, кам карда шуда, ҳиссаи энергияе, ки дар дохили мавод пароканда мешавад, зиёд карда шавад» [33].

Агар унсурҳои конструксия аз маводи дорои демпферкунии паст сохта шуда бошанд, пас аз зарба дар система лаппишҳои озоди дарозмуддат ба вуҷуд меоянд. Дар ҳолати соддатарин раванд бо муодилаи лаппишҳои хомӯшшаванда тавсиф карда мешавад:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t), \qquad (5.6)$$

дар ин ҷо: m – массаи унсури лаппанда; c – коэффитсиенти демпферкунӣ; k – сахтии система; F(t) – қувваи берунии зарбавӣ; x – ҷойивазкунӣ; $\dot{x}$ – суръат; $\ddot{x}$ – шитоб.

Аз ин муодила бармеояд, ки амплитудаи лаппишҳо на танҳо аз масса ва сахтии конструксия, балки аз коэффитсиенти демпферкунӣ низ вобаста аст. «Ҳар қадар коэффитсиенти демпферкунӣ $\boldsymbol{c}$ баландтар бошад, амплитудаи лаппишҳо пас аз зарба ҳамон қадар зудтар кам мешавад. Азбаски ларзиши ҷойҳои корӣ ва ғавғои сохторӣ бо лаппишҳои унсурҳои конструктивии таҷҳизот алоқаманданд, баланд бардоштани қобилияти демпферкунии мавод ба пастшавии сатҳи таъсири виброакустикӣ оварда мерасонад» [33].

Лаппишҳои хомӯшшавандаро бо ифодаи зерин нишон додан мумкин аст:

$$x(t) = A_0 e^{-\delta t}\cos(\omega_d t + \varphi), \qquad (5.7)$$

дар ин ҷо: A_0 – амплитудаи ибтидоии лаппишҳо; δ – коэффитсиенти хомӯшшавӣ; ω_d – басомади лаппишҳои хомӯшшаванда; φ – фазаи ибтидоӣ.

Аз ифода бармеояд, ки ҳангоми зиёд шудани коэффитсиенти хомӯшшавӣ δ амплитудаи лаппишҳо зудтар кам мешавад. Пас, маводи дорои қобилияти баландтари парокандасозии энергия давомнокӣ ва шиддатнокии вокуниши виброзарбавии конструксияро коҳиш медиҳад.

Коэффитсиенти талафот бо демпферкунӣ алоқаманд буда, ҳамчун тавсифи қобилияти мавод дар пароканда кардани энергияи механикӣ хизмат мекунад:

$$\eta_m = \frac{E_{р}}{E_{н}}, \qquad (5.11)$$

дар ин ҷо: η_m – коэффитсиенти талафоти мавод; $E_{р}$ – энергияе, ки дар як сикли лаппиш пароканда мешавад; $E_{н}$ – энергияе, ки ҳангоми деформатсия дар мавод ҷамъ шудааст.

Дар баробари ин, коэффитсиенти талафот нишон медиҳад, ки кадом қисми энергияи механикӣ дар шакли лаппишҳои чандир бар намегардад, балки дар дохили мавод пароканда мешавад. Ҳар қадар η_m калонтар бошад, барои барангехтани ларзиши конструксия пас аз зарба ҳамон қадар энергияи камтар боқӣ мемонад.

Барои равандҳои виброзарбавӣ ин қоида махсусан муҳим аст. Ҳангоми бархӯрди қисмҳои мошинҳо импулси кӯтоҳмуддати қувва ба вуҷуд меояд:

$$J = \int_{t_1}^{t_2} F\,(t)dt, \qquad (5.12)$$

дар ин ҷо: J – импулси қувва; F(t) – қувваи зарбавӣ; t_1, t_2 – аввал ва охири тамос.

Таҳлил нишон дод, ки ҳар қадар тамос сахттар ва демпферкунии мавод пасттар бошад, импулси қувва ҳамон қадар тезтар ва амплитудаи лаппишҳои бавуҷудоянда ҳамон қадар баландтар мегардад. Дар маводи дорои демпферкунии баланд қисми энергияи зарба пароканда мешавад, тамос камтар «ҷарангосзананда» мегардад ва вокуниши лаппишии конструксия кам мешавад.

Дар кор қайд карда мешавад, ки ғавғои сохторӣ вақте ба вуҷуд меояд, ки унсурҳои ларзандаи таҷҳизот ба муҳити атроф мавҷҳои садоиро шуоъафканӣ мекунанд. Ҳар қадар амплитуда ва суръати лаппишҳои сатҳ баландтар бошанд, энергияи садои шуоъафкандашуда ҳамон қадар зиёдтар аст.

Ба таври соддагардонидашуда инро чунин ифода кардан мумкин аст:

$$W_{зв} \sim v^2, \qquad (5.13)$$

дар ин ҷо: $W_{зв}$ – иқтидори садое, ки сатҳ шуоъафканӣ мекунад; v – суръати лаппишии сатҳ.

Азбаски суръати лаппишӣ бо амплитудаи ларзиш алоқаманд аст, коҳиши ларзиши унсурҳои конструктивӣ ба пастшавии ғавғои шуоъафкандашаванда оварда мерасонад. Аз ин рӯ, истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда ҳамзамон ба ду ташкилдиҳандаи хавф таъсир мерасонад: K_v – ташкилдиҳандаи ларзишӣ; K_n – ташкилдиҳандаи ғавғоӣ.

Агар дар таҳқиқот нишондиҳандаи суръати хомӯшшавии садо дар мавод V_z, ки бо дБ/с ифода шудааст, истифода шавад, онро ҳамчун тавсифи шиддатнокии камшавии вокуниши акустикӣ пас аз таъсири виброзарбавӣ шарҳ додан мумкин аст.

Дар ин ҳолат коҳиши сатҳи садо дар давоми вақти $\boldsymbol{\tau}$ бо ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$\Delta L_m = V_z\tau, \qquad (5.14)$$

дар ин ҷо: ΔL_m – коҳиши сатҳи садо, дБ; V_z – суръати хомӯшшавии садо дар мавод, дБ/с; τ – вақти хоси хомӯшшавӣ, с.

