

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН  
ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика М.С. Осими

*На правах рукописи*



УДК 621.34.4

**ХОЛЗОДА Фаридун Бури  
(ХОЛОВ Фаридун Буриевич)**

**ОБРАБОТКА ШАРИКОВ ИЗ ПОЛУДРАГОЦЕННЫХ И  
ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ НА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СТАНКАХ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD),  
доктора по специальности 6D071200 – Машиностроение (6D071206 –  
Машины, агрегаты и процессы (6D071206-01 – технические науки)

Душанбе – 2025

Работа выполнена на кафедре технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

**Научный руководитель:**

**Мирзоалиев Исройил,**

кандидат технических наук, доцент кафедры технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

**Официальные оппоненты:**

**Иброгимов Холназар Исломович,**

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии текстильных изделий Технологического университета Таджикистана

**Исоев Умар Пирназарович,**

кандидат технических наук., доцент, доцент кафедры теоретической механики и инженерной графики Таджикского аграрного университета имени Шириншох Шотемур

**Ведущая организация:**

Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айни.

Защита диссертации состоится «12» февраля 2026 года в 09:<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 6Д.КОА-028 при Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими по адресу: 734042, г. Душанбе, пр. академиков Раджабовых, 10а. E-mail: [adlia69@mail.ru](mailto:adlia69@mail.ru), тел.: 918641755.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими [www.ttu.tj](http://www.ttu.tj).

Автореферат разослан «\_\_\_» 2025 года

**Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент**



**Сайд А.Х.**

## ВВЕДЕНИЕ

Работа посвящена комплексному исследованию процесса изготовления шариков из полудрагоценных и поделочных камней с применением метода центробежной абразивной обработки.

Существующие технологии обработки самоцветных камней в ювелирном производстве основаны на единичном и мелкосерийном производстве и как следствие этого являются малопроизводительными. Доля ручного труда при этом высока и не отвечает современным требованиям. Большая потребность в ювелирных изделий из самоцветных камней требует усовершенствование технологии их производства и разработке более производительных способов их обработки. Один из таких способов обработки является центробежная абразивная обработка. Нами разработаны и исследованы новые способы центробежной обработки самоцветных камней, на которых получены патенты на изобретения. Основными элементами большинства изделий из самоцветных камней является шарики различных диаметров. В данной работе проведено исследование процессов центробежной обработки шариков из самоцветных камней, позволяющих достичь высокой производительности и качества обработки.

Драгоценные и полудрагоценные камни характеризуются высокой твёрдостью, но при этом остаются хрупкими. В связи с этим при их обработке необходимо исключать воздействие ударных нагрузок. Этим требованиям в полной мере соответствуют методы центробежной абразивной обработки и технологические процессы, разработанные на их основе.

**Актуальность** исследования вызвана тем, что наша республика имеет огромные запасы недостаточно неиспользуемых месторождений самоцветных камней. Основная причина недостаточного использования этих камней в ювелирной промышленности является низкая производительность применяемого оборудования и большая трудоемкость применяемых технологий обработки. Большинство существующие технологии основаны на единичном и мелкосерийном производстве изделий, что оправдывает себе при обработке драгоценных камней.

Объём производства изделий из цветных камней значительно превышает выпуск продукции из полудрагоценных, однако их удельная стоимость остаётся ниже. Повышение производительности обработки является ключевым фактором для снижения себестоимости и увеличения рентабельности производства. На сегодняшний день основным способом изготовления изделий из самоцветных камней остаются методы абразивной обработки. Абразивная обработка считается одной из наиболее важных стадий обработки поверхности изделий.

С помощью абразивной обработки можно выполнять такие операции, как шлифовка, полировка, обработка, хонингование, суперфиниширование и т.д. Их используют как в заготовительном производстве, так и в ходе финишной обработки металлических или природных материалов. В представляющей диссертационной работе исследованы производительности

различных методов галтовки, в том числе существующих и вновь разрабатываемых. Установлено, что наиболее перспективными методами галтовки при обработке самоцветных камней являются методы центробежной абразивной обработки.

Производительность и качеству обработки можно существенно улучшить применением этих методов. Исходя из этого можно заключить, что разработка оборудование и технологии основание на применение метода центробежной абразивной галтовки являются актуальными.

**Степень разработанности работы.** Работа завершена полностью, в том числе выполнены теоретические и экспериментальные исследования процесса обработки самоцветных камней с использованием центробежных методах обработки. Разработаны и изготовлены станки для центробежной абразивной обработки, на которых получены патенты на изобретения. Результаты исследования внедрены в учебном процессе и ООО «Рухом» г. Душанбе.

**Связь работы с научными программами, темами.** Исследования, представленные в диссертации, непосредственно связаны с научным направлением кафедры технологии машиностроения, металлорежущие станки и инструменты ТТУ имени академика М.С. Осими, Национальной стратегии развития РТ на период до 2030 года (№636, от 01.12.2016 г.), Закон РТ о драгоценных металлах и драгоценных камнях (№215, от 06.05.2006 г.) и Программе развития машиностроительной промышленности РТ на 2020-2025 годы (№527, от 29.09.2020 г.).

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Целью диссертационной работы** является повышение производительности процесса изготовления шариков из самоцветных камней путём совершенствования оборудования и технологии производства.

**Задачи диссертации** заключается в решение следующем:

- разработка оборудование и технологической оснастки позволяющая из кубиков, нарезанных из самоцветных камней без промежуточной обработки образовать шаровидных заготовок;

- изучение кинематики и динамики процесса обработки шариков с целью определение основных факторов влияющие на параметры процесса обработки;

- проведение многофакторных экспериментов по выявление взаимосвязей режимов обработки и производительности процесса;

- проанализированы потенциалы многоинструментальной центробежной абразивной обработки для достижения высокой производительности и обеспечения качества обработки изделий из самоцветных камней;

- определены оптимальные области применения метода многоинструментальной центробежной абразивной обработки для обработки твёрдых и хрупких материалов.

**В качестве объекта исследования** в данной работе рассматриваются станки для центробежной абразивной обработки шаровидные изделия из

самоцветных камней, режимы обработки на многоинструментальном центробежном станке.

**Предметом исследования** является самоцветные полудрагоценные камни: аметист, офит, лазурит, оникс и т.п.

**Методология и методы исследования.**

**Для решения поставленных задач используется следующие методы исследования:**

- метод анализа, классификации и упорядочения исходной информации;
- методы экспериментального исследования процессов формообразования шариков;
- статистические методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных;
- сравнительно-сопоставительный метод оценки результатов;
- технические решения вопроса повышение производительности обработки.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в:

- предложен и исследован новый способ многоинструментальной центробежной абразивной обработки, обеспечивающий повышение производительности процесса и улучшение качества обработанных поверхностей изделий;
- разработан многоинструментальный станок, позволяющая из кубиков, нарезанных из самоцветных камней без промежуточной обработки формировать шаровидные заготовки (малый патент №ТJ 1361);
- получены расчетные формулы, позволяющие в зависимости от режимов обработки рассчитать производительность обработки и точности формы шариков из самоцветных камней;
- предложены новые конструкторско-технологические решения по проектированию и созданию оборудования для обработки изделий из цветных камней, способствующие увеличению эффективности процесса и улучшению качества готовой продукции;
- выявлены закономерности между режимами обработки и производительностью процесса, что позволяет определить объемы потерь массы заготовок и, соответственно, более точно рассчитывать необходимое качество сырья для изготовления заданного количества изделий;
- исследованы зависимости шероховатости поверхности от режимов обработки, что дает возможность управлять качеством изделий на стадии их изготовления;
- статистической обработкой результатов многофакторных экспериментов получены математические модели процесса обработки.

**Теоретическая значимость работы** заключается в следующем:

- исследование кинематики и динамики процесса обработки на центробежных станках различного типа;
- проведена оценка влияния технологических факторов на производительность процесса, результаты которой представлены в форме

математических моделей, сформированных на основе многофакторного экспериментального планирования и последующего статистического анализа полученных данных;

- полученные уравнения зависимости производительности от режимов обработки позволяющие определить потери массы заготовок для получения готовых изделий в зависимости от режимов обработки, что дает возможность определить исходную массу заготовок, и необходимое сырье для производство запланированное количество изделий;

- разработке рекомендации для определения области эффективного применения оборудования и технологической оснастки, работающие по принципу центробежной абразивной обработки.

**Практическая значимость работы** заключается в следующем:

- разработан способ многоинструментальной центробежной абразивной обработки, позволяющий одновременно обработать заготовки из самоцветных камней с различными физико-химическими свойствами;

- результаты работы можно использовать для выполнения операции удаление заусенцев и округление острых граней заготовок из различных материалов, выполняемых вручную (слесарные операции), также на предприятиях, изготавливающих ювелирные изделия из самоцветных камней;

- разработано высокопроизводительное оборудование позволяющий из исходных заготовок в виде кубиков, нарезанных из самоцветных камней без промежуточной обработки образовать шаровидных заготовок, его можно применять в ювелирном производстве при изготовление изделий из самоцветных камней;

- установлены влияние ключевых факторов, влияющих на паровые процессы обработки, на производительность обработки и качество поверхностей;

- изготовлено специальный многоинструментальный станок, на котором проведены экспериментальные исследования и получены положительные результаты.

**На защиту выносятся следующие основные результаты:**

- разработана и реализовано устройство для многоинструментальной центробежной абразивной обработки сферических изделий из самоцветных камней, обеспечивающее высокую производительность процесса (малый патент №1361);

- установлены аналитические зависимости, описывающие динамику формообразования шаровидных заготовок в зависимости от параметров режима обработки;

- получены эмпирические зависимости, устанавливающие связь между технологическими параметрами обработки и такими характеристиками, как производительность, точность формы и качество поверхности;

- установлено влияние основных факторов обработки на параметр шероховатости и коррекцию геометрии шаров при центробежной абразивной обработке.

**Степень достоверности результатов исследований. Высокая достоверность полученных результатов** обеспечивается применением современной экспериментальной базы, использованием точного измерительного оборудования, а также значительным объемом собранных данных, обработанных с помощью методов математической статистики и теории вероятностей. Экспериментальные данные демонстрируют хорошее согласие с ранее опубликованными результатами, что дополнитель но подтверждает их надежность.

**Отрасль исследования.** Обработка камней требует высокой точности и аккуратности. Обработка камней на центробежных станках в рамках машиностроения относится к некоторым важным направлениям отрасли:

- разработка и совершенствование технологии центробежной обработки камней как заготовок или изделий;
- конструирование, расчет центробежных станков для обработки мелких изделий (шариков) из твердых, хрупких, неметаллических материалов;
- оптимизация параметров обработки как скорость вращения, вид абразивной среды, сила прижатия, продолжительность обработки и др;
- повышение качества обработки (например, полировка, снятие заусенцев, шлифовка).

**Этапы исследования.** Диссертационное исследование проводилось в период с 2019 по 2024 годы и включало следующие этапы:

- анализ состояния вопроса и задачи исследования;
- исследование способов центробежной абразивной обработки;
- методика проведения и обработки результатов экспериментов;
- исследование процесса центробежно-абразивной обработки шариков на многодисковом станке.

**Информационная и лабораторная база исследования.** Для проведения исследования была использована разнообразная информационная база, включающая научные диссертации, статьи из периодических научных журналов и материалы конференций, интернет ресурсы, а также материалы республиканской научно-технической библиотеки национальный патентно-информационный центр (НПИ Центр).

Диссертационная работа выполнена на кафедре технологии машиностроения, металлорежущие станки и инструменты ТТУ имени академика М.С. Осими.

**Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 6D071200 – Машиностроение (6D071206 – Машины, агрегаты и процессы (6D071206-01 – технические науки) по пунктам:**

3.2.1. Разработка научных и методологических основ проектирования и создания новых машин, агрегатов и процессов;

3.2.3. Теоретические и экспериментальные исследования параметров машин и агрегатов и их взаимосвязей при комплексной механизации основных и вспомогательных процессов и операций;

3.2.5. Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и процессов и оценки их экономической эффективности и ресурса;

3.2.6. Исследование технологических процессов, динамики машин, агрегатов, узлов и их взаимодействия с окружающей средой.

**Личный вклад автора** заключается в проектирование, изготовление, испытание станка новой конструкции для центробежной абразивной обработки изделий из самоцветных камней, проведение экспериментальных исследований и обработки результатов экспериментов, участие в написание статей, а также разработке технологического процесса обработки шариков из различных камней самоцветных материалов.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на ряде международных и республиканских научных конференций. Основные положения работы были представлены в виде докладов и обсуждены с научным сообществом, а также опубликованы в рецензируемых изданиях.

• **Международные конференции, на которых осуществлялась апробация:** научно-практическая конференция «Энергетика региона: состояние и перспективы развития», ТГУ имени академика М.С. Осими, Душанбе, 20-21 декабря 2019г.; I международная молодёжная научная конференция «Новые материалы XXI века: разработка, диагностика, использование», (россия, москва, 21-24 апреля 2020г.); научно-практическая конференция «Инновационно - инвестиционные модели ускоренного развития промышленности республики Таджикистан в современных условиях», Технологический университет Таджикистана, Душанбе, 15-16 октября 2021г.; XV научно-техническая конференция «Приборостроение-2022», Белорусский национальный технический университет, Минск, 16–18 ноября 2022г.; научно - практическая конференция «Современные проблемы точных наук в подготовке высококвалифицированных кадров для горно - металлургической отрасли страны», Горно-металлургический институт таджикистана, Бустон, 11 марта 2023.; научно-практическая конференция «Наука – основа инновационного развития», Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, Душанбе, 18-19 апреля 2024г.; научно-техническая конференция «Машиностроение и техносфера xxii века», Донецкий национальный технический университет, Донецк, 16 – 22 сентября 2024г.; научно-практическая конференция «Современные задачи машиностроительной промышленности», ТГУ им. Акад. М.С. Осими, Душанбе, 31 октября 2024г.; XVII научно-техническая конференция «Приборостроение», Белорусский национальный технический университет, Минск, 26–29 ноября 2024 г.

• **республиканская конференция:** научно-практическая конференция «Конкуренчные преимущества национальной экономики на пути к новой модели экономического роста», Технологический университет Таджикистана, Душанбе, 24-25 апреля 2020 г.

**Материалы диссертации применяются** в учебном процессе для машиностроительных специальностей ТТУ имени академика М.С. Осими, а также результаты работы используется в практической деятельности ООО «РУХОМ», что подтверждается соответствующими актами внедрения.

**Опубликованные результаты исследования.** По итогам проведенного исследования и полученных результатов по теме диссертационной работы опубликовано 24 научные работы, включая 6 статей в ведущих рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Также получены 2 малых патента на изобретения, а результаты представлены в материалах различных научных конференций и других специализированных изданиях.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, основных выводов, списка использованных источников и приложений. Общий объём работы составляет 168 страниц, выполненных на компьютере. В тексте представлены 6 таблиц, 45 иллюстраций, 5 приложений и библиография, включающая 158 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обосновывается актуальность поставленной задачи, даётся общая характеристика выполненного исследования, формулируются цель и задачи работы. Также раскрываются научная новизна и практическая значимость исследования, приводятся сведения об апробации и внедрении полученных результатов, а также выделяются основные положения, предлагаемые автором к защите.

## **Глава 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧА ИССЛЕДОВАНИЯ**

**В первой главе** представлены обзор и анализ научно-технической и патентной литературы, посвящённой методам абразивной обработки. Рассматриваются характеристики обрабатываемых материалов, виды абразивов и абразивных инструментов, технологии абразивной галтовки, а также используемое оборудование для проведения этой обработки.

Абразивная обработка является завершающей операции, формирующее требуемые показатели качество поверхности и точности размеров. Абразивная обработка осуществляется использованием специальных инструментов и оборудования. Составная часть инструментов являются абразивные зерна или сверхтвердые кристаллы. При абразивной обработке заготовкам придают соответствующие размеры, точности формы и качество поверхности. К абразивной обработке относятся шлифование, доводка, полирование, хонингование, доводка.

При абразивной обработке снятие стружки производится абразивными зернами. Единичное зерно снимает мельчайшей стружки. Количество одновременно работающих зерен много. Поэтому процессы абразивной обработки, довольно производительны. Эти процессы наиболее востребованы

в производствах, где выпускают точные детали, с наименьшими шероховатостями поверхности.

При изготовление изделий из самоцветных камней наибольшее распространение получили различные методы галтовки. Этот процесс осуществляется в абразивной среде и по механизму съёма материала во многом схож с такими видами абразивной обработки, как шлифование, полирование и доводка. Наредко на галтовочных установках выполняются операции, аналогичные шлифованию или полированию, что расширяет технологические возможности данного метода. Физическая природа процесса абразивной обработки с использованием свободного абразива была предметом исследований многих учёных, включая Гребенников И.В., Л.А. Олендер., Шубников А.В, Качалов Н.Н, Честнов А.О, Ящерицын П.И, Кедров С.М, Панасов П.П, Кузнецов С.М., Щегол М.Я, Орлов П. Н, Кремень З.И, Сорокин В.М, Барон Ю.М, Сакулевич Ф.Ю, В., А.Н. Мартынов., Брандт В и др. В ходе анализа были рассмотрены существующие технологии галтовки, определены их области применения, выявлены преимущества и недостатки, особенно в отношении обработки высоко твёрдых и одновременно хрупких материалов, к числу которых относятся самоцветные камни.

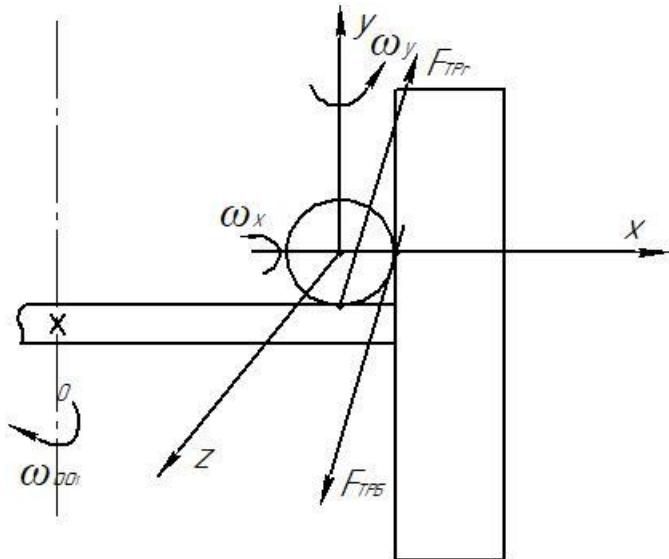
## **Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ.**

Галтовка представляет собой один из ключевых методов формообразования для заготовок из полудрагоценных и поделочных камней. Суть данного процесса заключается в том, что в специальную емкость помещается смесь, состоящая из заготовок, абразивного материала и жидкости, которой придается сложное движение. В результате взаимодействия между заготовками, абразивом и жидкостью осуществляется обработка поверхностей изделий.

При этом округляются острые грани и заготовки получают округлые формы. Особенности применения галтовки для обработки полудрагоценных и поделочных камней такова, что не допускаются ударные нагрузки при обработке. Причиной этому является хрупкость камней. При ударных нагрузках, возможно, поломок или появление трещин, что снижает качество обработки. Поэтому изыскание методов галтовки обеспечивающее высокую производительность и требуемое качество поверхности является актуальной задачей. В диссертации рассматривается новый метод галтовки, который обеспечивает высокую производительность и позволяет одновременно обрабатывать цветные камни с различными характеристиками. В предложенном способе обработка осуществляется под действием центробежных сил и в нескольких ячейках с применением специальных инструментов для обработки. Имеется возможность многократно повысить производительность увеличением количества ячеек.

Изучение процесса обработки с применением многоинструментального центробежно-абразивного станка для обработки полудрагоценных и

поделочных камней проводилось на специализированном станке, принцип работы которой показано на рисунке 1.



**Рис.1.** Силы, действующие на заготовку при обработке

На данном рисунке показаны силы, действующие на заготовку в ходе её обработки. При работе инструмент, представляющий собой алмазный или абразивный круг, вращается, на заготовку действуют центробежная сила инерции, а также силы трения.

Процесс вращения заготовки значительно влияет на качество обработки детали. Как только заготовка начинает взаимодействовать со стенками барабана, трение, возникающее между ними, играет важную роль в формировании её геометрии. В данной ситуации на деталь воздействуют центробежная инерционная сила -  $F_{ц}$ , трение со стенками барабана -  $F_{трб}$  и трение с инструментом -  $F_{три}$ . Под влиянием этих сил заготовка начинает вращаться вокруг своих координатных осей.

Вращение вдоль вертикальной оси ОУ обеспечивается силой  $F_{трб}$ , которая возникает из-за трения с барабаном. Вращение заготовки вокруг оси ОХ происходит под действием силы трения, приложенной к инструменту  $F_{три}$ . Одновременно перемещение вдоль радиального направления вызывает вращение вокруг оси ОZ. Такое трёхосное вращательное движение обеспечивает равномерную обработку всей поверхности заготовки, особенно в её выступающих зонах.

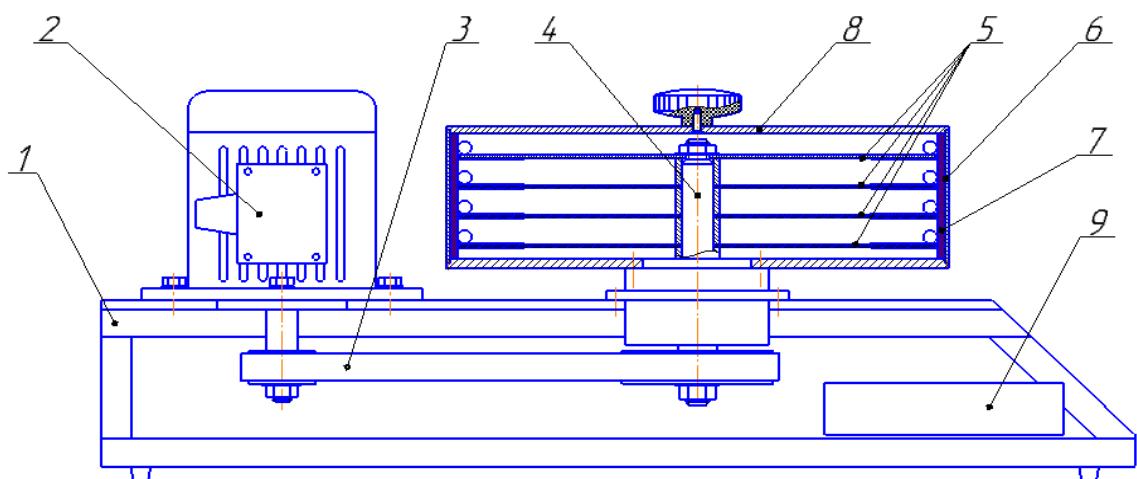
Схема конструкции станка представлена на рисунке 2. Основными элементами станка являются: корпус (1), электродвигатель (2), ременная передача (3), шпиндель (4), абразивные диски (5), барабан (6), резиновое покрытие (7), крышка (8) и электронное устройство для регулировки частоты вращения электродвигателя (9). Передача вращения на шпиндель (4) осуществляется от электродвигателя (2), размещенного в корпусе (1), через ременную передачу (3). На шпинделе (4) установлены абразивные диски (5) выполняющие роль инструмента при обработке. Для предотвращения

выпадение заготовок при обработке сверху барабана (6) установлено предохраняющая крышка (8). Необходимая скорость вращения регулируется электронным контроллером (9). Когда инструмент вращается, заготовки, следя за ним, под действием центробежных сил перемещаются от центра к периферии. При контакте с резиновым покрытием барабана скорость их перемещения относительно барабана замедляется, но при этом увеличивается скорость скольжения заготовок относительно инструмента, что приводит к повышению интенсивности обработки.