Дар кор ошкор карда шуд, ки агар пас аз зарба садо зудтар хомӯш шавад, давомнокии таъсири акустикӣ ба корманд кам мешавад. Барои амалиётҳои дорои зарбаҳои такроршаванда ин муҳим аст, зеро сарбории умумии акустикӣ ҳам аз сатҳи ҳадди аксари ғавғо ва ҳам аз вақти нигоҳ дошта шудани он вобаста аст.

Ҳангоми коҳиши хавф тавассути R_{va}, бо назардошти қонунҳои механика таъсири маводро тавассути коҳиши коэффитсиентҳои таъсири ғавғо ва ларзиш ифода кардан мумкин аст:

$$K_v^{\text{после}} = K_v^{\text{до}}(1 - \lambda_v E_v), \qquad (5.15)$$

$$K_n^{\text{после}} = K_n^{\text{до}}(1 - \lambda_n E_n), \qquad (5.16)$$

дар ин ҷо: $K_v^{\text{до}}$, $K_n^{\text{до}}$ – коэффитсиентҳои таъсири ларзиш ва ғавғо то истифодаи мавод; $K_v^{\text{после}}$, $K_n^{\text{после}ft er}$ – коэффитсиентҳо пас аз истифодаи мавод; λ_v, λ_n – коэффитсиентҳои амалишавии эффект дар конструксияи мушаххас; E_v – самаранокии вибродемпферкунии мавод; E_n – самаранокии акустикии мавод.

Самаранокии вибродемпферкунии мавод тавассути коэффитсиенти талафот муайян карда мешавад:

$$E_v = \frac{\eta_m - \eta_{min}}{\eta_{max} - \eta_{min}}, \qquad (5.17)$$

самаранокии акустикӣ бошад – тавассути суръати хомӯшшавии садо:

$$E_n = \frac{V_z\tau}{\Delta L_ц}, \qquad (5.18)$$

Дар кор қайд карда мешавад, ки самаранокии маводи вибродемпферкунанда дар амалияи муҳандисӣ тавассути қобилияти онҳо дар пароканда кардани энергияи механикии лаппишҳо арзёбӣ карда мешавад. Дар ин ҷо «параметри асосӣ коэффитсиенти талафот η мебошад, ки дар усулҳои стандартикунонидашудаи санҷиши маводи вибродемпферкунанда истифода мешавад. Масалан, ASTM E756 муайян кардани коэффитсиенти талафот, модули Юнг ё модули лағжиши маводеро пешбинӣ мекунад, ки барои ларзиши сохторӣ, акустикаи сохтмонӣ ва назорати ғавғои шунидашаванда истифода мешаванд» [45]. Дар заминаи меъёрии

русзабон коэффитсиенти талафот инчунин ҳамчун тавсифи маводи часпакию чандир ва демпферкунанда баррасӣ мешавад, ки нисбати талафоти энергияро ба энергияи ҳангоми деформатсия захирашаванда инъикос мекунад.

Бо назардошти ин, пешниҳод карда мешавад, ки эффекти маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийӣ тавассути коҳиши ташкилдиҳандаҳои ғавғоӣ ва ларзишии хавфи интегралӣ ба ҳисоб гирифта шавад. Ин ба моҳияти физикии демпферкунӣ мувофиқат мекунад: мавод пеш аз ҳама ба интиқоли лаппишҳои механикӣ ва ғавғои сохторӣ таъсир мерасонад.

Он гоҳ хавфи интегралӣ пас аз истифодаи мавод чунин муайян карда мешавад:

$$R_{va}^{\text{после}} = w_1 K_n^{\text{до}}(1 - \lambda_n E_n) + w_2 K_v^{\text{до}}(1 - \lambda_v E_v) + w_3 K_t + w_4 K_e + w_5 K_s. \qquad (5.19)$$

ё дар намуди васеъ:

$$R_{va}^{\text{после}} = w_1 K_n \left(1 - \lambda_n \frac{V_z \tau}{\Delta L_{\text{ц}}}\right) + w_2 K_v \left(1 - \lambda_v \frac{\eta_m - \eta_{min}}{\eta_{max} - \eta_{min}}\right) + w_3 K_t + w_4 K_e + w_5 K_s \qquad (5.20)$$

ҳангоми риояи шартҳои зерин: $0 \le E_n \le 1, 0 \le E_v \le 1, 0 \le \lambda_n \le 1, 0 \le \lambda_v \le 1$

Истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийӣ барои сохтани қисмҳои конструктивии таҷҳизот бо қонунҳои механикаи равандҳои виброзарбавӣ асоснок карда шудааст. Ҳангоми бархӯрди қисмҳои мошинҳо ва механизмҳо энергияи зарба қисман ба лаппишҳои чандири конструксия ва ғавғои сохторӣ мегузарад. Ин лаппишҳо тавассути корпусҳо, чорчӯбаҳо, такягоҳҳо, ғилофҳо ва дигар унсурҳои таҷҳизот паҳн шуда, таъсири виброакустикиро дар ҷойҳои корӣ ташаккул медиҳанд.

Тибқи қонуни бақои энергия, коҳиши ларзиш ва ғавғо аз ҳисоби зиёд кардани ҳиссаи энергияе, ки дар мавод пароканда мешавад, имконпазир аст. Коэффитсиенти талафот (η_m) қобилияти маводро дар табдил додани энергияи механикии лаппишҳо ба талафоти дохилӣ тавсиф карда, бо ҳамин амплитуда ва давомнокии вокуниши виброзарбавиро кам мекунад. Суръати хомӯшшавии садо V_z, ки бо дБ/с ифода шудааст, шиддатнокии сустшавии вокуниши акустикиро пас аз таъсири зарбавӣ тавсиф мекунад.

Дар кор дақиқ карда шудааст, ки маводи дорои коэффитсиенти баланди талафот ва суръати бештари хомӯшшавии садо имкон медиҳанд, ки энергияе, ки ба ларзиш ва ғавғои сохторӣ мегузарад, кам карда шавад. Ин ба коҳиши коэффитсиентҳои K_v ва K_n дар модели интегралии арзёбии хавфи виброакустикӣ оварда мерасонад. Аз ин рӯ, истифодаи чунин мавод дар қисмҳои конструктивии таҷҳизот на танҳо аз ҷиҳати техникӣ, балки аз ҷиҳати механикӣ низ воситаи асосноки муҳофизати кормандон аз таъсири омилҳои виброакустикӣ мебошад.

Ҳамин тариқ, аз нуқтаи назари механика самаранокии маводи виброакустодемпферкунанда бо он шарҳ дода мешавад, ки онҳо: амплитудаи лаппишҳоро пас аз зарба кам мекунанд; суръати хомӯшшавии ларзиш ва садоро зиёд мекунанд; ҳиссаи энергияи парокандашавандаро баланд мебардоранд; ғавғои сохториро кам мекунанд; интиқоли ларзишро ба ҷойҳои корӣ паст мекунанд; нишондиҳандаи интегралии хавф R_{va}-ро кам мекунанд. Маҳз ҳамин имкон медиҳад, ки чунин мавод ба таври асоснок ба системаи воситаҳои муҳандисии муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ дар корхонаҳои саноатӣ дохил карда шавад.

Усули пешниҳодшудаи арзёбии самаранокии маводи виброакустодемпферкунанда тавассути нишондиҳандаи R_{va} асоснокии амалӣ дорад. Дар амалияи муҳандисӣ ва меъёрӣ тавсифоти маводи виброакустодемпферкунанда тавассути коэффитсиенти талафот, модули комплексии чандирӣ, хосиятҳои динамикӣ ва коҳиши воқеии ғавғо ва ларзиш арзёбӣ мешаванд ва дохил кардани параметрҳои E_n ва E_v ба модели интегралии хавф аз ҷиҳати методӣ асоснок мебошад.

Дар баробари ин, нишондиҳандаи $\boldsymbol{R_{va}}$-ро бояд ҳамчун модели мутобиқгардонидашуда баррасӣ кард, ки барои арзёбии самаранокии воситаҳои муҳандисии муҳофизат дар системаи идоракунии ҳифзи меҳнат пешбинӣ шудааст. Бартарии он дар он аст, ки он тавсифоти физикии мавод – коэффитсиенти талафот, сустшавии акустикӣ, ғафсии қабат ва амалисозии конструктивиро – бо нишондиҳандаи идоракунии коҳиши хавфи касбӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои саноатӣ алоқаманд мекунад.

Дар СИҲМ истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийӣ ба чорабиниҳои сатҳи муҳандисӣ мансуб аст.

Дар иерархияи чорабиниҳои идоракунии хавф чунин қарорҳо аз ВМИ болотар меистанд, зеро онҳо таъсирро дар манбаъ ё дар роҳи паҳншавии омили зараровар коҳиш медиҳанд. Ин

махсусан барои таҷҳизоте муҳим аст, ки дар он ғавғо ва ларзиш дар худи технология ниҳода шудаанд ва бо чораҳои ташкилӣ пурра бартараф карда намешаванд.

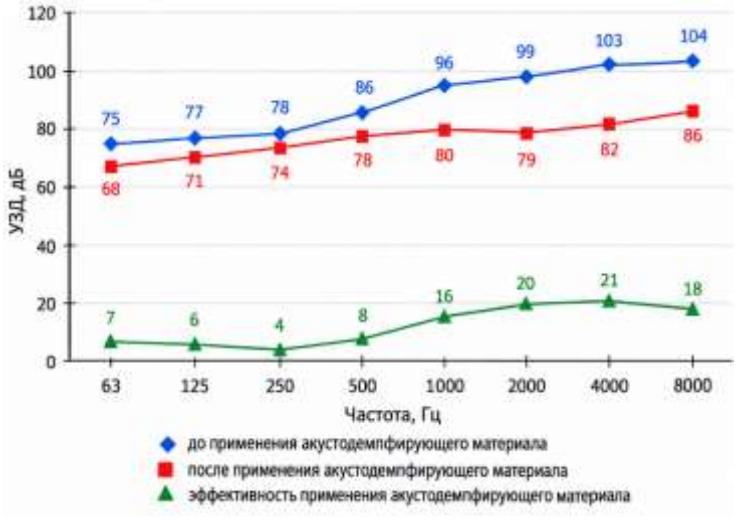
Дар корхонаҳои саноатии Тоҷикистон маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминиӣ дар як қатор объектҳо татбиқпазиранд (ҷадвали 5.12).

Ҷадвали 5.11. – Истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар корхонаҳои саноатӣ

Объекти истифода	Ҳалли имконпазири конструктивӣ	Эффекти интизоршаванда
Дастгоҳҳои майдакунӣ	Панелҳои демпферкунанда, воридаҳои виброизолятсиякунанда, рӯйпӯши ғилофҳо	Коҳиши ғавғои сохторӣ ва ларзиши корпус
Ғалберҳои ларзишӣ	Унсурҳои демпферкунанда дар такягоҳҳо ва чорчӯбаҳо	Сустшавии интиқоли ларзиш ба майдончаҳои хизматрасонӣ
Компрессорҳо ва насосҳо	Қистирмаҳо ва ғилофҳои вибродемпферкунанда	Коҳиши ларзиши асос ва ғавғои агрегат
Дастгоҳҳои вентилятсионӣ	Воридаҳои демпферкунанда дар ҳавогузарҳо ва корпусҳо	Кам кардани ғавғо ва ларзиши пастбасомад
Дастгоҳҳои нӯрдкунӣ	Панелҳои демпферкунанда ва иҳотаҳои муҳофизатӣ	Сустшавии ларзиши конструксияҳои металлӣ
Ролгангҳо	Роликҳои демпферкунанда	Коҳиши ғавғо ва ларзиш ҳангоми интиқоли мавод
Панҷараҳои зарбавии чудокунӣ	Асосҳои амортизатсионӣ ва рӯйпӯшҳои демпферкунанда	Коҳиши ғавғои зарбавӣ ва ларзиш
Асбобҳои пневматикӣ	Дастаҳо ва воридаҳои демпферкунанда	Коҳиши ларзиши маҳаллӣ ба дастҳои корманд

Дар системаи идоракунии ҳифзи меҳнат истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийиро бояд ҳамчун чорабинии сатҳи муҳандисӣ баррасӣ кард. Аз рӯйи иерархияи чораҳои идоракунии хавф чунин қарорҳо нисбат ба воситаҳои муҳофизати инфиродӣ афзалияти баландтар доранд, зеро онҳо ба коҳиш додани таъсир дар манбаъ ё дар роҳи паҳншавии омили зараровар нигаронида шудаанд.

Истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда имкон медиҳад, ки коэффитсиенти таъсири ғавғо K_n, коэффитсиенти таъсири ларзиш K_v, инчунин қисман коэффитсиенти нокифоягии воситаҳои муҳофизат K_s паст карда шаванд, зеро сатҳи муҳофизати дастаҷамъии муҳандисии ҷои корӣ баланд мешавад. Дар баъзе ҳолатҳо аз ҳисоби коҳиши сарбориҳои динамикӣ ҳолати техникии таҷҳизот низ метавонад беҳтар шавад, ки ин дар коэффитсиенти K_e инъикос меёбад.



Расми 5.5. – Вобастагии басомадии сатҳи фишори садои конструксияи ролики ролганг

Пас аз таҳлили натиҷаҳо барои муайян кардани самаранокии хӯлаҳои таҳқиқшаванда ҳамчун маводи акустодемпферкунанда барои коҳиш додани ғавғо ва ларзиш онҳоро дар роликҳои ролганг барои интиқоли маснуоти металлӣ санҷиданд. Маълум аст, ки ғавғо ҳангоми интиқоли маҳсулоти нӯрдшуда ҳангоми бархӯрди он бо роликҳои ролганг ба вуҷуд меояд ва бо назардошти ин фишори садоро дар диапазони басомадҳои 63–8000 Гс чен карданд (расми 5.5).

Таҳлили муқоисавии маълумоте, ки ҳангоми санҷишҳо ба даст оварда шуд (расми 5.5), нишон дод, ки «конструксияи ролики ролганг, ки бо истифодаи маводи акустодемпферкунанда сохта шудааст, коҳиши сатҳи ғавғоро дар басомадҳои меъёршаванда, бартаран дар басомадҳои баланд, ба андозаи 16–21дБ таъмин мекунад, ки ин барои ролгангҳо ҳангоми интиқоли маҳсулоти нӯрдшуда хос аст» [25–М].

Бо назардошти хусусиятҳои корхонаҳои саноатии Тоҷикистон дар кор ба истифодаи маводи виброакустодемпферкунанда дар асоси хӯлаҳои алюминийӣ диққати махсус дода шудааст. Истифодаи онҳо имкон медиҳад, ки интиқоли ларзиш аз таҷҳизот ба майдончаҳои корӣ паст карда, ғавғои сохторӣ кам ва самаранокии системаи муҳофизати кормандон аз омилҳои виброакустикӣ баланд бардошта шавад. Ҷорӣ намудани модели пешниҳодшуда имкон медиҳад, ки як қатор натиҷаҳо ба даст оварда шаванд.

Якум, ранжиркунии объективонатари ҷойҳои корӣ аз рӯйи сатҳи хавфи виброакустикӣ таъмин карда мешавад, ки имкон медиҳад захираҳои корхона пеш аз ҳама ба қитъаҳои хатарноктарин равона карда шаванд. Дуюм, ҳисоби нишондиҳандаи интегралии R_{va} имкон медиҳад, ки натиҷаҳои ченкуниҳо бо қарорҳои идоракунӣ алоқаманд карда шаванд. Хадамоти ҳифзи меҳнат метавонад зарурати насби ғилофҳои зиддиғавғоӣ, асосҳои виброизолятсиякунанда, экранҳои акустикӣ ва навсозии таҷҳизотро асоснок кунад. Сеюм, ба ҳисоб гирифтани ҳолати техникии таҷҳизот имкон медиҳад, ки ҳифзи меҳнат бо системаи хизматрасонии техникӣ ва таъмир алоқаманд карда шавад. Ин махсусан барои корхонаҳои саноатие муҳим аст, ки дар онҳо фарсудашавии таҷҳизот яке аз сабабҳои афзоиши ғавғо ва ларзиш мебошад. Чорум, арзёбии такрории хавф пас аз ҷорӣ намудани чорабиниҳо имкон медиҳад, ки самаранокии воқеии қарорҳои муҳофизатӣ муайян карда, равиши расмӣ ба ҳифзи меҳнат истисно карда шавад.

Ҳамин тариқ, истифодаи арзёбии интегралии хавфи виброакустикӣ имкон медиҳад, ки объективии арзёбии шароити меҳнат баланд бардошта шавад, ранжиркунии асосноки ҷойҳои корӣ аз рӯйи дараҷаи хатарнокӣ таъмин гардад ва самтҳои афзалиятноки чорабиниҳои муҳофизатӣ муайян карда шаванд. Ба ҳисоб гирифтани ҳолати техникии таҷҳизот ва арзёбии такрории хавф пас аз ҷорӣ намудани қарорҳои муҳофизатӣ робитаи мутақобилаи ҳифзи меҳнатро бо системаи хизматрасонии техникӣ ва таъмир таъмин намуда, инчунин имкон медиҳанд, ки самаранокии воқеии чораҳои андешидашуда арзёбӣ карда шавад. Дар маҷмӯъ, равиши пешниҳодшаванда ба такмили системаи идоракунии хавфҳои касбӣ, коҳиши таъсири ғавғо ва ларзиш ба кормандон ва баланд бардоштани бехатарии равандҳои истеҳсолӣ мусоидат хоҳад кард.

ХУЛОСАҲОИ УМУМӢ

1. Саноат муҳимтарин соҳаи иқтисоди миллии Тоҷикистон ва омили калидии ҳалли вазифаҳои иҷтимоию иқтисодии кишвар мебошад. Шароити бехатар ва бароҳати меҳнат ба вазифаҳои аввалиндараҷаи ташкили истеҳсолоти муосир дохил мешаванд, зеро аз сифати муҳити корӣ ҳосилнокии меҳнат, осеббинӣ ва беморшавии касбӣ бевосита вобастаанд.