Станок снабжен четырьмя инструментами в виде алмазных дисков. При обработке на данном станке в отдельных его дисках можно одновременно обработать камни с различными размерами в начале заготовки размещают внутри барабана над нижним диском, сверху вставляется следующий диск, после чего помещаются новые заготовки и так далее. Для первоначальной загрузки первого диска используются кубики из самоцветов, тогда как заготовками для второго диска становятся изделия, обработанные в первом диске. Затем для третьего диска используются заготовки, прошедшие обработку на втором диске, и так продолжается дальше.

Когда номенклатура обрабатываемых изделий большое данный способ обработки позволяет одновременно обработать несколько наименование изделий в отдельных ячейках.

Таким образом, созданное устройство существенно повышает как производительность, так и точность обработки изделий, подобных шарикам из полудрагоценных и поделочных камней. Оно расширяет функциональные возможности, позволяя одновременно выполнять формообразование, черновую и чистовую обработку. При необходимости, используя абразивные диски с одинаковой зернистостью, это устройство может выполнять лишь одну операцию, однако с высокой производительностью. На данном станке также можно осуществить шлифование и полирование шаровидных заготовок. Для этого вместо абразивного диска используют сепараторы 1 (рисунок 3).



**Рис.2.** Схема устройства для многоинструментальной центробежной обработки.

Сепаратор имеет отдельные гнезда, в которых устанавливаются обрабатываемые детали 3. Обработка при этом происходит под воздействием центробежной силы и силы трения скольжения с поверхности инструмента. Инструмент в виде абразивной ленты установлено в внутреннее полости барабана. Данний способ предназначен для обработки изделий тел вращения небольших размеров, например шариков диаметром до 20 мм. В качестве исходного материала выступают кубические заготовки с закруглёнными гранями (3), каждая из которых размещается в индивидуальной ячейке вращающегося сепаратора.

При запуске сепаратора, заготовки, находящиеся в своих ячейках, испытывают воздействие центробежной силы, которая прижимает их к абразивному инструменту (5). Чтобы избежать преждевременного износа инструмента в местах контакта с изделиями, барабаном и самим абразивом, предусмотрено выполнение возвратно-поступательных движений в вертикальной плоскости. При этом важно обеспечить пересечение траекторий перемещения заготовок, заданных в смежных сепараторах. Величина центробежной силы, удерживающей заготовок возле инструмента, может быть рассчитан с помощью следующего уравнения:

$$F_{ц.с} = m_{заг} \times \omega^2 \times R_{сеп} \quad (1)$$

где: - Центробежная сила  $F_{ц.с.}$ , которая направлена радиально к оси вращения сепаратора. Она определяется массой изделия  $m_{заг}$  и расстоянием  $R_{сеп}$  от оси вращения до центра масс изделия.

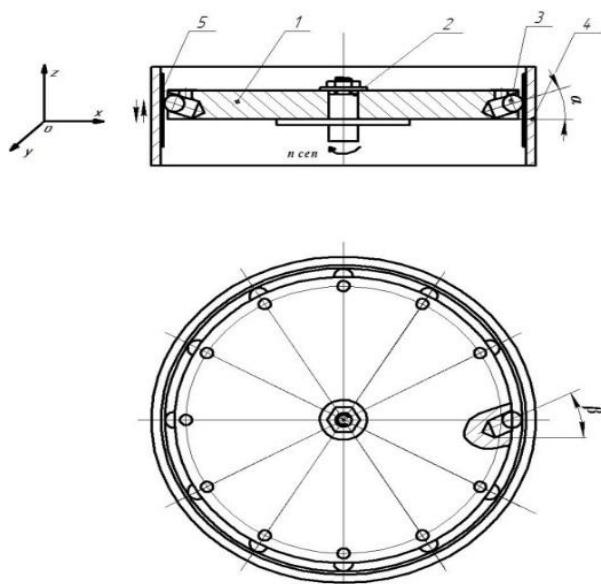


Рис.3. Схема центробежной обработки шариков в сепараторе

Сила, с которой каждая заготовка прижимается, определяется её массой и остается неизменной независимо от числа заготовок, обрабатываемых одновременно. Эту силу можно изменять в широком диапазоне, варьируя скорость вращения сепаратора. Скорость вращения заготовок относительно их осей можно вычислить с использованием уравнения (3).

$$\omega_{заг} = \frac{(\omega_{ин} \pm \omega_{сеп}) \times R_{инс}}{R_{заг}}, \quad (2)$$

В данной формуле  $\omega_{ин}$  – обозначает скорость вращения инструмента;  $\omega_{сеп}$  – скорость вращения сепаратора;  $R_{инс}$  – радиус инструмента;  $R_{заг}$  – радиус заготовки.

Это устройство значительно увеличивает производительность и точность обработки деталей, таких как шарики из полудрагоценных и поделочных камней. Оно расширяет функциональные возможности, позволяя одновременно выполнять формирование, черновую и чистовую обработку.

С помощью этого устройства возможно одновременно обрабатывать камни, обладающие различными размерами и физико-химическими характеристиками. Эффективность использования данного оборудования особенно высока при производстве разнообразных товаров, включая изделия, относящиеся к ювелирной промышленности.

Производительность обработки определяли с помощью взвешивания. Оценивалась масса группы деталей до и после их обработки. С учётом того, что количество обрабатываемых материалов может различаться в каждой партии, для корректного сопоставления результатов производительность рассчитывалась как процентное изменение массы относительно её начального значения. Изменение формы также оценивалось относительно исходной формы в процентах.

Для определения основных факторов влияющие на производительность и точность обработки и пределы изменения этих факторов были проведены однофакторные эксперименты.

Установлено, что продолжительность обработки является один из факторов влияющий на величину съема и качество обработки. В рамках экспериментальных исследований была поставлена задача проанализировать, как время обработки влияет на объем съема. Эксперименты проводились на различных типах материалов и с использованием разнообразных технологий обработки, что позволило получить полное представление о влиянии временных параметров на эффективность процесса.

В ходе экспериментов были изучены ключевые параметры, такие как линейная скорость инструмента, размер зерна абразива и время обработки, что позволило выявить оптимальные условия для достижения наилучших результатов. Величины этих факторов, следующие: продолжительность обработки 10-60 минут; зернистость абразива 600мкм; скорости резания-7,85м/сек, 13,8м/сек, 15,7м/сек.

Обработка проводилась как в сухих, так и в жидких условиях. На основе полученных экспериментальных данных были созданы графики, которые показали, что в изучаемых диапазонах величина снятого материала линейно увеличивается с продолжительностью обработки. Используя метод наименьших квадратов, мы представим результаты экспериментов в аналитической форме. Уравнения, отражающие зависимость

производительности от времени обработки при различных скоростях инструмента приведены в главе 4 данной работе.

Исследовано также влияние линейной скорости инструмента на производительность обработки. Линейная скорость инструмента  $V$  — это длина пути, которую проходит точка находящейся на наибольшем диаметре инструмента за 1 секунда. Проведены экспериментальные исследования влияние скорости резания на производительность обработки. Скорость резания варьировался в диапазоне от 2 до 28 м/сек. Максимальная скорость инструмента ограничивалася показателями поломки исходных заготовок. Скорость ограничивалася возрастание поломки до 5%. Результаты эксперимента приведены в главе 4.

### **Глава 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

В данной главе рассмотрены вопросы методика проведения экспериментальных исследований, особенности оборудования и инструменты применяемой при обработке и контроля качества образцов. Экспериментальные исследования обработки шариков из самоцветных камней проведены на следующих оборудований: галтовочный барабан объемом 10дм<sup>3</sup>, галтовочный барабан, снабженный кольцевыми дорожками, планетарно-центробежный станок, многоинструментальный центробежно-абразивный станок. В качестве инструментов использовались алмазные планшайбы, алмазные отрезные круги, стандартные абразивные круги, также свободный абразив.

Производительность процесса обработки определялось по потери веса при обработке. Для этого обрабатываемая партия заготовок взвешивают до и после обработки. Величина съёма материала и производительность обработки определяются на основе изменения массы заготовок. Для получения объективной оценки производительности, особенно в случаях, когда начальная масса заготовок различается при каждой загрузке, используется относительное уменьшение массы, выраженное в процентах от исходного значения. Например, если исходная масса обозначается как  $m_0$ , а масса потерь-как  $\Delta m$ , тогда производительность обработки определяется по формуле  $P = \frac{\Delta m}{m_0} \times 100\%$ .

Значение  $\Delta m$  можно определить, как разность массой исходной заготовки -  $m_0$  и массой заготовок после обработки -  $m_1$ . Производительность также можно оценить по изменение размера. Данный метод можно использовать лишь для заготовок правильной геометрической формы, например кубиков. Для этого измеряем их размеры кубика до и после обработки. Исходя из разности значениями размеров до и после обработки определяются величины съема в данной операции.

Для проведения экспериментальных исследований разработан специальный станок на которой получен патент на изобретение. Сущность и принцип реализации данного способа приведено в главе 1 диссертации. При

данном способе обработки одновременно работают несколько инструментов установленные внутри неподвижного барабана. Количество инструментов определяется поставленной задачи и ограничивается мощностью станка. В данном устройстве можно одновременно обработать материалы с различными физико-химическими свойствами, например самоцветные камни различной твердости.

Экспериментальные исследования, процесса обработки выполнение на данном станке направлены на выявление технологических возможностей способа «многодисковой центробежной галтовки», определение влияние режимов обработки на производительность и геометрическую форму изделий. Обработке подвергались образцы из самоцветных камней, таких как ойт кальцит, лазурит, халцедон, аметист. При исследовании использовались алмазные круги различной зернистости, алмазные планшайбы, шлифовальные круги.

Производительность обработки оценивалось исходя из удельного массового съема материала. Массовый съем материала определялась как разностью массы образцов до и после обработки. Для взвешивания использовались весы АТ-400. Точность взвешивания составляло  $\pm 0,5\text{г}$ . Удельный массовый съем материала определялось как отношение массового съема материала к исходной массе в единицу времени. Для более точного определения значения удельного массового съема его значение определялось как среднее от взвешивания пяти партии обработанных заготовок.

**Методика проведение экспериментальных исследований.** Для определения наиболее эффективного способа центробежной абразивной обработки определили производительность каждого из способов и сопоставлением результатов оценили методы по производительности. Для оценки производительности обработки использовали метод удельного массового съема материала описанной выше.

Величина массового съема материала  $\Delta m$  определялась разностью массы образцов до и после обработки. Определяя отношение величины массового съема материала  $\Delta m$  измеренное в граммах к исходной массе в кг в единицу времени, можем объективно оценить производительности различных методов обработки. Единица измерения производительности при этом  $\frac{\text{г}}{\text{кг}\times\text{мин}}$ .

Для анализа химического состава камней применяется высокоточное современное оборудование, обеспечивающее надёжность спектральных данных и высокую скорость проведения измерений. Основу используемых методов составляют спектрометрические технологии, в числе которых оптическая и инфракрасная спектроскопия, высокочувствительные методы определения элементного состава, рентгенофлуоресцентный анализ, масс-спектрометрия, электронно-зондовый микроанализ и энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия.

Для выявления и оценки закономерностей процесса многоинструментальной центробежной абразивной обработки проведены однофакторные и многофакторные эксперименты. Проведением

однофакторных экспериментов и их влиянием на параметры процесса обработки установлено, что основные факторы режима обработки сильно влияющие на параметры производительности и точности обработки в данном случае следующие: частота вращения инструмента определяющей его линейную скорость, продолжительность обработки и зернистость абразива (среднее значения величины зерен абразива).

**Измерение некруглости.** Для измерения некруглость заготовок формой тел вращения используются такие контрольные инструменты и приборы как: микрометры различного типа, специальные штангенциркули - кругломеры, оптикаторы, проекторы оптического профиля. Точность измерения этими инструментами и приборами следующие: кругломеры-0,0001мм, проекторы оптического профиля-0,001мм, микрометры-0,01мм, штангенциркули-0,1мм. При измерение после черновой обработке нами использованы штангенциркуль и микрометр, а при чистовой обработке профильный проектор «Optomech Profile Projector Model 400Н» (приложение 3, рисунок 5).

Этот прибор относится к прецизионным контрольно-измерительным приборам, обеспечивающий быстрый и качественный контроль обработанных заготовок.

При изготовление шариков из самоцветных камней исходные заготовки имеют форму кубиков. В другой операции углы и вершины куба притупляются, и им передается шаровидной формы. Производительность обработки оценивается по интенсивности съема материала заготовок. Для этого необходимо производит измерения размеров до и после обработки.

Для получения достоверных данных производили обработку партии заготовок не менее 50 штук. Далее определяем наименьшие и наибольшие размеры для каждого образца. На основе результатов эксперимента определяли наибольшие, наименьшие и средние размеры партии заготовок до и после обработки. Для объективной оценки и сравнения результатов обработки различных партии изменение формы в процентах относительно их исходной значений.

Исходной заготовкой при изготовление шаровидных изделий из самоцветных камней являются кубы соответствующих размеров. Размеры кубов не одинаковы. Разность между наибольшими и наименьшими размерами до обработки  $\delta_1 = L_0 - L_1$ , а после обработки  $\delta_2 = L_{01} - L_{11}$ .

Изменение формы в результате обработки определяли по формуле 3:

$$\delta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} \times 100\% \quad (3)$$

**Измерение шероховатости поверхности.** Качество изделий из полудрагоценных и поделочных камней о многом зависить от параметров шероховатости, образуемые при обработке. Изделия после обработки должны быть гладкими с характерным блеском. Гладкость поверхности и его блеск зависят от параметров шероховатости, образуемые при обработке. Оценка параметров шероховатости может осуществляться различными способами, одним из которых является:

1) визуально-сравнительный метод заключается в сравнении исследуемой поверхности с контрольными образцами, имеющими заранее установленную шероховатость;

2) ощупыванием специальным прибором с алмазной насадкой, его также именуют как контактный метод;

3) измерение шероховатости оптическими приборами, или бесконтактный метод.

Более точные результаты получаются ощупыванием поверхности. При ощупывании применяются профилографы, которые с заданным масштабом увеличении производят запись результатов измерения и профилометры результатов измерения, которых дается в цифровом виде. Существуют приборы, которые объединяют обе этих функции и их называют профилографы – профилометрами. Для более точной оценки шероховатости используются профилометры и профилографы. Приборы позволяют измерять следующие основные параметры шероховатости поверхности:  $R_a$  – среднее арифметическое значение отклонений профиля от средней линии;  $R_z$  – высота неровности профиля по десяти точкам;  $R_{max}$  – наибольшая высота профиля;  $S_m$  – средний шаг неровностей;  $S$  – средний шаг местных выступов профиля;  $t_p$  – относительная опорная длина профиля, где  $p$  – значение уровня сечения профиля.

Из шести параметров шероховатости поверхности установленный ГОСТ-ом 2789-73 для самоцветных камней главными являются  $R_a$  и  $R_z$ , так как от значения этих параметров зависит декоративные свойства обработанных поверхностей. Значение параметра  $R_a$  определяется по формуле 4.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Y_i| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad (4)$$

В данной формуле  $Y$  – абсолютные значения отклонений профиля от средней линии;  $n$  – количество точек измерения профиля в пределах базовой длины. Параметр  $R_z$  (высота неровностей профиля по десяти точкам, формула 3) определяется как сумма высот пяти наибольших выступов и пяти самых глубоких впадин, измеренных от средней линии профиля.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |Y_{bi}| + \sum_{i=1}^5 |Y_{hi}|}{5} \quad (5)$$

**Методика проведения экспериментов и обработка экспериментальных данных.** Для выявления и оценки закономерностей процесса многоинструментальной центробежной абразивной обработки проведены однофакторные и многофакторные эксперименты. Проведением однофакторных экспериментов и их влиянием на параметры процесса обработки установлено, что основные факторы режима обработки сильно влияющие на параметры производительности и точности обработки в данном случае следующие: частота вращения инструмента определяющей его линейную скорость, продолжительность обработки и зернистость абразива (среднее значения величины зерен абразива).

Для установления взаимосвязи между параметрами режима обработки и показателями производительности, точности формы, а также качеством поверхности обработанных образцов были проведены многофакторные экспериментальные исследования.

Эксперименты выполнялись по методике полного факторного планирования, при котором каждый фактор варьировался на двух уровнях. Количество опытов определялось в соответствии с принципами рационального экспериментального планирования.

Применение метода полного факторного эксперимента позволила построить полноценную математическую модель процесса, учитывающую не только основные эффекты, но и взаимодействие факторов.

Число экспериментальных точек зависит от числа факторов и определяется по формуле  $N = 2^k$ . Если количество факторов  $k = 3$ , уравнение математической модели можно записать в следующем виде:

$$\tilde{Y} = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + b_3 \times X_3 + b_{1,2} X_1 \times X_2 + b_{1,3} X_1 \times X_3 + b_{2,3} X_2 \times X_3 + b_{1,2,3} X_1 \times X_2 \times X_3 \quad (6)$$

Для определения коэффициентов  $b_i$  уравнение регрессии используются данные, полученные из эксперимента. Для построения модели процесса обработки методом полного факторного эксперимента необходимо:

- а) разработать матрицу планирования и выполнить эксперименты в предусмотренных точках;
- б) провести проверку статистической значимости коэффициентов уравнения математической модели;
- в) проверка его адекватности уравнения математической модели процесса обработки.

#### **Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ШАРИКОВ НА МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ СТАНКЕ**

При изготовление шариков из полудрагоценных и поделочных камней исходными заготовками являются кубики. На стадии черновой обработки производят срезание вершин и ребер. Для обработки изделий из полудрагоценных и декоративных камней применяются устройства, такие как галтовочные барабаны, центробежные и планетарные станки, а также абразивоструйные установки. Нынешние технологии центробежной абразивной обработки с использованием станков с вращающимся дном позволяют повысить производительность обработки при значительном улучшении качества изделия. Удаление материала на этих станках происходит преимущественно с наружной стороны, что обеспечивает объемную обработку изделий.

Процесс изготовления изделий из полудрагоценных и декоративных камней, в частности, полудрагоценных, требует особого внимания, так как неосторожные действия могут привести к значительной потере ценного материала. Исследования продемонстрировали, что применение центробежной

абразивной технологии с инструментами с фиксированным абразивом и новыми станками с вращающимся дном позволяет достигать высокой производительности и более рационально обрабатывать материалы, преобразуя кубики в шарики. При обработке на этих станках наряду с высокой производительности уменьшается процесс поломки камней. Данный процесс обработки наиболее эффективно можно производить использованием алмазных кругов.

Обработка при этом производится алмазоносным периферийным торцом круга. Максимальное количество одновременно обрабатываемых заготовок на одном инструменте при этом можно определить, как:  $n = \pi D / 1,71A$ , где  $n$ -количество заготовок,  $D$ -диаметр инструмента,  $A$ -размер куба (длина ребра). Так как устройство позволяет одновременно обрабатывать несколькими инструментами, общее количество заготовок для одной загрузки можно определить, как  $n_0 = nK$ , где  $K$  количество одновременно работающих инструментов. Другое преимущество обработки на данном станке является то, что можно одновременно обработать заготовки из различных материалов с различными физико-химическими свойствами использованием отдельных инструментов.

Продолжительность обработки является один из факторов влияющий на качество и производительность обработки. Проведены экспериментальные исследования по изучению влияния продолжительности обработки на величину съема результаты, которых приведены ниже.

Основными факторами, оказывающими наибольшее влияние на производительность и качество обработки, являются линейная скорость инструмента, размер абразивного зерна и время обработки. Линейная скорость инструмента составляет от 7,85 м/с до 15,7 м/с, время обработки – от 10 до 60 минут, размер абразивного зерна от 320 до 600 микрометр.

Обработка производилась в сухой и жидкостной среде. Результаты проведённых экспериментов представлены в графической форме.

Математической обработкой результатов эксперимента, приведенной методом наименьших квадратов получены формулы зависимости производительности от исследуемых факторов. В рассматриваемых интервалах зависимости близки к линейной функции. Функциональная зависимость производительности процесса от продолжительности обработки приведены в формулах 7-24.

В формулах 7-12 представлены соотношения между величиной съема и временем обработки при работе с офитом. В частности, формулы 7-9 относятся к сухому методу обработки, тогда как 10-12 описывают жидкостную обработку. Кроме того, зависимости производительности от продолжительности обработки лазурита указаны в формулах 13-18. Формулы 13-15 при сухой обработке лазурита, и 16-18 при обработке в жидкостной среде.

Зависимость производительности обработки аметиста от времени показана в формулах 19 - 24 для сухой обработки и в формулах 19 - 21 для обработки в жидкой среде.

### Обработка офита:

$$Q_{1c} = f(t) = 0,2 + 0,2948t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (7)$$

$$Q_{2c} = 0,2 + 0,397t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (8)$$

$$Q_{3c} = 0,8 + 0,587t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (9)$$

$$Q_{1ж} = f(t) = 1,4 + 0,34t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (10)$$

$$Q_{2ж} = 1,2 + 0,56t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (11)$$

$$Q_{3ж} = 5,6 + 0,53t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (12)$$

### Обработка лазурита:

$$Q_{1c} = f(t) = -0,2 + 0,2636t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (13)$$

$$Q_{2c} = -0,1 + 0,4t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (14)$$

$$Q_{3c} = -0,8 + 0,553t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (15)$$

$$Q_{1ж} = f(t) = 0,367t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (16)$$

$$Q_{2ж} = 7 + 0,4t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (17)$$

$$Q_{3ж} = 5,6 + 0,53t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (18)$$

### Обработка аметиста

$$Q_{1c} = f(t) = 0,3 + 0,138t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (19)$$

$$Q_{2c} = -0,3 + 0,6t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (20)$$

$$Q_{3c} = -1,1 + 0,402t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (21)$$

$$Q_{1ж} = f(t) = -0,3 + 0,275t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (22)$$

$$Q_{2ж} = 4,5 + 0,39t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (23)$$

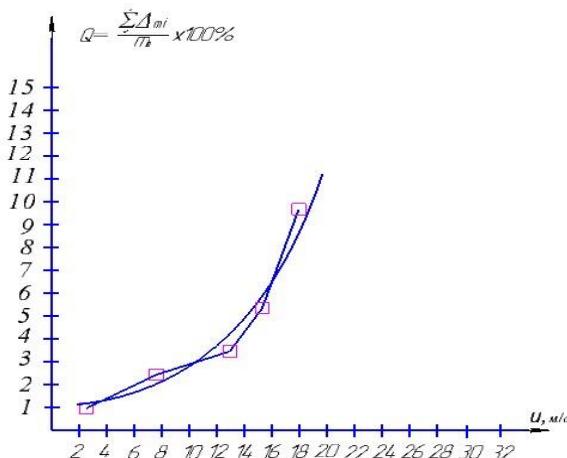
$$Q_{3ж} = 5,2 + 0,47t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (24)$$

Линейная скорость инструмента  $V$  — это расстояние, которое проходит точка на его максимальном диаметре за одну секунду.

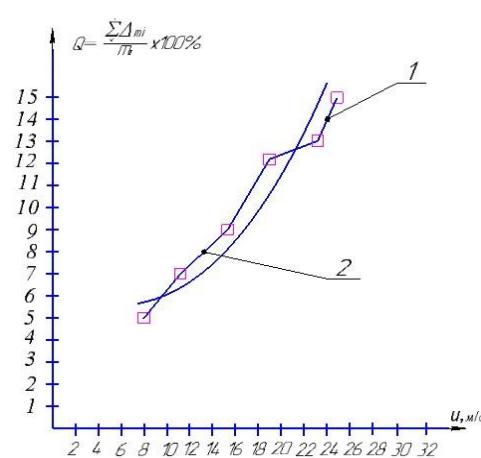
$$V = (\pi \times D \times n) / (60 \times 1000), \quad (25)$$

где:  $D$ -диаметр инструмента,  $n$ - частота вращение инструмента (об/с).

Проведены экспериментальные исследования влияние скорости резания на производительность обработки. Скорость резания варьировался в диапазоне от 2 до 28 м/сек. Максимальная скорость инструмента ограничивалася показателями поломки исходных заготовок. Скорость ограничивалася возрастание поломки до 5%. Производилась обработка в водной среде и в сухую. Как видно из графиков производительность обработки возрастает с увеличением линейной скорости инструмента. Данная зависимость нелинейно. Анализ результатов подтверждает, что в жидкостной среде интенсивность съема и соответственно производительность выше, чем при сухой обработке.



**Рис.4.** График зависимости производительности от линейной скорости инструмента при сухой обработке лазурита. 1. Экспериментальные данные; 2. Аппроксимация результатов эксперимента.



**Рис.5.** График зависимости производительности от линейной скорости инструмента при обработке лазурита в жидкой среде. 1. Экспериментальные данные; 2. Аппроксимация результатов эксперимента.

Рассмотрена также вопросы проведения многофакторных экспериментов и обработки экспериментальных данных. Многофакторные эксперименты позволяют уточнить взаимосвязи между факторами и их влияние на параметры обработки. В ходе многофакторных экспериментов применялся метод полного факторного эксперимента. В формуле 22  $x_1, x_2, x_3$ -кодированные значения факторов. Эффект взаимодействия факторов учитываются посредством  $x_1x_2, x_1x_3, x_2x_3, x_1x_2x_3$ .

Уравнение зависимости параметра процесса от факторов

$$\tilde{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{1,2,3}x_1x_2x_3 \quad (26)$$

В качестве заготовок для обработки использовались предварительно нарезанные кубики из офита, лазурита и аметиста. Интервалы варьирования факторов выбраны исходя из возможности оборудования и составляют:

- 1) линейная скорость вращения барабана -  $V = 7,85 \div 15,7$  м/сек; интервал варьирования 3,925; среднее значение интервала 11,775;
- 2) продолжительность обработки  $t = 10 \div 20$  мин; интервал варьирования 5мин; среднее значение интервала 15мин;
- 3) зернистость абразива -  $Z = 320\text{-}500$  мкм; интервал варьирования 90мкм; среднее значение интервала 410мкм.

Уравнения связывающие кодированные значения факторов с их натуральными значениями следующее:

$$x_1 = \frac{\tilde{x}_1 - 11,775}{3,925}, \quad x_2 = \frac{\tilde{x}_2 - 15}{5}, \quad x_3 = \frac{\tilde{x}_3 - 410}{90}.$$

В качестве параметров обработки выбраны: производительность обработки  $Q = \left(\frac{\Delta m}{m}\right) \times 100\%$ , где  $m$ -масса заготовки до обработки, (грамм);

$\Delta_m$  - потеря массы за счет обработки, (грамм) и точность формы изделия. На этой таблице приведены режимы и результаты процесса шлифовки офита, лазурита и аметиста без охлаждения.

Уравнение математической модели зависимости производительности от режимов при обработке:

**для офита:**

$$Q_{\text{офи}} = 1,4517 - 0,205\bar{x}_1 - 0,01675\bar{x}_2 + 0,16075\bar{x}_3 + 0,011\bar{x}_1\bar{x}_2 - 0,0842\bar{x}_1\bar{x}_3 + 0,0052\bar{x}_2\bar{x}_3 + 0,014575\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 = 1,4517 - 0,205\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right) - 0,01675\left(\frac{t-15}{5}\right) + 0,16075\left(\frac{Z-410}{90}\right) - 0,011\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right) - 0,084225\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,0052\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,014575\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right). \quad (27)$$

**для лазурита:**

$$Q_{\text{лазур}} = 0,405388 + 0,000613\bar{x}_1 - 0,03761\bar{x}_2 - 0,00204\bar{x}_3 + 0,001113\bar{x}_1\bar{x}_2 - 0,03556\bar{x}_1\bar{x}_3 + 0,074813\bar{x}_2\bar{x}_3 + 0,037688\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 = 0,405388 + 0,000613\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right) - 0,03761\left(\frac{t-15}{5}\right) - 0,00204\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,001113\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right) - 0,03556\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,074813\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,037688\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right). \quad (28)$$

**для аметиста:**

$$Q_{\text{аметист}} = 0,430388 - 0,02751\bar{x}_1 - 0,08239\bar{x}_2 + 0,184913\bar{x}_3 + 0,000313\bar{x}_1\bar{x}_2 - 0,05449\bar{x}_1\bar{x}_3 - 0,05456\bar{x}_2\bar{x}_3 + 0,027538\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 = 0,430388 - 0,02751\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right) - 0,08239\left(\frac{t-15}{5}\right) + 0,184913\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,000313\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right) - 0,05449\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) - 0,05456\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,027538\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right). \quad (29)$$

Полученные уравнения зависимости производительности от режимов обработки позволяют определить потери массы заготовок для получения готовых, что дает возможность определить исходную массу заготовок, и необходимое количество сырье для производство запланированное количество изделия.

**Исследование шероховатости поверхностей при центробежном объемном шлифовании.** Многодисковая центробежная абразивная галтовка не обеспечивают требуемые параметры качества поверхности. Для получения зеркальной поверхности полированием необходимо обеспечить исходные параметры шероховатости поверхности в пределах  $R_a = 0,4-0,6$  мкм. После многодисковой центробежной обработки шариков шероховатости поверхности составляет  $R_a = 0,8-1,3$  мкм, а отклонение от круглоты 0,6-1,8 мм. Для дальнейшей исправление формы и снижение шероховатости осуществляют

объемное шлифование в кассетах. Процесс шлифование производится на этом же станке с использованием специальных кассет (рисунок 6).

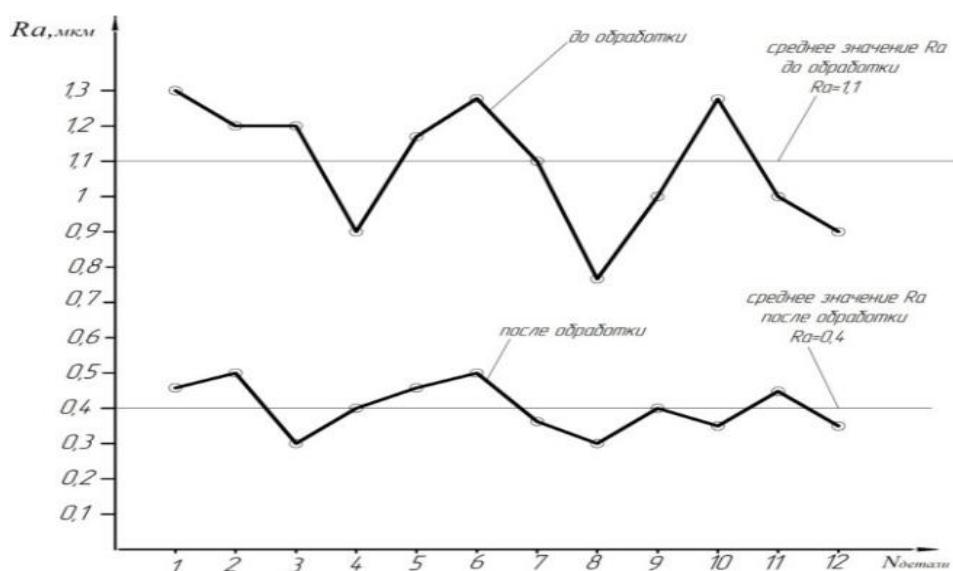
На данном станке можно осуществить также полирование заготовок. Шлифование и полирование осуществляются применением специальных кассет вставленные вместо абразивных дисков.



**Рис.6.** Кассетные инструменты для центробежной абразивной обработки шариков

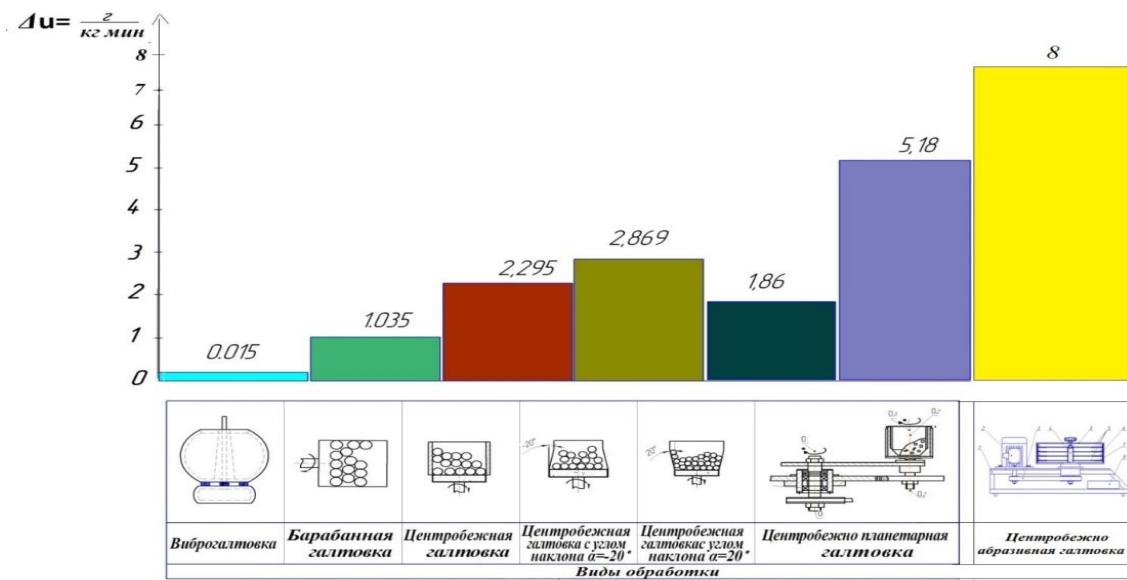
При шлифовании в кассетах обеспечивается шероховатость поверхности изделия в пределах  $R_a = 0,3-0,5$  мкм (рисунок 7), что даёт возможность последующим полированием обеспечить требуемую качество изделия.

**Сравнение способов обработки по производительности.** На рис.8 представлено сравнение различных методов обработки самоцветов с точки зрения их производительности. Производительность каждого из методов была установлена в результате экспериментальных исследований. Оценка производительности проводилась как количество материала, обрабатываемого за одну минуту с 1 кг заготовки. Показатели производительности выражены в г/кг мин. Из рисунка видно, что виброгалтовка имеет наименьшую производительность, в то время как производительность многоинструментального станка превосходит таковую других методов. Этот способ обработки позволяет формировать сферические тела из исходных кубиков без необходимости промежуточной обработки.



**Рис.7.** Изменение шероховатости до обработки и после обработке на многокассетном центробежном станке.

В связи с этим, разработанная конструкция станка обеспечивает существенное повышение производительности и точности обработки изделий, таких как шарики из полудрагоценных и поделочных камней. Кроме того, расширенные функциональные возможности устройства позволяют одновременно обрабатывать материалы с различными физико-химическими свойствами. По результатам экспериментальных исследований установлено, что производительность многодискового станка достигает 8 г/(кг\*мин), что значительно превосходит производительность барабанной галтовки (1,035 г/(кг\*мин)) и планетарно-центробежной обработки 5,18 г/(кг\*мин)).



**Рис.8.** Сравнение разных видов галтовки по производительности

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В ходе исследования выполнены научно обоснованные разработки в области технологии и конструктивных решений, направленные на повышение эффективности обработки изделий из хрупких неметаллических материалов. Результаты подтверждены рядом публикаций и научных трудов [1-А—24-А].

2. Разработан и запатентован станок новой конструкции для центробежной абразивной обработки (малый патент № ТJ 1361), который позволяет формировать сферические заготовки из кубических блоков, вырезанных из полудрагоценных и поделочных камней, без необходимости предварительной или промежуточной обработки. Эффективность предложенного решения подтверждена теоретическими и экспериментальными исследованиями, а также отражена в ряде публикаций [1-А-2-А], [5-А-6-А], [8-А], [15-А-17-А], [19-А-24-А].

3. Приведены конструкторские и технологические разработки, по проектированию и изготовление станка для обработки полудрагоценных и поделочных камней обеспечивающий повышение производительности и качество обработки [1-А-2-А], [5-А-6-А], [8-А], [11-А-14-А], [15-А-19-А], [20-А-24-А].

4. Установлена зависимость производительности обработки от технологических факторов, таких как: линейная скорость инструмента, время обработки и влияние жидкой составляющей загрузки на производительности обработки [1-А-2-А], [5-А-6-А], [8-А], [11-А], [15-А], [23-А-24-А].

5. Установлены зависимости производительности от режимов обработки позволяющие определить потери массы заготовок при получении готовых изделий, что дает возможность определить необходимое количество сырья для производство требуемого количества изделий [1-А-3-А], [5-А-8-А], [12-А-22-А].

6. Исследованы зависимости шероховатости поверхности от режимов обработки, что дает возможность управлять качеством изделия на стадии их изготовления [1-А-10-А], [12-А-24-А].

7. Изучен процесс взаимосвязи обрабатываемой поверхности с абразивным материалом во время обработки, а также определено, как количество абразива сказывается на производительность обработки [1-А-2-А], [5-А-9-А], [15-А], [16-А], [18-А-24-А].

8. С помощью математической модели были определены воздействия технологических факторов на эффективность обработки. Эти влияния представлены в форме модели, созданной посредством многофакторного экспериментального проектирования и статистической анализа полученных данных [1-А-6-А], [8-А-11-А], [13-А-18-А].

9. Полученные уравнения зависимости производительности от режимов обработки позволяют определить потери массы заготовок для получения готовых изделий в зависимости от режимов обработки, что дает возможность определить исходную массу заготовок, и необходимое сырье для производство запланированного количества изделия [8-А], [11-А-12-А], [23-А-24-А].

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов:**

- полученные результаты рекомендуется применять при разработке технологических процессов механической и абразивной обработки шариков из полудрагоценных и поделочных камней на предприятиях, занимающихся изготовлением декоративных, приборных и ювелирных изделий;

- использование центробежных станков позволяет повысить производительность обработки за счёт одновременной обработки большого количества заготовок при равномерном распределении абразивной нагрузки;

- предложенный способ обработки шариков из полудрагоценных и поделочных камней позволяет существенно повысить производительность обработки и качество изделий в условиях серийного производства, что считалось невозможным при использование существующих способах обработки;

- в производственных условиях НПП «РУХОМ» внедрена новая технология обработки полудрагоценных и поделочных камней в многопрофильном производстве.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ящерицьш, П.И., Зайцев, А.Г. Повышение качества шлифованых поверхностей и режущие свойства абразивно-алмазного инструмента. - Мин.: Наука и техника, 1972. - 478 с.
2. Кузнецов, О.К., Тельнов, А.Ф. Очистка изделий в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1982. - 264 с.
3. А.с. 617245 СССР, М.Кл В24 В11/02. Устройство для обработки шариков/П.И. Ящерицын, И.П. Филонов, А.П. Минаков и др. - №2409956/25-08; Заявлено 04.10.76; Опубл.30.07.78, Бюл. №28.
4. Орлов П.Н. Алмазно-абразивная доводка деталей. П.Н. Орлов М.: ВНИИМАШ, серия С-Х-Ч, 1972, -198с.
5. Кедров С.М. Исследование механической доводки металлов «Качество поверхности деталей машин». Сб. №3. АН СССР, 1957.
6. А.с. 554137 СССР, М.Кл.2 В24 В11/02. Станок для обработки шариков / П.И. Ящерицын, Л.А. Олендер, И.П. Филонов и др.-№2151304-08; Заявлено 08.07.85; Опубл. 15.04.77, Бюл. №14.
7. А.с. 679380 СССР, В24 В31/08. Устройство для центробежной абразивной обработки/ П.И. Ящерицын, Л.А. Олендер, И.П. Филонов и др. – №2440680/25-08; Заявлено 04.01.77; Опубл. 15.08.79, Бюл. №30.
8. А.с. 986746.СССР, МПК В24В31/08. Устройство для центробежной абразивной обработки изделий типа колец. / А.Н.Мартынов, И.Б.Колтунов, Е.Э.Зверовщиков [и др]. заявл.11.04.81. опуб.07.0183. Бюл. № 1.

## ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

### А) Статьи, опубликованные в рецензируемых журналах из перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

**[1-А]. Холов Ф.Б.** Применение центробежной абразивной обработки при изготовлении изделий из полудрагоценных и поделочных камней Холов Ф.Б., Мирзоалиев И, Ходжаев Т.А. // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. № 2 (70) 2025 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2025. – С.67-78, ISSN 2520-2227.

**[2-А]. Холов Ф.Б.** Многоинструментальный станок для обработки шариков Холов Ф.Б // Наука и инновация. Серия: Серия геологических и технических наук. №4., 2024. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2024, С.54-62, ISSN 2664-1534.

**[3-А]. Холов Ф.Б.** Влияние режимов резания на производительность процесса центробежной абразивной обработки шариков на станке с направляющими пластинами Холов Ф.Б., Имомов Н.Б., Мирзоалиев И.М., Гулов С.С. // Наука и инновация. Серия: Серия геологических и технических наук. №1., 2024. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2024. - С.66-74, ISSN 2664-1534.

**[4-А]. Холов Ф.Б.** Экспериментальное исследование процесса центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней на станке с направляющими пластинами - Имомов Н.Б., Мирзоалиев И., Холов Ф. Б. //

Вестник Таджикского технологического университета. №4/1 (55)., 2023. - Душанбе 2023. С.17-24, ISSN 2707-8000.

**[5-А]. Холов Ф.Б.** Исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней Холов Ф.Б. // Наука и инновация. Серия: Серия геологических и технических наук. №3., 2022. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2022. - С.77-84, ISSN 2664-1534.

**[6-А]. Холов Ф.Б.** Перспектива галтовки самоцветных камней, для развития формообразования и обеспечения качества продукции Бобоев Д.М., Мирзоалиев А.И. Амонов С.Т., Холов Ф.Б. // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. № 2 (58) 2022 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2022. – С.100-106, ISSN 2520-2227.

### **Б) Изобретения по теме диссертации**

**[7-А]. Холов Ф.Б.** Малый патент Республики Таджикистан № ТJ 1589. Галтовочный барабан // Амонов С.Т. (ТJ); Мирзоалиев И. (ТJ); Мирзоалиев А.И. (ТJ); Холов Ф.Б. (ТJ); Имомов Н. (ТJ), Ашурев К.Х. (ТJ). // Республика Таджикистан. Патентное ведомство. На изобретение выдан малый патент № ТJ 1589. Душанбе: 2025.: Заявление №2401986.

**[8-А]. Холов Ф.Б.** Малый патент Республики Таджикистан № ТJ 1361. Устройство для многодисковой центробежной абразивной обработки шариков // Холов Ф.Б. (ТJ); Убайдуллоев А.Н. (ТJ); Мирзоалиев И. (ТJ); Мирзоалиев А.И. (ТJ); Амонов С.Т. (ТJ); Маҳмадуллоев Р.З. (ТJ), Ашурев К.Х. (ТJ). // Республика Таджикистан. Патентное ведомство. На изобретение выдан малый патент № ТJ 1361. Душанбе: 2023.: Заявление №2201668.

### **В) Статьи, опубликованные в научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU**

**[9-А]. Холов Ф.Б.** Влияние режимов обработки на исправление формы шаровидных изделий из самоцветных камней при обработке на станке с направляющими пластинами - Имомов Н.Б., Мирзоалиев И., Холов Ф. Б. // Политехнический вестник. Серия: Серия Техника и Общество. № 3 (3), 2023 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023.

**[10-А]. Холов Ф.Б.** Исследование возможности обеспечение равномерности изнашивания инструмента при обработке на центробежном станке с направляющими пластинами - Имомов Н.Б., Мирзоалиев И., Холов Ф. Б. // Политехнический вестник. Серия: Серия Техника и Общество. № 2 (2), 2023 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023.