2. Омилҳои виброакустикӣ (ғавғо ва ларзиш) таъсироти зараровари истеҳсолии аз ҳама паҳншуда мебошанд. Онҳо қобилияти кории касбии кормандонро беш аз 50% (тибқи маълумоти таҳқиқот – то $\approx 53\%$) коҳиш медиҳанд. Таъсири дарозмуддати ин омилҳо ба инкишофи вазнингӯшии нейросенсорӣ ва дигар патологияҳои касбӣ оварда мерасонад.

3. Воситаи самараноки муҳофизат аз омилҳои виброакустикӣ маводи виброакустодемпферкунанда мебошанд, ки ғавғо ва ларзишро бевосита дар манбаъ, яъне дар равандҳои виброзарбавӣ ҳангоми бархӯрди қисмҳои мошинҳо ва механизмҳо коҳиш медиҳанд.

4. Вазъи виброакустикӣ дар ҷойҳои кории корхонаҳои мошинсозӣ, соҳаҳои кӯҳию маъданӣ ва металлургӣ асосан аз ҷониби равандҳои зарбавию ларзишӣ ташаккул меёбад, ки кори таҷҳизоти технологиро дар марҳилаҳои гуногуни коркарди мавод ҳамроҳӣ мекунанд.

5. Маводи дурнамодори виброакустодемпферкунанда хӯлаҳои рехтагарии системаҳои Al–Si ва Al–Si–Sr, хӯлаҳои деформатсияшавандаи Al–Zn–Mg ва Al–Zn–Mg–MH3, инчунин композитҳои бисёрқабатаи дар асоси онҳо сохташуда мебошанд. Интихоби ин системаҳо бо хосиятҳои физикию кимиёвӣ, механикӣ ва технологии онҳо, инчунин бо хусусияти таъсири мутақобилаи байникомпонентӣ асоснок карда мешавад.

6. Моделсозии манбаъҳои ғавғо ва усулҳои барангехтани лаппишҳо дар асоси қонунҳои монандӣ имкон дод, ки методикаҳои нави таҳқиқи хосиятҳои демпферкунии хӯлаҳо таҳия карда шаванд. Онҳо бархӯрди қисмҳоро ба таври мувофиқ такрор намуда, дар ин бобат аз усулҳои анъанавии ченкунӣ, ки табиати виброзарбавии омилҳоро ба назар намегиранд, бартарӣ доранд.

7. Тавсифоти виброакустодемпферкунии системаҳои металлӣ пеш аз ҳама бо таркиби кимиёвӣ ва консентратсияи элементҳои легиркунанда ва модификатсиякунанда муайян карда мешаванд; реҷаҳои коркарди технологӣ ва термикӣ низ саҳми назаррас мегузоранд.

8. Истифодаи хӯлаҳои деформатсияшавандаи Al–Zn–Mg дар ҳайати композитҳои бисёрқабата қобилияти диссипативии онҳоро баланд мебардорад. Баландшавии вибродемпферкунӣ бо парокандашавии дохилии энергияи лаппишҳои механикӣ дар қабатҳо ва дар сарҳадҳои тамос аз ҳисоби ташаккули пайвастҳои фазаи сахт асоснок карда мешавад.

9. Зарурати гузариш аз назорати анъанавии омилҳои виброакустикӣ ба модели ба хавф нигаронидашуда, ки параметрҳои ғавғо ва ларзиш, экспозитсия, ҳолати техникии таҷҳизот ва самаранокии воқеии воситаҳои муҳофизати инфиродӣ ва дастаҷамъиро ба назар мегирад, асоснок карда шуд.

10. Модели алгоритмии такмили системаи идоракунии ҳифзи меҳнат (СИҲМ) дар асоси сикли байналмилалии PDCA таҳия карда шуд. Он ошкор кардани манбаъҳои омилҳо, назорати асбобӣ, ҳисоби хавф, ранжиркунии ҷойҳои корӣ, интихоб ва ҷорӣ намудани чорабиниҳои муҳофизатиро бо аудити минбаъда дар бар мегирад.

11. СИҲМ-и пешниҳодшуда бо блоки арзёбии миқдории хавфи виброакустикӣ ва воситаҳои муҳандисии муҳофизат дар асоси хӯлаҳои демпферкунанда ба шароити корхонаҳои Тоҷикистон мутобиқ карда шудааст. Он сикли пурраи идоракуниро таъмин мекунад: аз муайян кардани сиёсат ва арзёбии хавфҳо то банақшагирӣ, мониторинг ва такмили бефосилаи шароити меҳнат.

РӮЙХАТИ АДАБИЁТ

[1]. Эмомали Рахмон. Об основных направлениях внутренней и внешней политики Республики Таджикистан // Послание Президента Республики Таджикистан Маджлиси Оли Республики Таджикистан от 26 декабря 2018 г. – Душанбе, 2018. – 44 с.

[2]. Эмомали Рахмон. Об основных направлениях внутренней и внешней политики Республики Таджикистан // Послание Президента Республики Таджикистан Маджлиси Оли Республики Таджикистан от 21 декабря 2021 г. – Душанбе, 2021. – 47 с.

[3]. Национальная стратегия развития Таджикистана на период до 2030 г. // Утверждено Постановлением Маджлиси намояндагон Маджлиси Оли Республики Таджикистан от 1 декабря 2016 г., №636. – Душанбе, 2016. – 86 с.

[4]. Программа ускоренной индустриализации Республики Таджикистан на 2020–2025 гг. // Утверждено Постановлением правительство Республики Таджикистан от 27 мая 2020 г., №293. – Душанбе, 2020 г. – 64 с.

[5]. Промышленность в странах Содружества Независимых Государств // Статистический сборник. – М.: Межгосударственный статистический комитет СНГ, 2025. – 337 с. – URL: https://new.cisstat.org/322 (дата обращения: 15.06.2025).

[6]. Статистический ежегодник Республики Таджикистан // Статистический сборник. – Душанбе, Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, 2025. – 442 с.