**[11-А]. Холов Ф.Б.** Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней - Холов Ф. Б., Мирзоалиев И., Имомов Н.Б. // Политехнический вестник. Серия: Серия Техника и Общество. № 1 (1), 2023 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023. – С.4-11.

**[12-А]. Холов Ф.Б.** Планетарно-центробежная обработка заготовок из самоцветных камней - Мирзоалиев И., Мирзоалиев А. И., Ходжаев Т. А.,

Имомов Н.Б, Холов Ф.Б. // Международный научный журнал «Научные горизонты», № 8(60) | 2022., ISSN 2587-618X., С.51-61.

**[13-А]. Холов Ф.Б.** Барабанная галтовка заготовок из самоцветных камней - Мирзоалиев И., Мирзоалиев А. И., Орифова Х.Ф., Холов Ф.Б., Мамадназарова М. С. // Международный научный журнал «Научные горизонты», № 8(60) | 2022, ISSN 2587-618X., С.62-71.

### **Г) Статьи, опубликованные в материалах конференции**

**[14-А]. Холов Ф.Б.** Обработка самоцветных камней на галтовочном барабане усовершенствованной конструкции - Амонов С. Т.1, Холов Ф. Б.1, Эмомов Н. Б.1, Луговой В. П.2, Мирзоалиев И.1 // Материалы 17-й Международной научно-технической конференции: Приборостроение-2024., Белорусский национальный технический университет, 26–29 ноября 2024 года, С.110 -111, Минск, Республика Беларусь.

**[15-А]. Холов Ф.Б.** Исследование процесса галтовки самоцветных и поделочных камней на многодисковом центробежном станке - Холов Ф.Б., Мирзоалиев И., Ашурев К.Х., Амонов С.Т. // Международную научно-практическую конференцию на тему «Современные задачи машиностроительной промышленности», посвящённую 50-летию образования кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и ускоренной индустриализации Республики Таджикистан как четвёртой цели национальной стратегии. 31 октября 2024г. - Душанбе -2024.

**[16-А]. Холов Ф.Б.** Изготовление шариков из самоцветных камней на многоинструментальном центробежном станке - Убайдуллоев А. Н., Мирзоалиев И., Мирзоалиев А. И., Холов Ф. Б., Амонов С. Т. // Машиностроение и техносфера xxі века Сборник трудов XXXI Международной научно-технической конференции, г. Севастополь, 16 – 22 сентября 2024 г. С. 366-370. Донецк 2024.

**[17-А]. Холов Ф.Б.** Исследование динамики процесса формообразование шариков при центробежной абразивной обработке - И. Мирзоалиев, Х.Ф. Орифова, Т.А. Ходжаев, Ф.Б. Холов // Международную научно-практическую конференцию наука – основа инновационного развития. 18-19 апреля. - Душанбе -2024.

**[18-А]. Холов Ф.Б.** Исследование шероховатости поверхности при обработке на центробежном станке с направляющими пластинами - Н.Б. Имомов, И.М. Мирзоалиев, Ф.Б. Холов, С.Т. Амонов // Международную научно-практическую конференцию наука – основа инновационного развития. 18-19 апреля - ДУШАНБЕ -2024.

**[19-А]. Холов Ф.Б.** Влияние количества абразива на производительность обработки при галтовке Мирзоалиев А.И., Мамадназарова М.С., Холов Ф.Б., Имомов Н.Б. // Материалы международной научно - практической конференции «Современные проблемы точных наук в подготовке высококвалифицированных кадров для горно - металлургической отрасли страны» посвящённой «Двадцатилетию изучение и развития естественных,

точных и математических наук в сфере науки и образования» -2020-2040 гг. С.12-14. Бустон 2023.

**[20-А]. Холов Ф.Б.** Устройство для многодисковой центробежной абразивной обработки шариков - Холов Ф.Б.1, Луговой В.П.2, Мирзоалиев И.1. // Материалы 15-й Международной научно-технической конференции: Приборостроение-2022., Белорусский национальный технический университет, 16–18 ноября 2022 года Минск, Республика Беларусь., С.275-276.

**[21-А]. Холов Ф.Б.** Способ центробежной абразивной обработки - Б.Ф. Холов, А.Н. Убайдуллаев. // Международная молодёжная Научная конференция «новые материалы xxI века: разработка, диагностика, использование» (россия, москва, 21-24 апреля 2020 г.) С.210-214, УДК 532.528.6.

**[22-А]. Холов Ф.Б.** Центробежная абразивная обработка шариков - Ашуроев К.Х., Холов Ф.Б., Ҳақёров И. // Материалы международной научно-практической конференции (15 - 16 октября 2021 года) ЧАСТЬ 1. - Душанбе 2021., С.124-128.

**[23-А]. Холов Ф.Б.** Центробежно ротационная обработка поверхностей деталей - Холов Ф.Б., Ашуроев К.Х., Зайниддинов Д.Р. // Материалы республиканской научно – практической конференции: «Конкурентные преимущества национальной экономики на пути к новой модели экономического роста» Технологический университет Таджикистана-Душанбе (24-25 апреля 2020 г), часть 1, С.185-187.

**[24-А]. Холов Ф.Б.** Разработка инструментов для центробежной абразивной обработки с гальваническим покрытием - Убайдуллаев А.Н., Холов Ф.Б. // Материалы международной научно – практической конференции: «Энергетика региона: состояние и перспективы развития» / Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими - Душанбе: «Промэкспо», 2019. - С. 178-183, часть 2.

ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ  
ЧУМХУРИИ ТОЧИКИСТОН  
ДОНИШГОХИ ТЕХНИКИИ ТОЧИКИСТОН  
ба номи академик М.С. Осимӣ

*Бо ҳуқуқи дастнавис*



ВБД: 621.34.4

**ХОЛЗОДА Фаридун Бурӣ  
(ХОЛОВ Фаридун Буриевич)**

**КОРКАРДИ САҚҚОҲО АЗ САНГҲОИ НИМҶИМАТБАҲО ВА  
ОРОИШӢ ДАР ДАСТГОҲҲОИ МАРКАЗГУРЕЗ**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (PhD),  
доктор аз рӯи ихтисоси 6D071200 – Мошинсозӣ (6D071206 - Мошинҳо,  
агрегатҳо ва равандҳо (6D071206-01 - илмҳои техникӣ))

Душанбе 2025

Кор дар кафедраи технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металбурии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимиӯ иҷро карда шудааст.

**Роҳбари илмӣ:**

**Мирзоалиев Истроил,**

номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металбурии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимиӯ.

**Муқарризони расмӣ:**

**Иброгимов Ҳолназар Исломович,**

доктори илмҳои техникӣ, профессор, профессори кафедраи технологияи маснӯоти наассоции Донишгоҳи технологииси Тоҷикистон

**Исоев Умар Пирназарович,** номзади илмҳои техникӣ, дотсент, дотсенти кафедраи механикаи назариявӣ ва графикаи мӯҳандисии Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншоҳ Шоҳтемур

**Муассисаи пешбар:**

Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ

Ҳимояи диссертатсия санаи «12» феврали соли 2026, соати 09:00 дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии 6D.KOA - 028 дар назди Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимиӯ, дар суроғаи: 734042, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10а баргузор мегардад. E-mail: [adlia69@mail.ru](mailto:adlia69@mail.ru), тел.: 918641755.

Бо матни диссертатсия дар китобхона ва сомонаи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимиӯ шинос шудан мумкин аст. [www.ttu.tj](http://www.ttu.tj)

Автореферат «\_\_» \_\_\_\_\_ с. 2025 фиристода шудааст.

**Котиби илмии**  
**шурои диссертатсионӣ,**  
**номзади илмҳои техникӣ, дотсент**



**Сайд А.Х.**

## МУҚАДДИМА

Кор ба омӯзиши маҷмӯи раванди омода намудани саққоҳо аз сангҳои нимқимматбаҳо ва ороиши бо усули коркарди абразивии марказгурез бахшида шудааст.

Технологияҳои мавҷудаи коркарди сангҳои нимқимматбаҳо дар истеҳсоли заргарӣ ба истеҳсоли маснуоти ягона ва хурдсилсилавӣ асос ёфта, дар натиҷа каммаҳсул мебошанд. Вазни қиёсии меҳнати дасти зиёд буда, ба талаботи ҳозира ҷавобгӯ намебошад. Талаботи қалон ба маснуоти заргарӣ аз сангҳои нимқимматбаҳо такмил додани технологияи истеҳсоли онҳо ва коркарда баромадани усулҳои самарабахши коркарди онҳоро талаб мекунад. Яке аз чунин усулҳо ин коркарди абразивии марказгурез мебошад. Мо усулҳои нави коркарди марказгурези сангҳои нимқимматбаҳоро коркарда баромадем ва онро бо нахустпант ҳифз намудем. Үнсурҳои асосии аксари маҳсулоти аз сангҳои нимқимматбаҳо соҳташуда саққоҳои диаметрҳои гуногун мебошанд. Дар кор тадқиқи равандҳои марказгурезӣ коркарди саққоҳо аз сангҳои ранга, таъмини ҳосилнокии баланд ва сифати коркард омӯхта мешавад.

Сангҳои ранга саҳтии баланд ва ҳамзамон шикасташавӣ доранд. Аз ин рӯ, ҳангоми коркарди онҳо сарбориҳои таъсирбахш бояд бартараф карда шаванд. Усулҳои коркарди абразивии марказгурез ва равандҳои технологиё, ки ба истифодаи онҳо асос ёфтаанд, ба ин талаботҳо ҷавобгӯянд.

**Мубрамияти** тадқиқот бар он асос ёфтааст, ки ҷумҳурии мо захираҳои бузурги ба таври кофӣ истифода нашудаи конҳои санги қиматбаҳо дорад. Сабаби асосии истифодаи нокифояи ин сангҳо дар он аст, ки дар саноати заргарӣ дастгоҳҳо маҳсулнокии паст ва меҳнатталабии қалони технологияи коркарди истифодашаванда доранд. Аксари технологияҳои мавҷуда ба истеҳсоли маснуоти ягона ва хурдсилсилавӣ асос карда шудааст, ки ҳароҷоти ҳудро ҳангоми коркарди сангҳои қиматбаҳо рӯйпӯш менамояд.

Ҳаҷми истеҳсоли маснуоти санги ранга аз сангҳои нимқиматбаҳо хеле зиёд аст, вале арзиши воҳиди онҳо паст мемонад. Баланд бардоштани самаранокии коркарди маҳсулот асоси кам кардани ҳароҷот ва баланд бардоштани даромаднокӣ мебошад. Имрӯз, коркарди абразивӣ усули асосии омодасозии маснуот аз сангҳои нимқиматбаҳо мебошад. Коркарди абразивӣ яке аз марҳилаҳои нисбатан муҳими коркарди сатҳи маснуот ҳисобида мешавад.

Бо ёрии коркарди абразивӣ метавон амалиёти сүфтакунӣ, сайқалдихӣ, коркард, хонингонӣ, суперпардоздихӣ ва монанди инҳоро иҷро намуд. Онҳоро ҳам дар истеҳсоли маҳсулот ва ҳам дар рафти коркарди ниҳоии маводи фулузӣ ё табии истифода менамоянд. Дар кори диссертационии пешниҳодшаванда маҳсулнокии усулҳои гуногуни галтовка, аз он ҷумла усулҳои мавҷуда ва аз нав коркардшаванда тадқиқ гардидааст. Муқаррар карда шудааст, ки усули нисбатан ояндадори галтовка ҳангоми коркарди сангҳои ранга усули коркарди марказгурези абразивӣ ба шумор меравад.

Маҳсулнокӣ ва сифати коркардро метавон бо истифодаи ин усулҳо батаври назаррас беҳтар намуд. Бо назардошти ин метавон хулоса баровард, ки коркарди дастгоҳҳо ва технологияҳои ба истифодаи усули марказурези абразивии галтовка асосёфта мубрам аст.

**Дараҷаи омӯзиши тадқиқот.** Кор аз ҷумла тадқиқоти назариявӣ ва тарибавии раванди коркарди сангҳои ранга бо усули коркарди марказурезӣ пурра анҷом дода шудаанд. Дастгоҳ барои коркарди абразивии марказурезӣ соҳташуда ва бо нахустпант ҳифз карда шудааст. Натиҷаҳои тадқиқот дар ҷараёни таълим ва ҶДММ “Рӯҳом” – и шаҳри Душанбе ҷорӣ карда шудаанд.

**Алоқамандии кор бо барномаҳо ва мавзӯъҳои илмӣ.** Тадқиқоте, ки дар диссертатсия пешниҳод карда шудааст, бевосита ба самти илмии кафедраи технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металбурии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими, Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030 (№636, аз 01.12.2016 с.), Қонуни ҶТ дар бораи металлҳои қимматбаҳо ва сангҳои қимматбаҳо (№215, аз 06.05.2006) ва Барномаи рушди саноати мошинсозии ҶТ дар солҳои 2020-2025 (№527, аз 29.09.2020 с.).

## ТАВСИФИ ҮМУМИИ КОР

**Мақсади кори диссертатсионӣ чунин аст:** баланд бардоштани маҳсулнокии раванди омодасозии саққоҳо аз сангҳои ранга бо роҳи такмилдиҳии дастгоҳҳо ва технологияи истеҳсолот.

**Вазифаи гузошташуда ҳалли як қатор масъалаҳои амалий ва назариявири пеш мегузорад:**

- коркарди дастгоҳҳо ва таҷхизонидани технологияи имкондиҳандай омодасозии маҳсулоти саққоҷаҳо бе коркарди мобайни аз кубики сангҳои рангаи буридашуда;
- омӯзиши кинематика ва динамикаи раванди коркарди саққоҷаҳо бо мақсади муайян намудани омилҳои асосии ба параметрҳои раванди коркард таъсиррасонанда;
- гузаронидани таҷрибаҳои бисёромила доир ба ошкорсозии реҷаҳои ҳамбастаи коркард ва маҳсулнокии равандҳо;
- имконияти коркарди серолоти марказурези абразивӣ барои ноил шудан ба ҳосилнокии баланд ва таъмини сифат дар коркарди маснуоти сангҳои ранга таҳлил карда шуд;
- майдонҳои оптималии татбиқи коркарди серолоти марказурези абразивӣ барои коркарди масолеҳи саҳт ва шикаста муайян карда шудаанд.

**Ба сифати объекти тадқиқот** дар ин кор дастгоҳ барои коркарди бисёрдискаи марказурези абразивӣ ва сангҳои рангаи коркардшаванда баррасӣ карда мешаванд.

**Мавзӯи тадқиқот:** мавзӯи тадқиқот сангҳои рангаи нимқиматбаҳо – аметист, оғит, лоҷувард, лаъли қабуд ва монанди инҳо ба шумор меравад.

**Методология ва усулҳои тақиқот.**

**Барои ҳалли масъалаҳои гузошташуда усулҳои зерин тадқиқот истифода мегардад:**

- усули таҳлил, тасниф ва батартибоварии иттилооти ибтидой;
- усулҳои тадқиқоти таҷрибавии равандҳои башаклдарории саққочаҳо;
- усулҳои статистикии банақшагирии таҷрибаҳо ва коркарди маълумоти эксперименталӣ;
- усули андозагирӣ-муқоисавии баҳодиҳии натиҷаҳо;
- ҳалли техникии масъалаҳои баланд бардоштани маҳсулнокии коркард.

**Навғонии илмӣ** зеринро дар бар мегирад, ки дар он:

- тарзи нави коркарди серолоти марказгурези абразивӣ, баланд бардоштани маҳсулнокии коркард ва беҳтаргардонандаи сифати сатҳи маснуоти коркардшаванда пешниҳод ва омӯхта шуд;
- дастгоҳи серолоти аз кубики сангҳои рангаи буридашуда барои ташаккулдихии маҳсулоти саққошакл бе коркарди мобайнӣ имкондиҳанда (нахустпатент таҳти №ТJ 1361) таҳия гардидааст;
- формулаҳои ҳисобие, ки вобаста аз реҷаҳои коркард имкони ҳисоби маҳсулнокии коркард ва дақиқии шакли саққочаҳо аз сангҳои рангаро медиҳанд, ба даст оварда шуданд;
- коркардҳои нави кострукторӣ ва технологӣ доир ба лоиҳакашӣ ва тайёркунии дастгоҳҳо барои коркарди сангҳои ранга, ки баланд бардоштани маҳсулнокӣ ва сифати коркардро таъмин менамоянд, оварда шуданд;
- вобастагии маҳсулнокӣ аз реҷаи коркард, ки барои муайян намудани талафи вазни маҳсулот ҳангоми ба даст овардани маснуоти тайёр имкон медиҳад ва он барои муайян намудани миқдори зарурии ашёи хом дар истеҳсоли теъдоди талаботии маснуот имкон фароҳам меоварад муқаррар карда шуд;
- вобастагии шаҳшӯлии сатҳ аз реҷаҳои коркард, ки имкони идоракунии сифати маснуотро дар марҳилаи омодасозии онҳо медиҳад, тадқиқ карда шуд;
- бо роҳи коркарди статистикии натиҷаи таҷрибаҳои бисёромила модели математикии раванди коркард ба даст оварда шуд.

**Аҳамияти назариявии кор дар амалҳои зерин ҷамъбаст мегардад:**

- омӯхтани кинематика ва динамикаи раванди коркарди дастгоҳҳои марказгурезӣ навъҳои гуногун;
- баҳодиҳии таъсири омилҳои технологӣ ба ҳосилнокии раванд, ки натиҷаи он шакли моделҳои математикий дар асоси банақшагирии бисёrfактораи таҷрибавӣ ва баҳодиҳии омории натиҷаҳои тадқиқот гирифта шудааст;
- муодилаҳои бадастомадаи вобастагии ҳосилнокии меҳнат аз реҷаҳои коркард имкон медиҳад, ки талафи вазни маҳсулот барои гирифтани маҳсулоти тайёр вобаста аз реҷаҳои коркард муайян карда шавад массаи ибтидоии маҳсулот ва ашёи хоми зарурӣ барои истеҳсоли миқдори пешбинишудаи маҳсулот муайян карда шавад;

- кор карда баромадани тавсияҳо оид ба муайян кардани майдони истифодаи самарабахши таҷҳизот ва асбобҳои технологи, ки аз руи шарти коркарди абразивии марказгурез кор меқунад.

#### **Аҳамияти амалии кор дар амалҳои зерин ҷамъбаст мегардад:**

- тарзи коркарди серолоти марказгурези абразивӣ, ки ба коркарди якваҷтаи маҳсулот аз сангҳои ранга бо ҳосиятҳои гуногуни физикию кимиёвӣ имкон медиҳад, таҳия гардид;

- натиҷаҳои кор метавонад, ки барои иҷрои амалиёти бартарафсозии дағар буғурӣ ва доирашакл намудани тегаҳои тези маҳсулот аз маводи гуногуни тариқи дастӣ иҷрошаванд (амалиёти чelongarӣ), инҷунин дар корхонаҳои омодасозандай маснуоти заргарӣ аз сангҳои ранга истифода гарданд;

- дастгоҳҳои маҳсулнокиашон баланд, ки барои омода соҳтани маҳсулоти саққошакл аз маҳсулоти ибтидой дар намуди кубики сангҳои буридашудаи ранга бе коркарди мобайнӣ имкон медиҳанд ва онҳоро дар истеҳсолоти заргарӣ ҳангоми омодасозии маснуот аз сангҳои ранга истифода бурдан мумкин аст, таҳия карда шуд;

- таъсири омилҳои калидии ба равандҳои буғии коркард, ба маҳсулнокии коркард ва сифати сатҳҳо таъсиррасон муқаррар карда шуданд;

- дастгоҳи серолоти маҳсус, ки дар он тадқиқоти эксперименталӣ гузаронида шуда, натиҷаҳои мусбат ба даст оварда шуданд, омода ва соҳта шуд.

#### **Ба ҳимоя натиҷаҳои асосии зерин пешниҳод карда мешавад:**

- дастгоҳ барои коркарди серолоти марказгурези абразивии маснуоти шакли мудаввар аз сангҳои ранга, ки маҳсулнокии баланди коркардро таъмин менамояд, таҳия ва ҷорӣ карда шуд (патент таҳти № 1361);

- вобастагии анализикии тадқиқоти динамикии раванди башаклдарории маҳсулоти саққошакл аз параметрҳои раванди коркард;

- вобастагии эмпирикии омилҳои раванди коркард аз маҳсулнокӣ, дақиқии шакл ва сифати сатҳҳои бадастомада;

- таъсири омилҳои асосии раванди коркард доир ба шахшӯлии сатҳ ва ислоҳи шакли саққочаҳо ҳангоми коркарди марказгурези абразивӣ муайян карда шуд;

#### **Дараҷаи ӯзумонии натиҷаҳои тадқиқот.**

Ӯзумонии натиҷаҳои ба даст овардашуда баланд аст, ки ин аз ҳисоби истифодаи базаи ҳозиразамони асбобҳо ва таҷҳизоти таҷрибӣ, ҳаҷми калони маълумотҳои тарифавӣ ва коркарди онҳо бо истифода аз аппарати математикии назарияви эҳтимолият, статистикаи математики мебошад. Натиҷаҳое, ки дар қисми таҷрибии кор ба даст оварда шудаанд, бо маълумоти алакай маълуми адабиётӣ мувофиқат меқунанд.

**Соҳаи тадқиқот.** Коркарди санг дақиқ ва дақиқии баландро талаб меқунад. Коркарди санг дар дастгоҳҳои марказгурез дар доираи як қатор соҳаҳои мошинсозӣ ба якчанд самтҳои муҳими саноат мансут аст:

- таҳия ва такмил додани технологияи коркарди марказгурези сангҳо ҳамчун маҳслот ё маснуот;
- конструксия, ҳисоби дастгоҳҳои марказгурез барои коркарди маснуоти хурд (саққоҳо) аз маводҳои саҳт, шикасташаванда, гайриметаллӣ;
- оптимизатсияи параметрҳои коркард, аз қабили суръати ҷарҳзани, навъи муҳити абразивӣ, қувваи фишурдашавӣ, вақти коркард ва гайра;
- баланд бардоштани сифати коркард (масалан, сайқал додан, бартарафсозии дағар буғур, сӯфта кардан).

**Марҳилаҳои тадқиқот.** Тадқиқоти диссертационӣ дар давраи солҳои 2019-2024 гузаронидашуда, марҳилаҳои зеринро дар бар мегирад:

- таҳлили ҳолати масъала ва вазифаҳои тадқиқот;
- тадқиқи тарзҳои коркарди марказгурези абразивӣ;
- методикаи гузаронидан ва коркарди натиҷаи таҷрибаҳо;
- тадқиқоти раванди коркарди марказгурези абразивии саққоҳо дар дастгоҳи серолота.

**Пойгоҳи иттилоотӣ ва озмоиши тадқиқот.** Пойгоҳи иттилоотии тадқиқотро корҳои илмӣ – диссертацияҳо, маҷаллаҳои илмии даврӣ, конфронсҳо, захираҳои интернетӣ, инчнин маводи китобхонаи ҷумҳурияи Ӯзбекистони маркази миллии патент ва иттилоот (Маркази МП ва И) ташкил медоданд.

Кори диссертационӣ дар пойгоҳи кафедраи технологияи машиносӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металбурии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ иҷро карда шудааст.

**Кори диссертационӣ ба шиносномаи иҳтиносси илмии 6D071200 – Машиносӣ (6D071206 - Машинҳо, агрегатҳо ва равандҳо (6D071206-01 - илмҳои техникӣ)) ба бандҳои зерин мувофиқат мекунад:**

3.2.1. Коркарди асосҳои илмӣ ва методологии лоиҳакашиӣ ва оғаридани машинҳои нав, агрегатҳо ва равандҳо;

3.2.3. Тадқиқоти назариявӣ ва таҷрибавии ҷенакҳои машинҳо ва агрегатҳо ва робитаи байниҳамдигарии онҳо дар меҳаниконии комплексии равандҳо ва амалиёти асосию ёрирасон;

3.2.5. Коркарди асосҳои методологӣ ва илмии баланд бардоштани маҳсулнокии машинҳо, агрегатҳо ва равандҳо ва арзёбии самаранокии иқтисодӣ ва захираҳо;

3.2.6. Тадқиқоти равандҳои технологӣ, динамикаи машинҳо, агрегатҳо ва таъсири онҳо бо муҳити атроф.

**Саҳми шаҳсии муаллиф** лоиҳакашиӣ, таҳия, санчиши дастгоҳи соҳти нав барои коркарди марказгурези абразивии маснуот аз сангҳои ранга, гузаронидани тадқиқоти эксперименталӣ ва коркарди натиҷаи таҷрибаҳо, ширкат дар навиштани мақолаҳо, инчунин коркарди технологияи раванди коркарди саққоҳо аз маводи сангҳои гуногунро дар бар мегирад.

**Тасдиқоти натиҷаҳои тадқиқот:** Натиҷаҳои ин тадқиқот дар як қатор конфронсҳои илмии байналмилалӣ ва ҷумҳурияи Ӯзбекистони тасдиқ карда шудаанд.

Натицаҳои асосии кор дар конфронсҳо пешниҳод, муҳокима ва инчунин дар мачаллаҳои тақризшаванда чоп карда шудаанд.

• **Конфронсҳои байналмилалие, ки дар онҳо маъруза гузаронида шуд:** конфронси илмӣ-амалӣ “Энергетикаи минтақа: ҳолат ва дурнамои рушд”, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими, Душанбе, 20-21 декабря 2019с.; I-умин конфронси байналмилалии илмии ҷавонон “Маводи нави асри XXI: коркард, ташхис, истифодабарӣ” (Федератсияи Россия, Москва, 21-24 апрели 2020с.); конфронси илмӣ-амалии “Моделҳои инноватсионию сармоягузории рушди босуръати саноати Ҷумҳурии Тоҷикистон дар шароити муосир”, Донишгоҳи технологи Тоҷикистон, Душанбе, 15-16 октябри 2021с.; 15-умин конфронси байналмилалии илмӣ-техникӣ: асбобсозӣ-2022, Донишгоҳи миллии техникии Белорус, Минск, 16-18 ноября 2022с.; конфронси илмӣ-амалии “Мушкилоти муосири илмҳои дақиқ дар тайёр намудани қадрҳои баландиҳтисос барои саноати кӯҳӣ ва металлургии кишвар”, Донишкадаи кӯҳӣ-металлургии Тоҷикистон, Бӯстон, 11 марта 2023с.; конфронси байналмилалии илмӣ-амалии “Илм-асоси рушди инноватсионӣ”, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими, Душанбе, 18-19 апрели 2024с.; конфронси илмӣ-техникӣ “Мошинсозӣ ва техносоҳаи асри XXI”, Донишгоҳи миллии техникии Донетск, Донетск, 16-22 сентябри 2024с.; конфронси илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Вазифаҳои муосири саноати мошинсозӣ”, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими, Душанбе, 31 октябри 2024.; 17-умин конфронси илмӣ-техникӣ: “Асбобсозӣ”, Донишгоҳи миллии техникии Белорус, Минск, 26-29 ноября 2024с.

• **конфронси ҷумҳурияйӣ:** конфронси илмӣ-амалии “Бартарихои рақобатпазирии иқтисоди миллӣ дар роҳи модели нави рушди иқтисодӣ”, Донишгоҳи технологи Тоҷикистон, Душанбе, 24-25 апрели 2020с.

**Маводҳои диссертатсия дар раванди** таълим барои ихтисосҳои мошинсозии ДТТ ба номи академик М.С. Осими, инчунин натицаҳои кор дар фаъолияти амалии ҶДММ “РУХОМ” истифода мешавад, ки бо шаҳодатномаи даҳлдор татбиқ, тасдиқ карда шудаанд.

**Интишороти натицаҳои тадқиқот.** Дар асоси тадқиқоти гузаронидашуда ва натицаҳои бадастоварда, дар мавзуи диссертатсионӣ 24 мақолаи илмӣ, аз ҷумла 6 мақола дар мачаллаҳои илмии аз ҷониби Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон эътирофгардида интишор гардидааст. Инчунин 2 нахустпатент барои ихтироот низ гирифташуда, натицаҳо дар мачаллаҳои конфронси гуногуни илмӣ ва дигар нашрияҳо чоп гардидаанд.

**Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия.** Диссертатсия аз муқаддима, ҷор боб, хулосаҳои асосӣ, рӯйхати сарчашмаҳои истифодагардида ва замима иборат аст. Ҳаҷми умумии кор 168 саҳифа буда, ҳамааш тавассути компютер таҳия шудааст. Дар матн 6 ҷадвал, 45 тасвир, 5 замима ва рӯйхати адабиёт аз 158 номгӯй нишон дода шудааст.

## МУНДАРИЧАИ АСОСИИ КОР

**Дар сарсухан** мубрамии масъалаҳои ҳалшаванда асоснок карда шуда, тавсифоти умумии кори ичрогардида дода шудааст, мақсад ва вазифаҳои тадқиқот дарҷ гардида, навгониҳои илмӣ ва аҳамияти амалии кор ошкор шудааст, доир ба натиҷаҳои тасдиқ, татбиқ ва муқаррароти асосии ба ҳимоя пешниҳодшавандай муаллиф маълумот оварда шудааст.

### **Боби 1. ТАҲЛИЛИ ҲОЛАТИ МАСЪАЛА ВА ВАЗИФАҲОИ ТАДҚИҚОТ**

**Боби якум** маводи тафсир ва таҳлили адабиёти илмӣ-техникӣ ва патентиро доир ба тарзҳои коркарди абразивӣ дар бар мегирад. Маълумот доир ба маводи коркардшаванда, абразив ва асбобҳои абразивӣ, тарзҳои галтовкаи абразивӣ, дастгоҳҳои ҳангоми галтовкаи абразивӣ истифодашаванда гирд оварда шудааст.

Коркарди абразивӣ амалиёти интиҳоёбанда, ташаккулдиҳандай нишондиҳандаҳои талаботии сифати сатҳ ва аниқии андозаҳо ба шумор меравад. Коркарди абразивӣ бо истифодаи асбоб ва дастгоҳҳои маҳсус амалӣ карда мешавад. Қисми таркибии асбобҳо зарраҳои абразивӣ ё ғурӯшаҳои аз ҳад саҳт мебошанд. Ҳангоми коркарди абразивӣ ба маҳсулот андозаҳои мувоғиқ, шакли аниқ ва сифати сатҳи он дода мешавад. Ба коркарди абразивӣ суфтакунӣ, созкунӣ, сайқалдиҳӣ, хонингонӣ тааллук дорад.

Ҳангоми коркарди абразивӣ тарошаҳои гирифташуда ба зарраҳои абразивӣ табдил дода мешаванд. Зарраҳои алоҳида аз тарошаҳои хурдтарин гирифта мешавад. Теъдоди зарраҳои дар як вақт коркунанда зиёд аст. Аз ин рӯ, раванди коркарди абразивӣ хеле пурмаҳсул аст. Ин равандҳо дар истеҳсолоте, ки он ҷо ҷузъҳои дақиқ бо шаҳшӯлии камтарини сатҳи он истеҳсол қарда мешавад, хеле талаботи калон доранд.

Ҳангоми омодасозии маснуот аз сангҳои ранга тарзҳои гуногуни галтовкаҳо бештар маъруфият пайдо намудаанд. Галтовка дар муҳити абразивӣ амалӣ карда мешавад ва равандҳои чудо кардани мавод бо равандҳои коркарди абразивии суфтакунӣ, сайқалдиҳӣ, созкунӣ умумиятҳои зиёд доранд. Бисёр вақт дар устувонаи галтовка амалиёти суфтакунӣ ё сайқалдиҳӣ амалӣ карда мешавад. Моҳияти физикии раванди коркарди абразивӣ бо абразиви озодро олимони зиёд, чун Гребеншиков И.В., Л.А. Олендер., Шубников А.В., Качалов Н.Н., Честнов А.О., Ящерицын П.И., Кедров С.М., Панасов П.П., Кузнецов С.М., Щегол М.Я., Орлов П.Н., Кремень З.И., Сорокин В.М., Барон Ю.М., Сакулович Ф.Ю., А.Н. Мартынов., Брандт В. Ва дигарон тадқиқ намудаанд. Тарзҳои мавҷудаи галтовка, соҳаи истифодабарии онҳо, бартарӣ ва камбудиҳои ин тарзҳо ҳангоми коркарди маводи саҳтиашон баланд ва дар як вақт зудшикане ба мисли сангҳои ранга таҳлил карда шуданд.

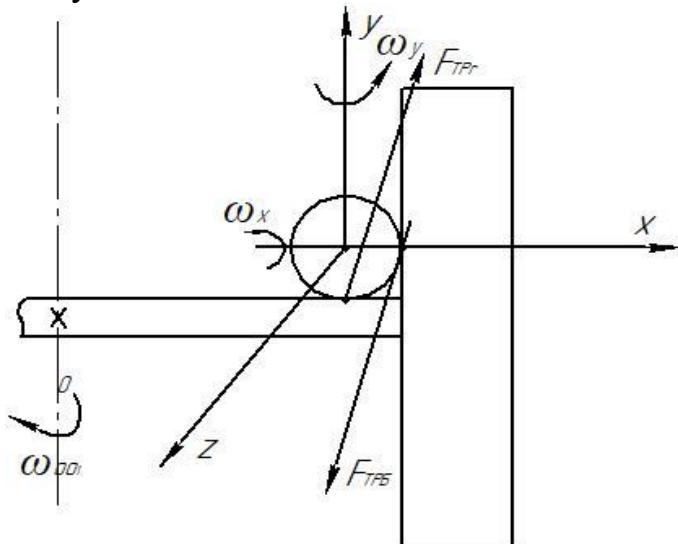
### **Боби 2. ТАДҚИҚИ ТАРЗҲОИ КОРКАРДИ МАРКАЗГУРЕЗИ АБРАЗИВӢ**

Галтовка яке аз усулҳои калидии башаклдарорӣ барои маҳсулот аз сангҳои нимқиматбаҳо ва сангмайдаҳо ба шумор меравад. Моҳияти раванди

мазкур дар он аст, ки дар зарфи маҳсус омехтае чойгир карда мешавад, ки аз маҳсулот, маводи абривай ва моеи ҳаракатро мураккабгардонанда таркиб ёфтааст. Дар натиҷаи таъсири байниҳамдигарии байни маҳсулот, абрив ва моеи коркарди сатҳи маснуот ба амал меояд.

Дар баробари ин тегаҳои тез ҳамвор гардида, маҳсулот шакли даврашакло мегирад. Ҳусусияти истифодаи галтовка барои коркарди сангҳои нимқиматбаҳо сангмайдачунин аст, ки ҳангоми коркард сарбориҳои зарбавӣ иҷозат дода намешавад. Сабабгори сангҳои зудшикан мебйошад. Ҳангоми сарбориҳои зарбавӣ пайдоиши шикаст кафидани санг имкон дорад, ки сифати коркардро паст менамояд. Аз ин рӯ, ҷустани усулҳои галтовка, ки маҳсулнокии баланд ва сифати сатҳро таъмин месозад, масъалаи мубрам аст. Дар кори диссертационӣ усули нави галтовка баррасӣ гардидааст, ки маҳсулнокии баландро таъмин карда, дар як вақт имкони коркарди сангҳои рангаро бо тавсифоти гуногун медиҳад. Дар тарзи пешниҳодгардида коркард зери таъсири қувваҳои марказгурез ва дар якчанд ячейкаҳо бо истифода аз асбобҳои маҳсусбарои коркард амалӣ карда мешавад. Имкони якчанд карат баланд бардоштани маҳсулнокӣ бо роҳи афзудани шумораи ячейкаҳо вучуд дорад.

Омӯзиши раванди коркард бо истифодаи дастгоҳҳои серолотаи марказгурез-абривай барои коркарди сангҳои нимқиматбаҳо ва сангмайда дар дастгоҳи маҳсусгардонидашуда гузаронида шуд, ки принсипи кори он дар расми 1 нишон дода шудааст.



**Расми 1.** Қувваҳои таъсиrrасон ба маҳсулот ҳангоми коркард

Дар расми мазкур қувваҳои таъсиrrасон ба маҳсулот дар рафти коркарди он нишон дода шудааст. Ҳангоми кор асбоби дар худ таҷассумкунандаи давраи алмосӣ ё абривай ҷарҳ мезанад, ба маҳсулот қувваҳои инерсии марказгурез, инчунин қувваҳои соиш таъсир мерасонанд.

Раванди ҷарҳзани маҳсулот ба сифати коркарди ҷузъ таъсири назаррас дорад. Вақте ки маҳсулот таъсири байниҳамдигариро бо девораҳои устувона оғоз менамояд, соиши дар байни онҳо пайдошаванда ба ташаккулёбии шакли геометрии он нақши муҳимро мебозад. Дар ҳолати мазкур ба ҷузъ қувваи

инерсионии марказгурез –  $F_{\text{ц}}$ , соиш бо девораҳои устуона –  $F_{\text{трб}}$  ва соиш бо асбоб –  $F_{\text{три}}$  таъсир мерасонад. Зери таъсири ин қувваҳо маҳсулот дар атрофи тирҳои координатии худ чарх заданро оғоз менамояд.

Даврзанӣ қадо-қади тири амудии ОУ бо қувваи  $F_{\text{трб}}$  таъмин карда мешавад, ки аз ҳисоби соиш бо устуона ба амал меояд. Дар як вақт даврзанӣ дар атрофи тири ОХ дар зери таъсири қувваҳои соиш, ки дар асбоб  $F_{\text{три}}$  пайдо мегардад, ба вучуд меояд. Ҷойивазнамой қадо-қади радиус сабабгори чархзанӣ нисбат ба тири  $OZ$  мегардад. Дар натиҷаи даврзании сетира коркард дар тамоми сатҳҳои маҳсулот, хусусан дар қиматҳои барҷастаи он рӯх медиҳад.

Соҳти дастгоҳ дар расми 2 оварда шудааст. Қимҳои асосии дастгоҳ инҳо мебошанд: девора 1, муҳаррики барқӣ 2, барандаи тасмагӣ 3, меҳвар 4, диски абразивӣ 5, устуона 6, рӯйкаши резинӣ 7, сарпӯш 8, дастгоҳи барқии танзимкунандай зудии чархзании муҳаррики барқӣ 9.

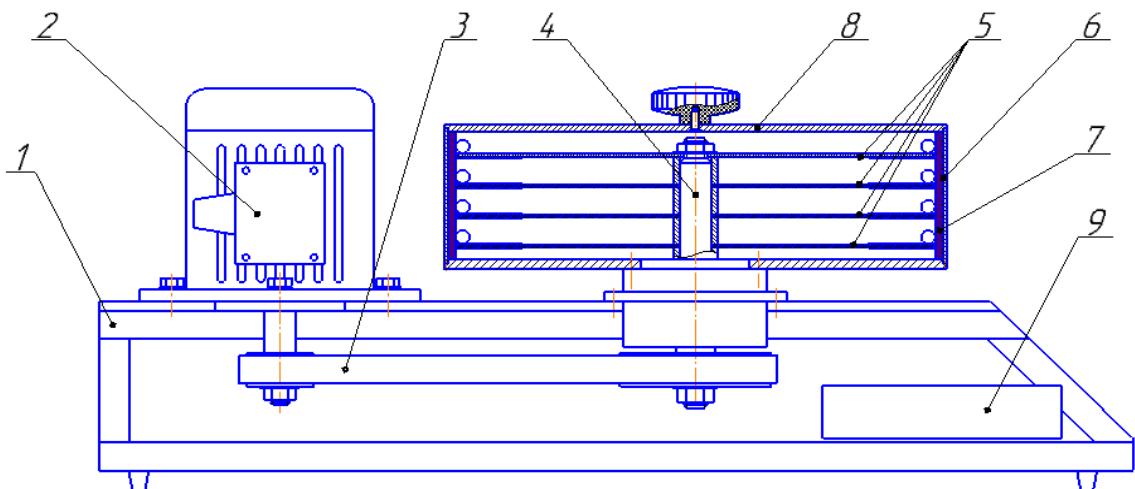
Даврзанӣ ба меҳвар 4 аз муҳаррики барқии 2 дар девора 1 насбгардида бо воситаи барандаи тасмагӣ 3 дода мешавад. Дар меҳвар 4 дискҳои абразивии 5 нақши асбобро иҷроқунанда ҳангоми коркард насб карда шудаанд. Барои пешгирий намудани афтидани маҳсулот ҳангоми коркард аз болои устуона 6 сарпӯши пешгирикунанда 8 насб гардидааст. Суръати зарурии даврзанӣ бо воситаи назоратқунандай электронӣ 9 танзим карда мешавад. Вақте ки асбоб давр мезанад, маҳсулот дар пайи он зери таъсири қувваҳои марказгурез аз марказ ба канораҳо ҷой иваз менамояд. Ҳангоми вasl бо рӯйпӯши резинии устувна суръаи ҷойивазнамоии онҳо нисбат ба устуона суст мегардад, вале дар ин маврид суръати лағжиши маҳсулот нисбат ба асбоб зиёд мешавад, ки он ба баланд шудани шиддатнокии коркард оварда мерасонад.

Дастгоҳ бо чор асбоби намуди дискҳои алмосӣ мӯчаҳҳаз гардонида шудааст. Ҳангоми коркард дар дастгоҳи мазкур дар дискҳои алоҳидаи он метавон якбора сангҳои андозаашон гуногунро коркард намуд. Дар ибтидо маҳсулот дар доҳили устуона дар болои диски поёни омехта карда мешавад, аз боло диски дигар гузошта шуда, пас аз он маҳсулоти нав ҷойгир карда мешавад ва ғайраҳо. Барои сарбории аввалини диски якум кубик аз сангҳои ранга истифода мегвардад, пас чун маҳсулот барои дискҳои дуюм маснуот ҳисобида мешавад, ки дар диски якуи коркард гардидааст. Пас аз он барои диски сеюм маҳсулоте истифода мешавад, ки коркардро дар диски дуюм гузаштааст ва ҳамин тариқ, раванд идома ёфтани мегирад.

Вақте ки номгӯйи маснуоти коркардшаванда зиёд аст, тарзи мазкури коркард имкон медиҳад, то якбора якчанд номгӯйи маснуот дар ячейкаҳои алоҳида коркард гардад.

Ҳамин тариқ, дастгоҳи соҳташуда ҳам маҳсулнокӣ ва ҳам дақиқии коркарди маснуоти саққошакл аз сангҳои нимқиматбаҳо ва сангмайдаро ба таври назаррас баланд мебардорад. Он имкониятҳои функционалиро вазеъ гардонида, дар як вақт барои башаклдарорӣ, коркарди хомакӣ ва бадастоварии маснуот мусоидат менамояд. Ҳангоми зарурат дискҳои абразивиро бо заррашаклҳои якхела истифода намуда, ин дастгоҳ метавонад, ки танҳо як амалиёт ва он ҳам бошад, бо маҳсулнокии баланд иҷро намояд. Дар дастгоҳи

мазкур инчунин сүфтакунй ва сайқалдихии маҳсулоти саққошаклро амалӣ намудан мумкин аст. Барои ин ба ҷойи диски абразивӣ сепараторҳо 1 истифода мегарданд (расми 3).



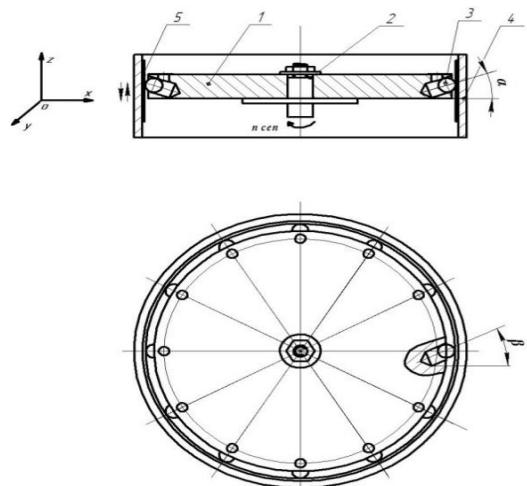
**Расми 2.** Нақшай дастгоҳи серолота барои коркарди марказгурез

Сепаратор ҷойи алоҳида дорад, ки дар он ҷузыёти коркардшаванда 3 наасб карда мешаванд. Коркард дар ин ҳангом зери таъсири қувваҳои марказгурез ва қувваҳои соиши лағжиш бо рӯяҳои асбоб ба амал меояд. Асбоб дар шакли тасмаи абразивӣ дар холигии дохилии устувона наасб карда шудааст. Тарзи мазкур барои коркарди ҷисми маснуоти ҷархзанандай андозаашон на он қадар қалон, масалан саққоҳои қутрашон то 20 мм пешбинӣ гардидааст. Ба сифати маводи ибтидой маҳсулоти кубикшакл бо тегаҳои ҳамвор кардашуда (3), ки ҳар яки онҳо дар ячейкаи инфириодии сепаратори ҷархзанда ҷойгир карда мешаванд, гирифта мешавад.