[7]. Трудовой кодекс Республики Таджикистан // принят Законом от 23 июля 2016 года, № 1329 – Душанбе, 2016. – 88 с.

[8]. Хакдодов М.М. Металлическая композиция с демпфирующим слоем из сплавов, обладающих эффектом сверхпластичности // Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов: Сборник трудов международной конференции – М.: Знание, 2000 г.

[9]. Фавстов Ю.К. Шульга Ю.Н., Рахштадт А.Г. Металловедение высокодемпфирующих сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 271 с.

[10]. В.В. Матвеев, Г.Я. Ярославский, Б.С. Чайковский и др. Сплавы высокого демпфирования на медной основе. – Киев: Наукова думка, 1986. – 208 с.

[11]. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. – М.: Металлургия, 1979. – 352 с.

[12]. Яковлев А.П. Диссипативные свойства неоднородных материалов и систем. – Киев.: Наукова думка, 1985. – 248 с.

[13]. Писаренко Г.С. Рассеяние энергии при механических колебаниях. – Киев.: Изд. АН УССР, 1962. – 234 с.

[14]. А. Ф. Белова и Ф. И. Квасова и др. Производство полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1985. – 352 с.

[15]. Альтман М.Б., Андреева Г.Н., Арбузов Ю.П. и др. Применение алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия. 1985. 344 с.

[16]. Алиева С.Г., Альтман М.Б., Амбарцумян С.М. и др. Промышленные алюминиевые сплавы. – М.: Металлургия. 1984. 528 с.

[17]. Белов С.В., Бринза В.Н., Векшин Б.С. и др. Безопасность производственных процессов. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.

[18]. Заборов В.И., Клячко Л.Н., Росин Г.С. Защита от шума и вибрации в чёрной металлургии. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1988. – 216 с.

[19]. Дриц М. Е., Рохлин Л. Л., Рючина Г. В. Исследование демпфирующей способности магниевых сплавов систем Mg-Y и Mg-Y-Mn // Проблемы прочности**. –** 1972**. –** № 6**. –** С. 48–51**.**

[20]. Просвирин В.И., Маргунов Н.Н. – «Труды ЦНИИТмаш» М.: Машгиз, 1952, кн.: 49 – С. 37–40.

[21]. Службы по государственному надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору при Правительстве Республики Таджикистан // Информационный бюллетень – Душанбе, 2024 – 236 с.

[22]. Б.М. Злобинский, Н.И. Дрейман, Ю.А. Климов, Е.С. Пименов. Борьба с шумом в чёрной металлургии. – Киев: Техніка, 1973. – 200 с.

[23]. Кедрова Е. И. Модель виброакустической динамики подающих вальков приводных роликовых конвейеров. // Журнал Noise Theory and Practice. – Санкт-Петербург, 2024. – С. 38–45.

[24]. Медведь Р. А., Соловьев Р. В. Производственный шум и борьба с ним. – Горький: Волго–Вятское книжное издательство, 1977. – 127 с.
[25]. Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов, И.В. Горенштейн и др. Борьба с шумом на производстве. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
[26]. Хакдодов М.М. Устройство для исследования акустодемпфирующих свойств металлических материалов // Малый патент Республики Таджикистан № 0700158 от 11.12.2007. – Бюл. № 49 (1), 2008.
[27]. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
[28]. В.Н. Бринза, Ю.Л. Зарапин и др. Ролик рольганга, преимущественно прокатного стана: // А. с. 638392 СССР /– Опубл. 25.12.1978, Бюл. № 47.
[29]. Ролик рольганга: патент Украины № 95062854 / А.И. Буря, А.А. Буря, Н.Я. Попов и др. – Бюл. № 7, 2001.
[30]. Глинкин А.С. Моделирование шумообразования несущей системы рольганговых механизмов. Журнал Noise Theory and Practice. – Санкт-Петербург, 2022. С. 59–68.
[31]. А.И. Буря, А.А. Буря, Н.Я. Попов и др. Ролик рольганга // Патент Украины № 95062854 / – Бюл. № 7, 2001.
[32]. Артоболевский И.И., Бобровницкий Ю.И., Генкин М.Д. Введение в акустическую динамику машин. – М.: Наука, 1979. – 296 с.
[33]. Писаренко Г.С., Матвеев В.В., Яковлев А.П. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов: справочник. – Киев: Наукова думка, 1971. – 190 с.
[34]. Курбанов Х.К., Хакдодов М.М., Курбанов Б. и др. Новый способ изготовления труб // Известия АН Таджикской ССР. – 1982. – № 4. – С. 103–108.
[35]. Способ изготовления изделий типа оболочек на стержневых заготовках и матрица для его осуществления: а. с. 1016011 СССР / М.М. Хакдодов и др. – Опубл. 07.05.1983, Бюл. № 17.
[36]. Курбанов Х.К., Хакдодов М.М., Рахматов С.Т. и др. Способ изготовления полых деталей с двойной стенкой // Известия АН Таджикской ССР. – 1986. – № 2. – С. 124–125.
[37]. Хакдодов М.М. Разработка акустодемпфирующих композиционных материалов: монография. – Душанбе, НПИЦентр, 2014. – 153 с.
[38]. ГОСТ Р ИСО 45001–2020. Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению. – М.: Стандартинформ, 2020. – 40 с.
[39]. ГОСТ Р ИСО 31000–2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. – М.: Стандартинформ, 2020. – 20 с.
[40]. ISO 31000:2018. Risk management – Guidelines. – 2nd ed. – Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2018. – 16 p.
[41]. Файнбург Г. З. Методы оценки профессионального риска и их практическое применение // Безопасность и охрана труда. – 2020. – № 2(83), – С. 25–41.
[42]. IEC 61882:2016. Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide. – 2nd ed. – Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission (IEC), 2016. – 124 p.
[43]. Головин С.А., Пушкар А.А., Левин Д.М. Упругие и демпфирующие свойства конструкционных металлических материалов. – М.: Металлургия, 1987. – 190 с.
[44]. ASTM E756-05(2017). Standard Test Method for Measuring Vibration-Damping Properties of Materials. – West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2017. – 14 p.
[45]. Об обеспечении санитарно-эпидемиологической безопасности населения: Закон Республики Таджикистан от 8 декабря 2003 года № 49 (с изменениями и дополнениями по состоянию на 22 июля 2013 года). – Душанбе, 2003.
[46]. Об охране окружающей среды: Закон Республики Таджикистан от 2 августа 2011 года № 760 (с изменениями и дополнениями). – Душанбе, 2011.
[47]. Вахобов А.В., Ганиев И.Н. Джураев Т.Дж. Стронций – эффективный модификатор силуминов. // Литейное производство. Москва, 2000. – № 5. – С. 28–29.
[48]. Ганиев И.Н., Пархутик П.А., Вахобов А.В. и др. Модифицирование силуминов стронцием. – Минск: Наука и техника, 1985. – 143 с.
[49]. Вахобов А.В., Ганиев И.Н. Диаграммы состояния двойных и тройных систем с участием бария и стронция. – Душанбе: Дониш, 1992. – 296 с.