Ҳангоми ба кор даровардани сепаратор маҳсулоти дар ячейкаҳои худ қарордошта таъсири қувваҳои марказгурезро ҳис менамоянд, ки онҳоро ба асбоби абразивӣ (5) фишор медиҳад. Барои он ки аз ҳӯрдашавии пеш аз муҳлати асбоб дар ҷойи расиш бо маснуот пешгирий карда шавад, барои устувона ва ҳам абразив дар ҳамвории амудӣ иҷрои ҳаракати баргарданда-афзоишёбанда пешбинӣ карда мешавад. Дар ин маврид таъмин намудани буриши траекторияи ҷойивазнамоии маҳсулоте, ки дар сепаратори ҳамшрафт дода шудааст, муҳим аст. Бузургии қувваи марказгурез, ки маҳсулотро дар наздикии асбоб нигоҳ медорад, метавонад бо ёрии муодилаи зерин ҳисоб карда шавад:

$$F_{ц.с} = m_{заг} \times \omega^2 \times R_{сеп} \quad (1)$$

где:  $F_{ц.с}$  - центробежная сила, которая направлена радиально к оси вращения сепаратора;  $m_{заг}$  - масса изделия;  $R_{сеп}$  - это расстояние от оси вращения сепаратора до центра масс изделия.



**Расми 3.** Накшай коркарди марказгурези саққоҳ дар сепаратор

Куввае, ки ҳар як маҳсулот фишор дода мешавад, аз рӯйи вазни он муайян карда мешавад ва он новоста аз төйдоди маҳсулоти дар як вақт коркардшаванда бетағирир боқӣ мемонад. Ин қувва метавонад, ки дар доираи васеъ бо тағирир додани суръати даврзании сепаратор тағирир ёбад. Суръати даврзании маҳсулот нисбат ба тири онҳо метавонад, ки бо истифода аз муодила (3) ҳисоб карда шавад.

$$\omega_{заг} = \frac{(\omega_{ин} \pm \omega_{сеп}) \times R_{инс}}{R_{заг}}, \quad (2)$$

Дар формулаи мазкур  $\omega_{ин}$  – суръати даврзании асбоб;  $\omega_{сеп}$  – суръати даврзании сепаратор;  $R_{инс}$  – радиуси асбоб;  $R_{заг}$  – радиуси маҳсулот ифода менамояд.

Ин дастгоҳ маҳсулнокӣ ва дақиқии коркарди ҷузъиёт, ба монанди саққоҳ аз сангҳои нимқиматбаҳо ва сангмайдаҳоро ба таври назаррас афзоиш медиҳад. Он имкониятҳои функционалиро ҳангоми дар як вақт мусоидат кардан ба иҷрои ташаккулдиҳӣ, коркарди хомакӣ ва бадастоварии маснуот васеъ менамояд.

Бо ёрии ин дастгоҳ мумкин аст, ки дар як вақт сангҳои дорои андозаҳо ва ҳусусиятҳои физикий-кимиёвии гуногун коркард карда шаванд. Самаранокии истифодабарии ин дастгоҳ ҳангоми истеҳсоли молҳои гуногун, аз ҷумла маснуоти ба саноати заргарӣ тааллукдошта маҳсусан баланд аст.

Маҳсулнокии коркард бо ёрии баркашӣ муайян карда шуд. Вазни гурӯҳи ҷузъиёт то коркард ва баъди он баҳо дода шуд. Модоме ки шумораи маводи пурбор кардашаванда дар раванди коркард тағирир мейёбад, барои ба даст овардани муқоисаи объективонаи натиҷаҳои гуногуни дастаи маҳсулот маҳсулнокӣ бо фоизҳои тағирирёбии вазни ибтидой нисбат ба қимати ибтидоии он чен карда шуд. Тағирирёбии шаклҳо инчунин таносуби шакли ибтидой бо фоизҳо баҳо дода шуд.

Барои муайян намудани омилҳои асосии ба маҳсулнокӣ ва дақиқии коркард таъсиррасонанда ва ҳудудҳои тағирирёбии чунин омилҳо таҷрибаҳои якомила гузаронида шуданд.

Муқаррар карда шуд, ки давомнокии коркард яке аз омилҳои ба бузургии бардошта гирифтан ва сифати коркард таъсиррасонанда ба ҳисоб меравад. Дар доираи тадқиқоти эксперименталӣ вазифае гузошта шуд, ки чӣ тавр вақти коркард ба ҳаҷми бардошта гирифтани маҳсулот таъсир мерасонад, таҳлил карда шавад. Таҷрибаҳо дар навъҳои гуногуни мавод ва бо истифодай технологияҳои гуногунранги коркард гузаронида шуданд, ки имконияти ба даст овардани тасаввуроти пурра доир ба таъсири параметрҳои муваққатӣ ба самаранокии равандро дод.

Дар рафти таҷрибаҳо параметрҳои калидӣ, ба монанди суръати ҳаттии асбоб, андозаи зарраҳои абразив ва вақти коркард омӯхта шуданд, ки он барои ошкор намудани шароитҳои муносиб барои ба даст овардани натиҷаҳои беҳтарин мусоидат намуд. Бузургии ин омилҳо давомнокии коркард 10-60 дақиқа; зарраҳои абразивӣ 600 мкм; суръати буриш 7,85 м/сония, 13,8 м/сония, 15,7 м/сония мебошад.

Коркард ҳам дар шароити хушк ва ҳам дар шароити моеъ гузаронида шуд. Дар асоси маълумоти эксперименталии бадастоварда графикҳое соҳта шуданд, ки дар доираи омӯхташаванд ба бузургии бардошта гирифтани мавод ба таври ҳаттӣ аз давомнокии коркардро нишон доданд. Усули квадрати камтаринро истифода намуда, мо натиҷаи таҷрибаҳоро дар шакли таҳлилий пешниҳод менамоем. Муодилае, ки вобастагии маҳсулнокиро аз вақти коркард ҳангоми суръатҳои гуногуни асбоб инъикос менамояд, дар боби 4-уми кори диссертатсионии мазкур оварда шудааст.

Инчунин таъсири суръати ҳаттии асбоб ба маҳсулнокии коркард тадқиқ гардид. Суръати ҳаттии асбоб V дарозии роҳест, ки нуқтаи дар диаметри бештарини асбоб қарордошта дар 1 сония мегузараад. Тадқиқоти эксперименталии таъсири суръати буриш ба маҳсулнокии коркард гузаронида шуданд. Суръати буриш дар доираи аз 2 то 28 м/сония тағиیر меёбад. Суръати максималии асбоб бо нишондиҳандаҳои шикасти маҳсулоти ибтидой маҳдуд гардид. Суръат бо афзудани шикастҳо то 5% маҳдуд шуд. Натиҷаи таҷрибаҳо дар боби 4 оварда шудаанд.

### **Боби 3. МЕТОДИКАИ ГУЗАРОНИДАН ВА КОРКАРДИ НАТИҶАИ ТАҶРИБАҲО**

Дар боби мазкур масъалаҳои методикаи гузаронидани тадқиқоти эксперименталӣ, хусусиятҳои дастгоҳ ва асбобҳои ҳангоми коркард ва назорати сифати намунаҳо истифодашаванд дидо баромада шуданд. Тадқиқоти эксперименталии коркарди саққоҳо аз сангҳои ранга дар дастгоҳҳои устувонаи галтовкавии ҳаҷмаш  $10 \text{ дм}^3$ , устувонаи галтовкавии бо пайроҳаҳои доиравӣ таъмингардида, дастгоҳи давродавр-марказгурез, дастгоҳи серолотаи марказгурез-абразивӣ гузаронида шуданд. Ба сифати асбобҳо шиканҷаҳои алмосӣ, давраҳои бурандаи алмосӣ, давраҳои стандартии абразивӣ, инчунин абразивҳои озод истифода шуданд.

Маҳсулнокии раванди коркард аз рӯйи талафоти вазн ҳангоми коркард муайян карда шуд. Барои ин дастаи коркардшавандай маҳсулот то коркард ва

баъди он баркашида мешавад. Бо тағиирёбии вазн бузургии бардошта гирифтани маҳсулот ва маҳсулнокии коркардро муайян менамоянд. Барои баҳодиҳии объективии маҳсулнокӣ, вақте ки вазни маҳсулоти коркардшаванд ҳангоми ҳар як сарборӣ гуногун аст, маҳсулнокӣ бо камшавии вазни маҳсулот дар муқоиса бо вазни ибтидой бо фоиз муайян карда мешавад. Масалан, агар вазни ибтидой  $m_0$ , талафоти вазн баробари  $\Delta m$  бошад, пас маҳсулнокӣ ҳамчун  $\frac{\Delta m}{m_0} \times 100\%$  муайян карда мешавад.

Қимати  $\Delta m$  метавонад, ки ҳамчун фарқияти вазни маҳсулоти ибтидой  $-m_0$  ва вазни маҳсулот пас аз коркард  $-m_1$  муайян карда шавад. Маҳсулнокиро инчунин аз рӯйи тағиирёбии андоза баҳо додан мумкин аст. Усули мазкурро танҳо барои шаклҳои геометрии дуруст, масалан кубикҳо истифода бурдан мумкин аст. Барои ин андозаҳои кубикҳоро то коркард ва пас аз он чен менамоем. Бо назардошти фарқияти қимати андозаҳо то коркард ва пас аз он бузургии бардошта гирифтани маҳсулот дар амалиёти мазкур муайян карда мешавад.

Барои гузаронидани тадқиқоти эксперименталӣ дастгоҳи маҳсус таҳия карда шуд, ки ба он патенти ихтироот ба даст оварда шуд. Моҳият ва принсипи татбиқи чунин тарз дар боби 1-уми диссертатсия оварда шудааст. Ҳангоми тарзи мазкури коркард дар як вақт якчанд асбобҳои дар доҳили устувонаи беҳаракат насбгардида кор мекунанд. Теъдоди асбобҳо бо масъалаи гузошташуда муайян карда мешавад ва бо тавононии дастгоҳ маҳдуд мегардад. Дар дастгоҳи мазкур метавон дар як вақт маводи дорои хусусиятҳои гуногуни физикию кимиёйӣ, масалан сангҳои рангай саҳтиашон гуногунро коркард намуд.

Тадқиқоти эксперименталӣ, раванди иҷрои коркард дар дастгоҳи мазкур ба самти ошкорсозии имкониятҳои технологии тарзи “сердискаи галтовкаи марказгурез”, муайян намудани таъсири реҷаҳои коркард ба маҳсулнокӣ ва шакли геометрии маснуот равона карда шудааст. Ба коркард намунаҳо аз сангҳои рангай мисли оғиткалсит, лочувард, ақиқи сафед, лаъли қабуд гирифтор гардиданд. Ҳангоми тадқиқот давраҳои алмосии зарранокиашон гуногун, шиканҷаи алмосӣ, давраҳои сайқалдихӣ истифода гардид.

Маҳсулнокии коркард дар асоси ҳиссаи хоси бардошта гирифтани оммавии мавод баҳо дода шуд. Бардошта гирифтани оммавии мавод ҳамчун фарқияти вазни намунаҳо то коркард ва баъди он муайян карда шуд. Барои баркашидан тарозуи АТ-400 истифода гардид. Дақиқии баркашӣ  $\pm 0,5\text{г}$ -ро ташкил дод. Ҳиссаи хоси бардошта гирифтани оммавии мавод ҳамчун таносуби бардошта гирифтани оммавии мавод нисбат ба вазни ибтидой дар воҳиди вақт муайян карда шуд. Барои боз ҳам дақиқтар муайян кардани қимати ҳиссаи хоси бардошта гирифтани оммавии маҳсулот қимати он ҳамчун қимати миёна аз баркашии панҷ дастаи маҳсулоти коркардгардида муайян карда шуд.

**Методикаи гузаронидани тадқиқоти эксперименталӣ.** Барои муайян намудани тарзи нисбатан самараноки коркарди марказгурези абразивӣ маҳсулнокии ҳар як тарз муайян карда шуда, бо муқоисаи натиҷаҳо усулҳо

доир ба маҳсулнокиро баҳо додем. Барои баҳодиҳии маҳсулнокии коркард усули ҳиссаи хоси бардошта гирифтани оммавии маводи дар боло қайдгардидаро истифода бурдем.

Бузургии бардошта гирифтани оммавии мавод  $\Delta m$  бо фарқияти вазни намунаҳо то коркард ва пас аз он муайян карда шуд. Таносуби бузургии бардошта гирифтани оммавии мавод  $\Delta m$ -и бо граммҳо нисбат ба вазни ибтидой бо килограмм ба воҳиди вақт чен кардашударо муайян намуда, метавонем, ки маҳсулнокии усулҳои гуногуни коркардро баҳо дижем. Воҳиди ченаки маҳсулнокӣ дар ин маврид  $\frac{g}{кгҳдақиқа}$  мешавад.

Масалан, агар вазни то коркард  $m_0$  баробари 0,8 кг бошад, талафоти вазн дар натиҷаи коркард  $\Delta m = m_0 - m_1 = 20$  г ва давомнокии коркард 5 дақиқа мешавад, пас  $Q = \Delta m / m_0 \times t = \frac{g}{5 \text{ кгҳдақиқа}}$ . Ҳамин тарик, маҳсулнокии коркард ҳамчун талафоти вазн аз 1 кг-и маҳсулот дар давоми 1 дақиқа баҳо дода шуд.

Омилҳои асосии технологӣ суръати ҳаттии асбобҳо, давомнокии коркард, зарранокии абразив, шароити коркард (хушк ё моеъ) ба ҳисоб мераванд.

Барои омӯзиши таркиби сангҳо дастгоҳи баландтехнологие ба кор бурда шуд, ки бо дақиқии спектрҳо ва суръати баланди кор фарқ менамояд. Усулҳои асосие, ки барои экспертизаи сангҳо истифода мегарданд, технологияҳои спектрометрии оптикӣ ва спектроскопии инфрасурҳ, тарзҳои нозуки муайяннамоии таркиб, рентгенофлуорестсنسия, масс-спектрометрия, микротаҳлили электронӣ-зондӣ ва флуорестсنسияи энергодисперсионии рентгенӣ ба кор бурда мешаванд. Ҳамчунин усулҳои дигар, масалан резонанси электро-парамагнитӣ (РЭП), спектроскопияи фотолюминестсентӣ, люминестсенти катодӣ, масс-спектрометрияи ионҳои дуюмдараҷа (SIMS), спектрометрияи лазерии шароравии эмиссионӣ (LIBS) низ истифода мегарданд.

Усулҳои нишон додашуда на танҳо барои экспертизаи геммологии сангҳо эҷод карда шуданд, балки онҳо дар соҳаи васеътар истифода мегарданд. Аммо маълумоти асбобҳо пас аз он барои тадқиқоти минералҳо мутобиқ гардонида шуданд ва имрӯзҳо барои ин мақсадҳо самаранок ба кор бурда мешаванд. Дастгоҳ барои экспертизаи геммологӣ пурбин (микроскоп)-и романовии M532/785 ба шумор меравад.

Дастгоҳи усули романовии парешонкунӣ ва фотолюминестсенсиро истифодабаранд (онҳоро якбора ва якҷоя ба кор бурдан мумкин аст). Системаи аз ду лазер (532 нм ва 785 нм) иборат аст, ки асбобро хеле бештар универсалӣ мегардонад. Дастгоҳ ҷоизии фазоии 1 нм дошта, барои омӯзиши спектралии таркиби микрозарраҳо ва дигар микросоҳторбандишидаи объектҳо рост меояд. Инчунин дастгоҳ барои эҷоди тасвирҳои калон кардашудаи ҷуъҳои хурди соҳтори намунаҳо мусоидат менамояд.

Барои ошкор намудан ва баҳо додани қонқниятҳои раванди коркарди серолотаи марказгурези абразивӣ таҷрибаҳои якомила ва бисёромила гузаронида шуданд. Бо гузаронидани таҷрибаҳои якомила ва таъсири онҳо ба

параметрҳои раванди коркард муқаррар карда шуд, ки омилҳои асосии речай коркарди ба параметрҳои маҳсулнокӣ ва дақиқии коркард таъсири саҳтрасонандадар ҳолати мазкур инҳо мебошанд: зудии даврзании асбоб, ки суръати хаттӣ, давомнокии коркард ва зарранокии абразив (қимати миёнаи бузургии зарраи абразив)-ро муайян менамояд. Барои ошкор кардани вобастагии параметрҳои речай коркард аз параметрҳои маҳсулнокӣ, дақиқии шакл ва сифати сатҳи намунаҳои коркардшаванда таҷрибаҳои бисёромила гузаронида шуданд.

Тадқиқот бо истифодаи усули таҷрибаи пурраи омилӣ гузаронида шуд, ки ҳар яки онҳо дар ду дараҷа баррасӣ мегарданд. Шумораи таҷрибаҳо мувофиқи методикаи банақшагирии оқилонаи таҷрибаҳо муқаррар карда шуд.

Тадқиқот мувофиқи методикаи пурраи омилӣ таҷрибаҳо гузаронида шуд, ки имкони тафсирӣ раванди пурраи модели дарбаргирандаи ҳамкории байниҳамдигарии омилҳоро низ медиҳад.

**Ченқунии ғайримудавварӣ.** Барои ҷен кардани шакли ҷисми ғайримудавварии маҳсулоти даврзананда асбоб ва олоти назоратии зерин истифода мегарданд: микрометрҳои навъи гуногун, штангенсиркулҳои маҳсус – мудавварченқунакҳо (кругломер), оптиқаторҳо, проекторҳои профили оптикаӣ. Дақиқии ҷенқунии ин асбобу олот ҷунин аст: мудавварченқунакҳо – 0,0001 мм, проекторҳои профили оптикаӣ – 0,001 мм, микрометрҳо – 0,01 мм, штангенсиркул – 0,1 мм. Ҳангоми ҷен кардани маҳсулот пас аз коркарди ҳомакӣ мо штангенсиркул ва микрометрро истифода бурдем, ҳангоми коркарди ниҳоӣ бошад, проектори профилии «Optomech Profile Projector Model 400Н» (заминаи 3, расми 5) ба кор бурда шуд.

Ин асбоб ба асбобҳои комилан дақиқи назоратӣ-ҷенқунандада тааллук дорад, ки назорати зуд ва босифати маҳсулоти коркардшударо таъмин менамояд.

Ҳангоми омодасозии сақҷоҷаҳо аз сангҳои ранга маҳсулоти ибтидой шакли кубикро дорад. Дар амалиёти дигар қунҷҳо ва тегаю қуллаҳои куб қунд карда мешавад ва намуди куррашакл дода мешавад. Маҳсулнокии коркард аз рӯйи шиддатнокии бардошта гирифтани маводи маҳсулот баҳо дода мешавад. Барои ин амалӣ намудани ҷенқунии андозаҳо то коркард ва пас аз он зарур аст.

Барои ба даст овардани маълумоти боварибахш коркарди дастаи маҳсулоти на камтар аз 50 адад гузаронида шуд. Пас аз он андозаҳои камтарин ва бештарин барои ҳар як намуна муайян карда шуданд. Дар асоси натиҷаи таҷрибаҳо андозаҳои қалонтарин, ҳурдтарин ва миёнаи дастаи маҳсулотро то коркард ва баъд аз он муайян намудем. Барои баҳодиҳии объективона ва муқоисаи натиҷаҳои коркарди дастаҳои гуногун тағиирёбии шаклҳо бо фоиз нисбат ба қимати ибтидоии онҳо истифода гардид.

Маҳсулоти ибтидой ҳангоми омодасозии маснуоти куррашакл аз сангҳои ранга кубикҳои андозаи мувофиқ ба ба шумор меравад. Андозаи кубикҳо якхела нестанд. Фарқияти байни андозаҳои қалонтарин ва ҳурдтарин то коркард  $\delta_1 = L_0 - L_1$ , баъди коркард бошад,  $\delta_2 = L_{01} - L_{1.1}$  аст.

Тағирибии шаклҳо дар натиҷаи коркард аз рӯи формулаи 3 муайян карда шуд.

$$\delta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} \times 100\%$$

**Ченқунии шахшӯлии сатҳҳо.** Сифати маснуот аз сангҳои нимқиматбаҳо ва сангмайдаҳо аз бисёр ҷиҳат аз параметрҳои шахшӯлӣ, ки ҳангоми коркард пайдо мешаванд, вобаста аст. Маснуот пас аз коркард бояд бо ҳосияти ҷилодиҳии суфтагӣ бошад. Суфтагии сатҳ ва ҷилодиҳии он аз параметрҳои шахшӯлӣ, ки ҳангоми коркард пайдид мегардад, вобастагӣ дорад. Барои баҳодиҳии параметрҳои шахшӯлӣ усулҳои зеринро истифода мебаранд:

- 1) усули назарӣ (визуалӣ)-и баҳодиҳӣ бо роҳи муқоиса бо намунаҳо, ки шахшӯлии онҳо аниқ аст;
- 2) ламс кардан бо асбоби маҳсус бо мулҳақаи алмосӣ, ки онро инчунин ҳамчун усули васлӣ ном мебаранд;
- 3) ҷен кардани шахшӯлӣ бо асбобҳои оптикаи ё усули гайриваслӣ.

Натиҷаҳои нисбатан дақиқтар бо ламс кардани сатҳи маснуот ба даст меояд. Ҳангоми ламс кардан профилографҳо ба кор бурда мешаванд, ки бо миқёси додашудаи қалонгардонӣ сабти натиҷаҳои ҷенқунӣ ва профилографҳо амалӣ карда мешавад, ки натиҷаҳои ҷенқунӣ дар намуди рақамӣ дода мешавад. Асбобҳои вуҷуд доранд, ки ҳамаи ин функсияҳоро муттаҳид менамоянд ва профилографҳо – профилометрҳо номиданд мешаванд. Барои баҳодиҳии боз ҳам дақиқтари шахшӯлӣ профилометрҳо ва профилографҳо истифода мешаванд. Параметрҳои асосии муайянкунандай асбобҳои мазкур инҳо мебошанд:  $R_a$  – тамоюли миёнаи арифметикии профил;  $R_z$  – баландии нобаробари профил дар даҳ нуқта;  $R_{max}$  – баландии бештарини профил;  $S_m$  – қадами миёнаи нобаробарӣ;  $S$  – қадами миёнаи барҷастагиҳои ҷузъӣ;  $t_p$  – дарозии тақягоҳии нисбии профил, ки ин ҷо  $r$  – қимати дараҷаи буриши профил аст.