[50]. Гохштейн М.Б., Васильева Л.С. О механизме модифицирования силуминов. – М.: Металловедение и термическая обработка металлов, 1970. № 7, – С. 42.
[51]. Фридляндер И.Н. Высокопрочные деформируемые алюминиевые сплавы. – М.: Оборонгиз, 1960. – 291 с.
[52]. Елагин В.И., Захаров В.В., Дриц А.М. Структура и свойства сплавов системы Al–Zn–Mg. М.: Металлургия, 1982. – 222 с.
[53]. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018. – 41 p.
[54]. ILO–OSH 2001. Guidelines on occupational safety and health management systems. – Geneva: International Labour Office, 2001. – 27 p.
56. Brown S.M. Sound and Vibration, 1977, v. 11, №4, p.28-33.
57. Kaufman J.G., Material Design Engineering, 1962, v.56 N2, p. 104-105.

ИНТИШОРОТ АЗ РӮЙИ МАВЗӮИ ДИССЕРТАТСИЯ

1. Мақолаҳое, ки дар мачаллаҳои тақризшавандаи тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд

[1-М]. **Одиназода Б.Н. В**иброакустодемпфирующие свойства модифицированных литейных алюминиевых сплавов системы Ai-Si / Одиназода Б.Н., Хакдод М.М // Фуруги илм. Бахши "илмҳои табиӣ – риёзӣ" 2 (10). 2026, С. 20–27.
[2-М]. **Одиназода Б.Н.** Оценка виброакустических факторов на рабочих местах промышленных предприятий и причины их возникновения / Одиназода Б.Н. // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество №1 (13) 2026, – С. 65–71. ISSN 3105-7098.
[3-М]. **Одиназода Б.Н.** Современное состояние промышленности и улучшение условий охраны труда на предприятиях / Одиназода Б.Н., Хакдодов А.М.// Вестник Технологического университет Таджикистана. – 2026. – №1 (64). – С. 57–65. – ISSN 2707-8000.
[4-М]. **Одиназода Б.Н.** Моделирование виброакустических процессов в рольганговых механизмах. / Одиназода Б.Н., Хакдодов М.М., Хакдод М.М. // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество №1 (13) 2026. – С. 11–16. ISSN 3105-7098.
[5-М]. **Одиназода Б.Н.** Об усовершенствовании методики исследования акустодемпфириющих свойств металлов и сплавов. / Одиназода Б.Н., Хакдодов М.М., Хакдод М.М. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования №4 (72) 2025, – С. 27–31. ISSN 2520–2227.
[6-М]. **Одиназода Б.Н.** Анализ условий труда и оценки виброакустических факторов в промышленности/ Одиназода Б.Н., Хакдодов А.М., Хакдод М.М.// Вестник Технологического университет Таджикистана. – 2024. – №3 (58). – С. 67–74. – EDN JTBHNX.
[7-М]. Хакдод М.М. Моделирование процесса шумообразования при соударении деталей машин и методика исследования акустодемпфирующих свойств материалов. / Хакдод М.М., **Одиназода Б.Н.,** Бозоров Ш.А. // Политехнический вестник. Серия: Металлургия и материаловедения. №2 (62), 2023. – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023. – С. 99-104, ISSN 2520-2227.
[8-М]. Хакдод М.М. Обеспечение экологической безопасности при воздействии виброакустических факторов на производстве. / Хакдод М.М., **Одиназода Б.Н.** //Научно-практический журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ том 3, №2, – Душанбе: – 2023г. – С. 146-153. ISSN 2789–0953.
[9-М]. Хакдодов М.М. Влияние пластической деформации и термической обработки на акустодемпфирующие и механические свойства многокомпонентных алюминиевых сплавов. / Хакдодов М.М., **Одинаев Б.Н.,** Вазиров Н.Ш. // Вестник Таджикского технического университета. – Душанбе. ТТУ имени акад. М.С. Осими. 2008. – №2 (2). – С. 48-52.
[10-М]. **Одиназода Б.Н.** Методика расчета технологических и энергосиловых параметров при прокатке в скрещенных валках. /Одиназода Б.Н. // Политехнический вестник. Серия: Металлургия и материаловедения. №2 (62), 2023. – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023. – С. 95-98, ISSN 2520-2227.

[11-М]. Нажмудинов Ш.З. Исследование параметров перспективного гидромеханического привода горных машин с вращательным рабочим органом / Нажмудинов Ш.З., **Одиназода Б.Н.** // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования №1 (69) 2025, ISSN 2520–2227. С. 79–83.
[12-М]. **Одиназода Б.Н.** Моделирование закономерностей изменения показателей процесса пластического течения металла при прокатке высоких полос в скрещенных валках / Одиназода Б.Н., Бозоров Ш. А., Саидов М.Х. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. Металлургия и материаловедения. №2 (50), 2020. – С. 131-139, ISSN 2520-2227.
[13-М]. Бозоров Ш. А. Вероятностная математическая модель поверхностного дефектообразования металла с учётом влияния факторов режима обжатий / Бозоров Ш. А., **Одиназода Б.Н.,** Саидаи Дж., Хакдод М.М., Саидов М.Х. // Вестник Педагогического университета Таджикистана. Серия естественных наук. №1–2 (5-6), 2020. – С. 120–127. ISSN 2219-5408.

2. Мақолаҳое, ки дар маводи конференсияҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашр шудаанд

[14-М]. **Одиназода Б.Н.** Совершенствование системы охраны труда и производственной безопасности на промышленных предприятиях. / Одиназода Б.Н., Хакдодов А.М., Хакдод М.М. // Материалы II Международной научно–практической конференции «Актуальные вопросы металлургии в условиях ускоренной индустриализации страны». Душанбе: ТТУ имени академика М.С. Осими, 2025. – С. 328–335.
[15-М]. **Одиназода Б.Н.** Экспериментальная установка для исследования акустодемпфирующих свойств металлов и сплавов / Одиназода Б.Н., Хакдод М.М., Ибрахимов С.Ж. // Материалы II Международной научно–практической конференции «Актуальные вопросы металлургии в условиях ускоренной индустриализации страны» Душанбе: ТТУ имени академика М.С. Осими, 2025. – С. 346–351.
[16-М]. **Одиназода Б.Н.** Применение акустодемпфириющих материалов для защиты от виброакустических факторов на машиностроительных предпириятиях. / Одиназода Б.Н., Хакдодов А.М., Хакдод М.М. // Материалы международной научно-практической конференции «Современные задачи машиностроительной промышленности». Душанбе: Издание ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2024. – С. 51–53.
[17-М]. Хакдод М.М. Теоретические основы обеспечения безопасности жизнедеятельности в промышленности / Хакдод М.М., **Одиназода Б.Н.** // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблема совершенствования конструкции строительно-дорожных машин»**.** Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, Душанбе, 2024. – С. 234 – 240.
[18-М]. Хакдод М.М. Экологические аспекты использования алюминиевых сплавов в металлургии. / Хакдод М.М., **Одиназода Б.Н.,** Бобозода С.О., Гардуллозода С. // Материалы Международной конференции ГИС в Центральной Азии – ГИСЦА «Геоинформационные науки для устойчивого развития» Душанбе, 2017. – С. 124–132.
[19-М]. Хакдодов М.М. Перспективы использования акустодемпфирующих материалов при решении задач материаловедения и инженерной акустики. / Хакдодов М.М., **Одинаев Б.Н.,** Гардуллозода С., Бобоев С.О. // Материалы VIII международной научно–практической конференции «Рациональное использование природных ресурсов и энергосбережение». Душанбе: ТУТ, 2015. – С. 52-58.
[20-М]. **Одинаев Б.Н.** Термоупругое деформирование слоистых композитных оболочек и пластин. / Одинаев Б.Н., Бобоев С.О., Бозоров Ш. А. // Материалы республиканской научно-практической конференции «Наука и использование энергетического потенциала Таджикистана» Курган-Тюбе: Таджикский энергетический институт, 2013. – С. 123–128.
[21-М]. **Одинаев Б.Н.** Физико–химические акустодемпфирующих материалов на основе силуминов. / Одинаев Б.Н., Саидов Р.Х., Талбаков С.Г. // Материалы республиканской научно-практической конференции «Энерго и ресурсосбережение при использовании природных в энергетике и промышленности». Курган-Тюбе: Таджикский энергетический институт, 2012. – С. 103–107.

[22-М]. **Одинаев Б.Н.** Кинетика изменения прочности сцепления и акустодемпфирующие свойства слоистых металлических композиций в зависимости от степени пластической деформации и температуры отжига. / Одинаев Б.Н., Бобоев С.О., Талбаков С.Г. // Материалы республиканской научно-практической конференции «Наука и строительное образование на современном этапе». Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2011. – С. 127-131.
[23-М]. **Одинаев Б.Н.** Экспериментальные методы определения акустодемпфирующих характеристик металлических материалов. / Одинаев Б.Н., Абдуллоев С.С., Шарипов И.А. // Материалы республиканской научно-практической конференции «Наука и энергетические образование на современном этапе». Курган-Тюбе: Таджикский энергетический институт, 2011. – С. 63–67.
[24-М]. Хакдодов М.М. Влияние вибрационной обработки расплава на акустодемпфирующие свойства модифицированных силуминов. / Хакдодов М.М., Махмадуллоев Х.А. **Одинаев Б.Н. //** Материалы республиканской научно–практической конференции «Методы повышения качество и целесообразности процессов производства». Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2011. – С. 192-196.
[25-М]. Хакдодов М.М. Физико-химические закономерности структурообразования в деформируемых алюминиевых сплавах /Хакдодов М.М., **Одинаев Б.Н.,** Бобоев С.О., Талбаков С.Г.// Материалы II международной научно–практической конференции. Чкаловск: Государственный металлургический институт Таджикистана, 2008. – С. 69-74.
[26-М]. **Одинаев Б.Н.** Влияние химических добавок на акустодемпфирующие свойства алюминиевых сплавов. / Одинаев Б.Н., Талбаков С.Г., Бобоев С.О. // Материалы II международной научно–практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке». Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2007. – С.51–54.
[27-М]. **Одинаев Б.Н.** Влияние легирующих составляющих на физико-химические и механические свойства деформируемых алюминиевых сплавов. / Одинаев Б.Н., Талбаков С.Г., Бобоев С.О. // Материалы Международной научно-практической конференции «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты». Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2006. – С.105–110.

3. Монография

[28-М]. Хакдодов М.М. Акустодемпфирующие материалы из деформируемых алюминиевых сплавов. / Хакдодов М.М., **Одинаев Б.Н.**, Бобоев С.О. // Монография. Германия. LAP LAMBERT. 2012. – С. 144.

4. Ихтироъ аз рӯйи мавзӯи диссертатсия:

[29-М]. Хакдод М.М. Малый патент №TJ 1535, зарегистрировано 20.09.2024 г. Ролик рольганга / Хакдод М.М., **Одиназода Б.Н.**
[30-М]. Хакдод М.М. Малый патент №TJ 1553, зарегистрировано 11.11.2024 г. Установка для исследования акустодемпфириющих свойств металлических материалов / Хакдод М.М., **Одиназода Б.Н.** Бозоров Ш.А.