Аз шаш параметри шахшӯлии сатҳи муқаррарнамудаи ГОСТ 2789-73 барои сангҳои ранга  $R_a$  ва  $R_z$  асосӣ ба шумор меравад, зоро аз қимати ин параметрҳо ҳосияти ороишии сатҳҳои коркардшаванд вобастагӣ дорад. Қимати параметри  $R_a$  бо формулаи 4 муайян карда мешавад.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Y_i| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad (4)$$

Дар формулаи мазкур  $Y$  – қимати мутлақи тамоюли у аз ҳатти миёна,  $n$  – шумораи ҷенқуниҳои профил дар ҳудуди дарозии базавӣ аст.

$R_z$  – баландии нобаробари профил дар 10 нуқта (формулаи 3), ба панҷ барҷастагӣ ва панҷ фурӯҳамидагӣ, ки аз ҳатти миёна ҷен карда шудаанд, аз нау тақсим карда мешавад.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |Y_{bi}| + \sum_{i=1}^5 |Y_{hi}|}{5} \quad (5)$$

**Методикаи гузаронидани таҷрибаҳо ва коркарди эксперименталии маълумот.** Барои ошкор намудан ва баҳодиҳии қонуниятҳои раванди коркарди серолотаи марказгурези абразивӣ таҷрибаҳои якомила ва бисёромила гузаронида шуданд. Бо гузаронидани таҷрибаҳои якомила ва таъсири онҳо ба

параметрҳои раванди коркард муқаррар қарда шуданд, ки омилҳои асосии речай коркарди ба параметрҳои маҳсулнокӣ ва коркарди дақиқ таъсири саҳтрасонандадар ҳолати мазкур инҳо мебошанд: зудии даврзании асбоби муайянкунандай суръати ҳаттии он, давомнокии коркард ва зарранокии абразив (қимати миёнаи бузургии зарраҳои абразив).

Барои ошкор кардани вобастагии параметрҳои речай коркард аз параметрҳои маҳсулнокӣ, шакли дақиқ ва сифати сатҳи намунаҳои коркардшаванд таҷрибаҳои бисёромила гузаронида шуданд.

Тадқиқоти мазкур бо истифодаи усули таҷрибаи пурраи омилӣ доир қарда шуд, ки ҳар яки онҳо дар ду дараҷа баррасӣ мегарданд. Шумораи таҷрибаҳо мувоғиқи методикаи банақшагирии афзалиятноки таҷрибаҳо муқаррар қарда шуданд.

Тадқиқот мувоғиқи методикаи таҷрибаи пурраи омилӣ гузаронида шуд, ки ба тафсир намудани раванди пурраи модели дарбаргирандаи ҳамкориҳои омилӣ низ мусоидат менамояд.

Шумораи нуқтаҳои таҷрибавӣ аз шумораи омилҳо вобастагӣ дорад ва бо формулаи  $N = 2^k$  муайян қарда мешавад. Агар шумораи омилҳо  $k = 3$  бошад, муодилаи математикии моделро метавон дар намуди зерин навишт:

$$\tilde{Y} = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + b_3 \times X_3 + b_{1.2} X_1 \times X_2 + b_{1.3} X_1 \times X_3 + b_{2.3} X_2 \times X_3 + b_{1.2.3} X_1 \times X_2 \times X_3 \quad (6)$$

Барои муайян намудани коэффициентҳои  $b_i$  муодилаи регрессия маълумоти аз таҷриба бадастомада истифода мегардад. Барои соҳтани модели раванди коркард бо усули таҷрибаи пурраи омилӣ зарур аст:

- тартиб додани матритсаи банақшагирии таҷриба ва гузаронидани таҷриба дар нуқтаҳои додашуда;
- тафтиши аҳамияти статикии коэффициентҳои муодилаи модели математики;
- тафтиши бешубҳагии муодилаи модели математикии раванди коркарди он.

#### **Боби 4. ТАДҚИҚОТИ РАВАНДИ КОРКАРДИ МАРКАЗГУРЕЗИ АБРАЗИВИИ САҚҚОҲО ДАР ДАСТГОҲИ СЕРОЛОТА**

Ҳангоми соҳтани саққоҳо аз сангҳои нимқиматбаҳо ва сангмайдоҳо маҳсулоти ибтидой кубикҳо мебошанд. Дар марҳилаи коркарди ҳомакӣ тега ва қирраҳо бурида мешавад. Барои коркарди маснуот аз сангҳои нимқиматбаҳо ва ороиши дастгоҳҳое, ба монанди устувонаҳои галтовқавӣ, дастгоҳҳои марказгурез ва давродавр (планетарӣ), инчунин таҷҳизоти абразивиу фавворавӣ ба кор бурда мешаванд. Технологияҳои имрӯзai коркарди марказгурези абразивӣ бо истифодаи дастгоҳҳои дорои қаъри даврзандада имкон медиҳад, ки маҳсулнокии коркард ҳангоми беҳтаргардии назарраси сифати маснуот баланд бардошта шавад. Баровардани мавод аз ин гуна дастгоҳҳо аксаран аз тарафи берун амалӣ мегардад, ки он коркарди ҳаҷми бештари маснуотро таъмин менамояд.

Раванди сохтани маснугут аз сангҳои нимқиматбаҳо ва ороиши, қисман сангҳои нимқиматбаҳо, аҳамияти хосаро талаб менамояд, зеро амали беэҳтиётона метавонад, ки ба талафоти назарраси маводи қиматнок гардад. Тадқиқот нишон дод, ки истифодаи технологияи марказгурези абразивӣ бо асбобҳои дорои абразиви қайдкунанда ва дастгоҳҳои нави дорои қаъри даврзананда барои расидан ба маҳсулнокии баланд ва нисбатан коркарди оқилонаи мавод бо мубаддал гардонидани кубикҳо ба шакли саққоҳо мусоидат менамояд. Ҳангоми коркард дар ин дастгоҳҳо дар қатори маҳсулнокии баланд раванди шикастани сангҳо кам мегардад. Раванди мазкури коркардро метавон бо истифодабарии давраҳои алмосӣ нисбатан самаранок ба амал овард.

Дар ин маврид коркард бо давраи алмосбари канории ёнадор ба роҳ монда мешавад. Шумораи максималии якбора дар як вақт коркардшавандай маҳсулот дар як асбобро дар ин сурат метавон ҳамчун  $n=\pi D/1,71A$  муайян намуд, ки дар ин ҷо  $n$  – шумораи маҳсулот,  $D$  – диаметри асбоб,  $A$  – андозаи кубик (дарозии қирра) мебошад. Ҷуноне ки дастгоҳ имкони дар як вақт якбора бо якчанд асбоб коркард намуданро дорад, шумораи умумии маҳсулот дар як пурборгардониро метавон бо ифодаи  $n_{об}=nK$  муайян кард, ки  $K$  теъдоди асбобҳои дар як вақт баробар коркунанда мебошад. Бартарии дигари коркард дар дастгоҳи мазкур дар он аст, ки дар як вақт якбора маҳсулот аз маводи гуногунро бо хусусиятҳои физикию кимиёвии гуногуни истифодабарии асбобҳои алоҳида коркард намуд.

Давомнокии коркард яке аз омилҳои ба сифат ва маҳсулнокии коркард таъсирасонанда аст. Доир ба омӯзиши таъсири давомнокии коркард ба бузургии бардошта гирифтани маҳсулот тадқиқоти эксперименталӣ гузаронида шуд, ки натиҷаҳо дар зер оварда шудаанд.

Омилҳои асосие, ки ба маҳсулнокӣ ва сифати коркард таъсири бештарин мерасонанд, суръати хаттии асбоб, андозаи зарраҳои абразивӣ ва вақти коркард ба шумор меравад. Суръати хаттии асбоб аз 7,85 м/с то 15,7 м/с, вақти коркард аз 10 то 60 дақиқа, андозаи зарраи абразивӣ аз 320 то 600 микрометрро ташкил медиҳад.

Коркард дар муҳити хушк ва моеъ гузаронида шуд. Натиҷаи таҷрибаҳо дар намуди графикҳо тасвир карда шудаанд.

Бо коркарди математикии натиҷаи таҷрибаҳои бо усули квадрати хурдтарини овардашуда формулаҳои вобастагии маҳсулнокӣ аз омилҳои тадқиқшаванд ба даст оварда шуд. Дар фосилаҳои дида баромадашаванд вобастагиҳо ба функцияи хаттӣ наздик аст. Вобастагии функционалии маҳсулнокии раванд аз давомнокии коркард дар формулаҳои 7-24 оварда шудааст.

Дар формулаҳои 7-12 таносуби байни бузургииҳои бардошта гирифтани маҳсулот ва вақти коркард ҳангоми кор бо оғит нишон дода шудааст. Формулаҳои 7-9 қисман ба усули хушки коркард ҳангоме ки формулаҳои 10-12 коркарди моеъгиро тафсир медиҳад, тааллук дорад. Ғайр аз ин, вобастагии маҳсулнокӣ аз давомнокии коркарди лочувард дар формулаҳои 13-18 нишон

дода шудааст. Формулаҳои 13-15 ҳангоми коркарди хушки лочувард ва формулаҳои 16-18 ҳангоми коркард дар муҳити моеъ истифода мегарданд.

Вобастагии маҳсулнокии коркарди лаъли қабуд аз вақт дар формулаҳои 19-24 барои коркарди хушк ва бо формулаҳои 19-21 барои коркард дар муҳити моеъ нишон дода шудааст.

### Коркарди оғит:

$$Q_{1c} = f(t) = 0,2 + 0,2948t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (7)$$

$$Q_{2c} = 0,2 + 0,397t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (8)$$

$$Q_{3c} = 0,8 + 0,587t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (9)$$

$$Q_{1ж} = f(t) = 1,4 + 0,34t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (10)$$

$$Q_{2ж} = 1,2 + 0,56t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (11)$$

$$Q_{3ж} = 5,6 + 0,53t, \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (12)$$

### Коркарди лочувард:

$$Q_{1c} = f(t) = -0,2 + 0,2636t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (13)$$

$$Q_{2c} = -0,1 + 0,4t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (14)$$

$$Q_{3c} = -0,8 + 0,553t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (15)$$

$$Q_{1ж} = f(t) = 0,367t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (16)$$

$$Q_{2ж} = 7 + 0,4t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (17)$$

$$Q_{3ж} = 5,6 + 0,53t, \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (18)$$

### Коркарди лаъли қабуд:

$$Q_{1c} = f(t) = 0,3 + 0,138t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (19)$$

$$Q_{2c} = -0,3 + 0,6t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (20)$$

$$Q_{3c} = -1,1 + 0,402t \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (21)$$

$$Q_{1ж} = f(t) = -0,3 + 0,275t \text{ - при } V = 7,85 \text{ м/сек; } \quad (22)$$

$$Q_{2ж} = 4,5 + 0,39t \text{ - при } V = 13,08 \text{ м/сек; } \quad (23)$$

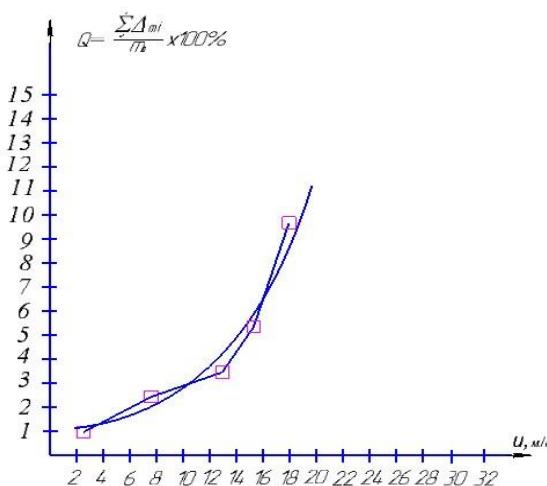
$$Q_{3ж} = 5,2 + 0,47t, \text{ - при } V = 15,7 \text{ м/сек; } \quad (24)$$

Суръати ҳаттии асбоб  $V$  дарозии роҳест, ки нуқтаи диаметри қалонтарини асбоб дар 1 сония мегузарад.

$$V = \pi \times D \times n / (60 \times 1000), \quad (25)$$

дар ин чо:  $D$  – диаметри асбоб,  $n$  – зудии даврзании асбоб (давр/с).

Тадқиқоти эксперименталии таъсири суръати буриш ба маҳсулнокии коркард гузаронида шудааст. Суръати буриш дар доираи аз 2 то 28 м/сония тағйир ёфт. Суръати максималии асбоб бо нишондиҳандаҳои шикастани маҳсулоти ибтидой маҳдуд гардид. Суръат бо афзоиш ёфтани шикастаниҳо то 5% маҳдуд шуд. Дар муҳити обӣ ва хушк коркард гузаронида шуд. Ҷӣ тавре ки аз графикҳо маълум аст, маҳсулнокии коркард бо афзудани суръати ҳаттии асбоб зиёд мешавад. Вобастагии мазкур ғайрихаттӣ аст. Таҳлили натиҷаҳо тасдиқ менамояд, ки дар муҳити моеъ шиддатнокии бардошта гирифтани маҳсулот ва мувоғиқан маҳсулнокӣ назар ба ҳангоми коркарди хушк баландтар аст.



**Расми 4.** Графики вобастагии маҳсулнокӣ аз суръати хаттии асбоб ҳангоми коркарди хушки лочувард. 1. Маълумоти эксперименталӣ.

Инчунин масъалаҳои гузаронидани таҷрибаҳои бисёромила ва коркарди маълумоти эксперименталӣ дида баромада шуданд. Таҷрибаҳои бисёромила имкон медиҳад, ки алоқамандии байниҳамдигарии омилҳо ва таъсири онҳо ба параметрҳои коркард дақиқ карда шавад. Дар рафти таҷрибаҳои бисёромила усули пурраи таҷрибаи омилӣ ба кор бурда шуд. Дар формулаи  $22 x_1, x_2, x_3$  – қиматҳои рамзгузоришудаи омилҳоро ифода менамояд. Самараи таъсири байниҳамдигарии омилҳо тавассути  $x_1x_2, x_1x_3, x_2x_3, x_1x_2x_3$  ба ҳисоб гирифта мешавад.

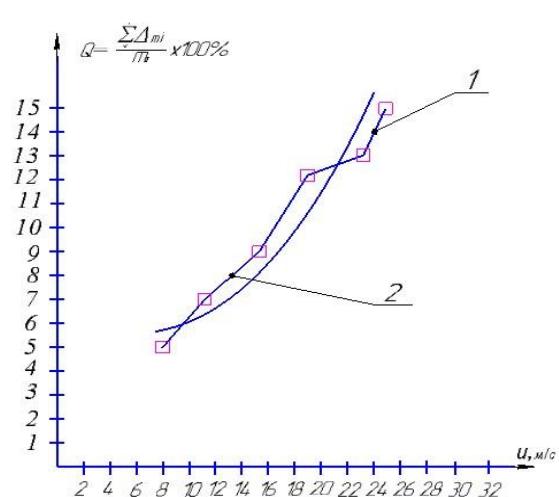
Муодилаи вобастагии параметри раванд аз омилҳо.

$$\begin{aligned} \tilde{y} = & b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{1,2} x_1 x_2 + b_{1,3} x_1 x_3 + b_{2,3} x_2 x_3 + \\ & b_{1,2,3} x_1 x_2 x_3 \end{aligned} \quad (26)$$

Ба сифати маҳсулот барои коркард кубикҳои пешакӣ буридашуда аз оғит, лочувард ва лаъли кабуд истифода гардид. Фосилаи тағйирёбии омилҳо дар асоси имкониятҳои дастгоҳҳо интихоб гардидаанд ва зеринро ташкил медиҳад:

- 1) суръати хатти гардиши устувона  $V = 7,85 \div 15,7$  м/сония; фосилаи тафийирёбӣ 3,925; қимати миёнаи фосила 11,775;
  - 2) давомнокии коркард  $t = 10 \div 20$  дақиқа; фосилаи тафийирёбӣ 5 дақиқа; қимати миёнаи фосила 15 дақиқа;
  - 3) зарранокии абразив  $Z = 320\text{-}500$  мкм; фосилаи тафийирёбӣ 90 мкм; қимати миёнаи фосила 410 мкм.

Мулдилаи пайвасткунандаи рамзгузории қимати омилҳо бо қимати натуралии онҳо чунин аст:



**Расми 5.** Графики вобастагии маҳсулнокӣ аз суръати хаттии асбоб ҳангоми коркарди почувард дар муҳити моеъ. 1. Маълумоти эксперименталӣ. 2. Аппроксиматсияи таҷриба. натиҷаҳои

Ба сифати параметрҳои коркард интихоб гардианд: давомнокии коркард  $Q = \left(\frac{\Delta_m}{m}\right) \times 100\%$ , ки дар ин чо  $m$  – вазни маҳсулот то коркард (бо грамм);  $\Delta_m$  – талафоти вазн аз ҳисоби коркард (бо грамм) ва дақиқии шакли маснуот. Дар ин ҷадвал реҷаҳо ва натиҷаҳои раванди сайқалдиҳии оғит, лочувард ва лаъли қабуд бе хунуккунӣ оварда шудааст.

Муодилаи математикии модели вобастагии маҳсулнокӣ аз реҷаҳо ҳангоми коркард:

**барои оғит:**

$$Q_{\text{оғит}} = 1,4517 - 0,205\bar{x}_1 - 0,01675\bar{x}_2 + 0,16075\bar{x}_3 + 0,011\bar{x}_1\bar{x}_2 - 0,0842\bar{x}_1\bar{x}_3 + 0,0052\bar{x}_2\bar{x}_3 + 0,014575\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 = 1,4517 - 0,205\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right) - 0,01675\left(\frac{t-15}{5}\right) + 0,16075\left(\frac{Z-410}{90}\right) - 0,011\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right) - 0,084225\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,0052\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,014575\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right). \quad (27)$$

**барои лочувард:**

$$Q_{\text{лазур}} = 0,405388 + 0,000613\bar{x}_1 - 0,03761\bar{x}_2 - 0,00204\bar{x}_3 + 0,001113\bar{x}_1\bar{x}_2 - 0,03556\bar{x}_1\bar{x}_3 + 0,074813\bar{x}_2\bar{x}_3 + 0,037688\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 = 0,405388 + 0,000613\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right) - 0,03761\left(\frac{t-15}{5}\right) - 0,00204\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,001113\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right) - 0,03556\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,074813\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,037688\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right). \quad (28)$$

**барои лаъли қабуд:**

$$Q_{\text{аметист}} = 0,430388 - 0,02751\bar{x}_1 - 0,08239\bar{x}_2 + 0,184913\bar{x}_3 + 0,000313\bar{x}_1\bar{x}_2 - 0,05449\bar{x}_1\bar{x}_3 - 0,05456\bar{x}_2\bar{x}_3 + 0,027538\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 = 0,430388 - 0,02751\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right) - 0,08239\left(\frac{t-15}{5}\right) + 0,184913\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,000313\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right) - 0,05449\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) - 0,05456\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right) + 0,027538\left(\frac{V-11,775}{3,925}\right)\left(\frac{t-15}{5}\right)\left(\frac{Z-410}{90}\right). \quad (29)$$

Муодилаҳои бадастомадаи вобастагии маҳсулнокӣ аз реҷаҳои коркард мусоидат менамояд, ки талафоти вазни маҳсулотро барои бадастоварии маҳсулоти тайёр муайян намоем ва ин имкон медиҳад, то вазни ибтидоии маҳсулот ва шумораи зарурии ашёи хом барои истеҳсоли теъдоди банақшагирифтai маснуотро низ аниқ гардонем.

**Тадқиқи шахшӯлии сатҳ ҳангоми сайқалдиҳии марказгурези ҳачмӣ.** Галтовкаи бисёрдискаи марказгурези абразивӣ параметрҳои талаботии сифати сатҳро таъмин наменамояд. Барои ба даст овардани сатҳи оинавори сайқалдиҳӣ параметрҳои ибтидоии шахшӯлии сатҳҳо дар ҳудуди  $R_a = 0,4\text{--}0,6$  мкм бояд таъмин карда шаванд. Пас аз коркарди бисёрдискаи марказгурези саққоҳо шахшӯлии сатҳи онҳо  $R_a = 0,8\text{--}1,3$  мкм, тамоюли он аз куррашаклӣ

0,6-1,8 мм-ро ташкил медиҳад. Барои ислоҳнамоии баъдинаи шакл ва кам кардани шахшӯлӣ сайқалдиҳии ҳаҷмиро дар кассетаҳо мегузаронем. Раванди сайқалдиҳӣ дар ҳамин дастгоҳ бо истифодабарии кассетаҳои маҳсус амалӣ карда мешавад (расми 6).

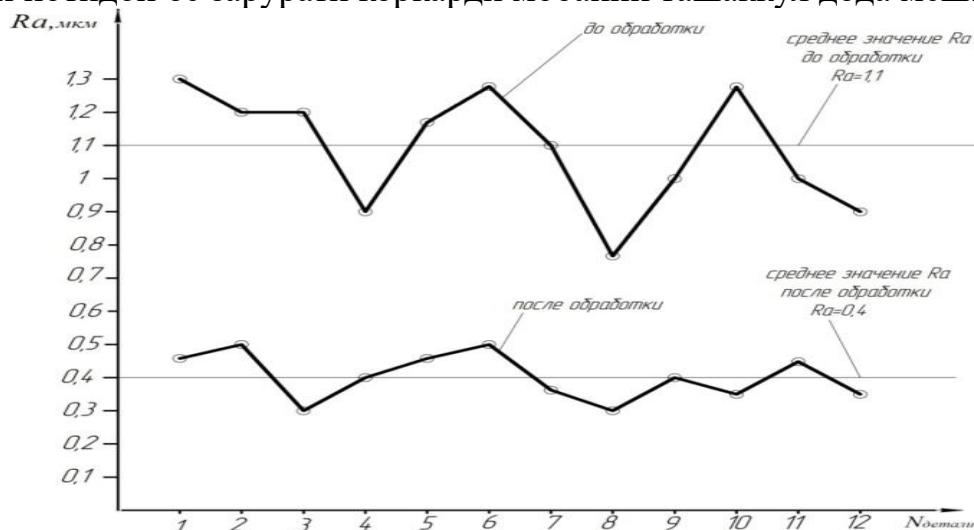
Дар дастгоҳи мазкур инҷунин метавон суфтасозии маҳсулотро доир намуд. Сайқалдиҳӣ ва суфтанамоӣ бо истифодаи кассетаҳои маҳсуси ба ҷойи дискҳои абразивӣ гузошташуда иҷро карда мешавад.



**Расми 6.** Асбобҳои кассетавӣ барои коркарди марказгурези абразивии саққоҳо

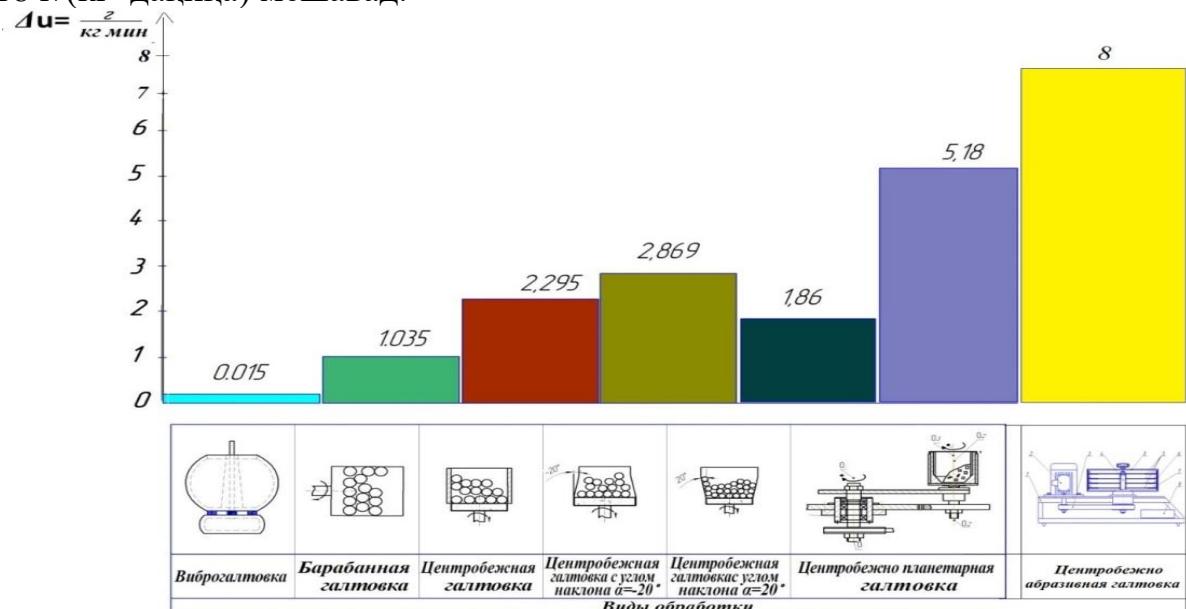
Ҳангоми сайқалдиҳӣ дар кассетаҳо шахшӯлии сатҳи маснуот дар ҳудуди  $R_a = 0,3\text{-}0,5$  мкм таъмин карда мешавад (расми 7), ки он имкони таъминсозии суфтагардонии баъдинаи сифати талаботии маснуотро медиҳад.

**Муқоисаи тарзҳои коркард аз рӯйи маҳсулнокӣ.** Дар расми 8 муқоисаи усулҳои гуногуни коркарди сангҳои ранга аз нуқтаи назари маҳсулнокии онҳо нишон дода шудааст. Маҳсулнокии ҳар яке аз ин усулҳо дар натиҷаи тадқиқоти эксперименталӣ муқаррар гардидааст. Баҳодиҳии маҳсулнокӣ ҳамчун таъдоди маводи коркардшаванда дар як дақиқа аз 1 кг маҳсулот гузаронида шудааст. Нишондиҳандаҳои маҳсулнокӣ бо г/кг дақиқа ифода ёфтаанд. Аз расм аён аст, ки виброгалтовка маҳсулнокии камтарин дорад, вақте ки ҳамчунин маҳсулнокии дастгоҳи серолота аз дигар ҷунин усулҳо афзалият дорад. Ин тарзи коркард имкон медиҳад, ки ҷисми сферикӣ аз кубикҳои ибтидой бе зарурати коркарди мобайнӣ ташаккул дода мешавад.



**Расми 7.** Тағйирёбии шахшӯлӣ то коркард ва пас аз он дар дастгоҳи марказгурези бисёркассетавӣ.

Дар алоқамандй ба ин, дастгохи таҳиягардида беҳтаргардонии назарраси маҳсулнокӣ ва дақиқии коркарди ҷузъҳоро, ба монанди саққоҳои аз сангҳои нимқиматбаҳо ва ороиши тайёршуда таъмин менамояд. Ғайр аз ин, ҳусусиятҳои функционалии дастгоҳ васеъ карда мешавад, ки он барои дар як вақт якбора коркард кардани сангҳоро бо ҳосиятҳои гуногуни физикию кимиёвӣ имкон медиҳад. Тадқиқоти эксперименталии маҳсулнокии равандҳо ошкор намуданд, ки дастгохи бисёрдиска маҳсулнокии 8 г/(кг\*дақиқа)-ро комёб мегардад, ки дар он вақт маҳсулнокии галтовкаи устувонавӣ 1,035 г/(кг\*дақиқа)-ро ташкил медиҳад, коркарди давродаврӣ-марказгурез бошад, 5,18 г/(кг\*дақиқа) мешавад.



Расми 8. Муқоисаи намудҳои гуногуни галтовка аз рӯи маҳсулнокӣ.

## ХУЛОСАҲОИ ҮМУМӢ

1. Дар натиҷаи тадқиқот дар соҳаи технология ва қарорҳои конструкторӣ, ки ба афзоиш додани самаранокии раванди истеҳсолӣ барои маснуоти аз маводи ғайрифулузии зудшикан тайёргардида, аз ҷиҳати илмӣ асоснок карда шудаанд. Натиҷаҳо аз ҷониби як қатор нашрияҳо ва мақолаҳои илмӣ тасдиқ карда шудаанд [1-М—24-М].

2. Тарҳи нави дастгоҳи абразивии марказгурез таҳия ва бо нахустпатенти №1361 ҳифз карда шуд, ки имкон медиҳад маҳсулоти куррашакл аз қубикҳои сангҳои нимқиматбаҳо ва ороиши буридашуда бе коркарди мобайни ташаккул дода шаванд. Самаранокии ҳалли пешниҳодшуда бо тадқиқоти назариявӣ ва таҷрибавӣ тасдиқ карда шудааст, инчунин дар як қатор нашрияҳо инъикос ёфтааст [1-М—2-М], [5-М—6-М], [8-М], [15-М—17-М], [19-М—24-М].

3. Коркардҳои конструкторӣ ва технология доир ба лоиҳакашиӣ ва соҳтани дастгоҳҳо барои коркарди сангҳои ранга, ки баланд бардоштани маҳсулнокӣ ва сифати коркардро таъмин мегардонад, оварда шуданд [1-М—2-М], [5-М—6-М], [8-М], [11-М—14-М], [15-М—19-М], [20-М—24-М].

4. Вобастагии маҳсулнокии коркард аз омилҳои технологӣ, ба мисли суръати хаттии асбоб, вақти коркард ва таъсири таркиби моеъгии пурборнамоӣ ба маҳсулнокии коркард муқаррар карда шуданд [1-М-2-М], [5-М-6-М], [8-М], [11-М], [15-М], [23-М-24-М].

5. Вобастагии маҳсулнокӣ аз речаҳои коркард, ки барои муайян намудани талафоти вазни маҳсулот ҳангоми ба даст овардани маснуоти тайёр имкон медиҳад ва он ба муайян кардани теъдоди зарурии ашёи хом барои истеҳсоли шумораи талаботии маснуот мусоидат менамояд, муқаррар карда шуд [1-М-3-М], [5-М-8-М], [12-М-22-М].

6. Вобастагии шаҳшӯлии сатҳ аз речаҳои коркард, ки барои идора кардани сифати маснуот дар марҳилаи тайёр намудани онҳо имкон медиҳад, тадқиқ карда шуд [1-М-10-М], [12-М-24-М].

7. Раванди ҳамбастагии сатҳи коркардшаванд бо маводи абразивӣ ҳангоми коркард омӯхта шуд, инчунин муайян карда шуд, ки шумораи абразив ба маҳсулнокии коркард далолат менамояд [1-М-2-М], [5-М-9-М], [15-М], [16-М], [18-М-24-М].

8. Бо ёрии модели математикӣ таъсири байниҳамдигарии омилҳои технологӣ ба самаранокии коркард муайян карда шуд. Ин таъсириот дар шакли моделе, ки бо воситаи лоиҳакашии бисёромилаи эксперименталӣ ва таҳлили статистикии маълумоти ба даст овардашуда сохта шудааст, пешниҳод гардид [1-М-6-М], [8-М-11-М], [13-М-18-М].

9. Муодилаҳои бадастомада вобастагии маҳсулнокӣ аз усулҳои коркард имкон медиҳанд, ки барои муайян намудани талафоти вазни маҳсулот ҳангоми ба даст овардани маҳсулоти тайёр вобаста ба усулҳои коркард, вазни ибтидои маҳсулот ва ашёи хоми зарурӣ барои истеҳсоли миқдори банақшагирифтаи маҳсулот муайян карда шавад [8-М], [11-М-12-М], [23-М-24-М].

#### **Тавсияҳо доир ба истифодабарии амалии натиҷаҳо:**

- натиҷаҳои бадастомада барои истифода дар таҳияи равандҳои технологӣ барои коркарди механикӣ ва абразивии саққоҳо аз сангҳои нимқимматбаҳо ва ороиши сохташуда дар корхонаҳое, ки ба истеҳсоли маводҳои ороиши ҷавоҳирот машғуланд, тавсия дода мешаванд;

- истифодаи дастгоҳҳои марказгурез имкон медиҳад, ки ҳосилнокии коркард аз ҳисоби коркарди якҷояи шумораи зиёди маснуот бо тақсимоти якхелаи сарбории абразивӣ афзоиш мейёбад;

- тарзи пешниҳодгардидаи коркарди саққоҳо аз сангҳои нимқимматбаҳо ва сангмайдаҳо имкон медиҳад, ки маҳсулнокии коркард ва сифати маснуот дар шароити истеҳсолоти силсилавӣ ба таври назаррас баланд бардошта мешавад ва он ҳангоми истифодабарии тарзҳои мавҷудаи коркард номумкин ҳисобида мешуд;

- дар шароити истеҳсолии ҶДММ “Рӯҳом” технологияи нави коркарди сангҳои нимқимматбаҳо ва ороиши дар истеҳсолоти бисёрсоҳа татбиқ карда шуд.

## РУЙХАТИ АДАБИЁТҲОИ ИСТИФОДАШУДА

1. Ящерицъш, П.И., Зайцев, А.Г. Повышение качества шлифованых поверхностей и режущие свойства абразивно-алмазного инструмента. - Мин.: Наука и техника, 1972. - 478 с.
2. Кузнецов, О.К., Тельнов, А.Ф. Очистка изделий в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1982. - 264 с.
3. А.с. 617245 СССР, М.Кл В24 В11/02. Устройство для обработки шариков/П.И. Ящерицын, И.П. Филонов, А.П. Минаков и др. - №2409956/25-08; Заявлено 04.10.76; Опубл.30.07.78, Бюл. №28.
4. Орлов П.Н. Алмазно-абразивная доводка деталей. П.Н. Орлов М.: ВНИИМАШ, серия С-Х-Ч, 1972, -198с.
5. Кедров С.М. Исследование механической доводки металлов «Качество поверхности деталей машин». Сб. №3. АН СССР, 1957.
6. А.с. 554137 СССР, М.Кл.2 В24 В11/02. Станок для обработки шариков / П.И. Ящерицын, Л.А. Олендер, И.П. Филонов и др.-№2151304-08; Заявлено 08.07.85; Опубл. 15.04.77, Бюл. №14.
7. А.с. 679380 СССР, В24 В31/08. Устройство для центробежной абразивной обработки/ П.И. Ящерицын, Л.А. Олендер, И.П. Филонов и др. – №2440680/25-08; Заявлено 04.01.77; Опубл. 15.08.79, Бюл. №30.
8. А.с. 986746.СССР, МПК В24В31/08. Устройство для центробежной абразивной обработки изделий типа колец. / А.Н.Мартынов, И.Б.Колтунов, Е.Э.Зверовщиков [и др]. заявл.11.04.81. опуб.07.0183. Бюл. № 1.

## МАЗМУНИ АСОСИИ КОРИ ДИССЕРТАЦИОННИЙ ДАР НАШРИЯҲОИ ЗЕРИНИ МУАЛЛИФ ИНҶИКОС ЁФТААСТ:

**А) Мақолаҳое, ки дар нашрияҳои пешниҳодкардаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд:**

**[1-М]. Холов Ф.Б.** Применение центробежной абразивной обработки при изготовлении изделий из полудрагоценных и поделочных камней Холов Ф.Б., Мирзоалиев И, Ходжаев Т.А. // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. № 2 (70) 2025 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2025. – С.67-78, ISSN 2520-2227.

**[2-М]. Холов Ф.Б.** Многоинструментальный станок для обработки шариков Холов Ф.Б // Наука и инновация. Серия: Серия геологических и технических наук. №4., 2024. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2024, С.54-62, ISSN 2664-1534.

**[3-М]. Холов Ф.Б.** Влияние режимов резания на производительность процесса центробежной абразивной обработки шариков на станке с направляющими пластинами Холов Ф.Б., Имомов Н.Б., Мирзоалиев И.М., Гулов С.С. // Наука и инновация. Серия: Серия геологических и технических наук. №1., 2024. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2024. - С.66-74, ISSN 2664-1534.

**[4-М]. Холов Ф.Б.** Экспериментальное исследование процесса центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней на станке с

направляющими пластинами - Имомов Н.Б., Мирзоалиев И., Холов Ф. Б. // Вестник Таджикского технологического университета. №4/1 (55)., 2023. - Душанбе 2023. С.17-24, ISSN 2707-8000.

**[5-М]. Холов Ф.Б.** Исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней Холов Ф.Б. // Наука и инновация. Серия: Серия геологических и технических наук. №3., 2022. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2022. - С.77-84, ISSN 2664-1534.

**[6-М]. Холов Ф.Б.** Перспектива галтовки самоцветных камней, для развития формообразования и обеспечения качества продукции Бобоев Д.М., Мирзоалиев А.И. Амонов С.Т., Холов Ф.Б. // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. № 2 (58) 2022 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2022. – С.100-106, ISSN 2520-2227.

### **Б) Ихтироот дар мавзуи диссертатсия**

**[7-М]. Холов Ф.Б.** Малый патент Республики Таджикистан № ТJ 1589. Галтовочный барабан // Амонов С.Т. (ТJ); Мирзоалиев И. (ТJ); Мирзоалиев А.И. (ТJ); Холов Ф.Б. (ТJ); Имомов Н. (ТJ), Ашуроев К.Х. (ТJ). // Республика Таджикистан. Патентное ведомство. На изобретение выдан малый патент № ТJ 1589. Душанбе: 2025.: Заявление №2401986.

**[8-М]. Холов Ф.Б.** Малый патент Республики Таджикистан № ТJ 1361. Устройство для многодисковой центробежной абразивной обработки шариков // Холов Ф.Б. (ТJ); Убайдуллоев А.Н. (ТJ); Мирзоалиев И. (ТJ); Мирзоалиев А.И. (ТJ); Амонов С.Т. (ТJ); Махмадуллоев Р.З. (ТJ), Ашуроев К.Х. (ТJ). // Республика Таджикистан. Патентное ведомство. На изобретение выдан малый патент № ТJ 1361. Душанбе: 2023.: Заявление №2201668.

### **В) Мақолаҳое, ки дар китобхонаи электронии илмии eLIBRARY.RU нашр шудаанд:**

**[9-М]. Холов Ф.Б.** Влияние режимов обработки на исправление формы шаровидных изделий из самоцветных камней при обработке на станке с направляющими пластинами - Имомов Н.Б., Мирзоалиев И., Холов Ф. Б. // Политехнический вестник. Серия: Серия Техника и Общество. № 3 (3), 2023 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023.

**[10-М]. Холов Ф.Б.** Исследование возможности обеспечение равномерности изнашивания инструмента при обработке на центробежном станке с направляющими пластинами - Имомов Н.Б., Мирзоалиев И., Холов Ф. Б. // Политехнический вестник. Серия: Серия Техника и Общество. № 2 (2), 2023 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023.

**[11-М]. Холов Ф.Б.** Экспериментальное исследование процесса многодисковой центробежной абразивной обработки шариков из самоцветных камней - Холов Ф. Б., Мирзоалиев И., Имомов Н.Б. // Политехнический вестник. Серия: Серия Техника и Общество. № 1 (1), 2023 – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2023. – С.4-11.

**[12-М]. Холов Ф.Б.** Планетарно-центробежная обработка заготовок из

самоцветных камней - Мирзоалиев И., Мирзоалиев А. И., Ходжаев Т. А., Имомов Н.Б, Холов Ф.Б. // Международный научный журнал «Научные горизонты», № 8(60) | 2022., ISSN 2587-618X., С.51-61.

**[13-М]. Холов Ф.Б.** Барабанная галтовка заготовок из самоцветных камней - Мирзоалиев И., Мирзоалиев А. И., Орифова Х.Ф., Холов Ф.Б., Мамадназарова М. С. // Международный научный журнал «Научные горизонты», № 8(60) | 2022, ISSN 2587-618X., С.62-71.

### **Г) Мақолаҳое, ки дар маводҳои конференсияҳо нашр шудаанд:**

**[14-М]. Холов Ф.Б.** Обработка самоцветных камней на галтовочном барабане усовершенствованной конструкции - Амонов С. Т.1, Холов Ф. Б.1, Эмомов Н. Б.1, Луговой В. П.2, Мирзоалиев И.1 // Материалы 17-й Международной научно-технической конференции: Приборостроение-2024., Белорусский национальный технический университет, 26–29 ноября 2024 года, С.110 -111, Минск, Республика Беларусь.

**[15-М]. Холов Ф.Б.** Исследование процесса галтовки самоцветных и поделочных камней на многодисковом центробежном станке - Холов Ф.Б., Мирзоалиев И., Ашуроев К.Х., Амонов С.Т. // Международную научно-практическую конференцию на тему «Современные задачи машиностроительной промышленности», посвящённую 50-летию образования кафедры «Технология машиностроения, металорежущие станки и инструменты» и ускоренной индустриализации Республики Таджикистан как четвёртой цели национальной стратегии. 31 октября 2024г. - Душанбе -2024.

**[16-М]. Холов Ф.Б.** Изготовление шариков из самоцветных камней на многоинструментальном центробежном станке - Убайдуллоев А.Н., Мирзоалиев И., Мирзоалиев А. И., Холов Ф.Б., Амонов С.Т. // Машиностроение и техносфера xxі века Сборник трудов XXXI Международной научно-технической конференции, г. Севастополь, 16 – 22 сентября 2024 г. С. 366-370. Донецк 2024.

**[17-М]. Холов Ф.Б.** Исследование динамики процесса формообразование шариков при центробежной абразивной обработке - И. Мирзоалиев, Х.Ф. Орифова, Т.А. Ходжаев, Ф.Б. Холов // Международную научно-практическую конференцию наука – основа инновационного развития. 18-19 апреля. - Душанбе -2024.

**[18-М]. Холов Ф.Б.** Исследование шероховатости поверхности при обработке на центробежном станке с направляющими пластинами - Н.Б. Имомов, И.М. Мирзоалиев, Ф.Б. Холов, С.Т. Амонов // Международную научно-практическую конференцию наука – основа инновационного развития. 18-19 апреля - ДУШАНБЕ -2024.

**[19-М]. Холов Ф.Б.** Влияние количества абразива на производительность обработки при галтовке Мирзоалиев А.И., Мамадназарова М.С., Холов Ф.Б., Имомов Н.Б. // Материалы международной научно - практической конференции «Современные проблемы точных наук в подготовке высококвалифицированных кадров для горно - металлургической отрасли

страны» посвящённой «Двадцатилетию изучение и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» -2020-2040 гг. С.12-14. Бустон 2023.

**[20-М]. Холов Ф.Б.** Устройство для многодисковой центробежной абразивной обработки шариков - Холов Ф.Б.1, Луговой В.П.2, Мирзоалиев И.1. // Материалы 15-й Международной научно-технической конференции: Приборостроение-2022., Белорусский национальный технический университет, 16–18 ноября 2022 года Минск, Республика Беларусь., С.275-276.

**[21-М]. Холов Ф.Б.** Способ центробежной абразивной обработки – Холов Ф.Б., Убайдуллаев А.Н. // Международная молодёжная Научная конференция «новые материалы xxі века: разработка, диагностика, использование» (россия, москва, 21-24 апреля 2020 г.) С.210-214, УДК 532.528.6.

**[22-М]. Холов Ф.Б.** Центробежная абразивная обработка шариков - Ашуроев К.Х., Холов Ф.Б., Ҳақёров И. // Материалы международной научно-практической конференции (15 - 16 октября 2021 года) ЧАСТЬ 1. - Душанбе 2021., С.124-128.

**[23-М]. Холов Ф.Б.** Центробежно ротационная обработка поверхностей деталей - Холов Ф.Б., Ашуроев К.Х., Зайниддинов Д.Р. // Материалы республиканской научно – практической конференции: «Конкурентные преимущества национальной экономики на пути к новой модели экономического роста» Технологический университет Таджикистана - Душанбе (24-25 апреля 2020 г), часть 1, С.185-187.

**[24-М]. Холов Ф.Б.** Разработка инструментов для центробежной абразивной обработки с гальваническим покрытием - Убайдуллаев А.Н., Холов Ф.Б. // Материалы международной научно – практической конференции: «Энергетика региона: состояние и перспективы развития» / Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими - Душанбе: «Промэкспо», 2019. - С. 178-183, часть 2.

## ШАРҲИ МУХТАСАРИ

диссертатсияи Холзода Фаридун Бурӣ дар мавзӯи “**Коркарди саққоҳо аз сангҳои нимқиматбаҳо ва ороишӣ дар дастгоҳҳои марказгурез**”, ки барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (*PhD*), доктор аз рӯи ихтисоси 6D071200 – Мошинсозӣ (6D071206 - Мошинҳо, агрегатҳо ва равандҳо (6D071206-01 - илмҳои техники) пешниҳод шудааст.

**Калимаҳои қалидӣ:** коркарди марказгурез, дастгоҳи серолотаи марказгурез-абразивӣ, дақиқии шакл, сангҳои ранга, қувваи марказгурез, сифати сатҳ, раванди технологӣ, амалиёт.

**Мақсади кори диссертатсионӣ чунин аст:** баланд бардоштани маҳсулнокии раванди омодасозии саққочаҳо аз сангҳои ранга бо роҳи такмилдиҳии дастгоҳҳо ва технологияи истеҳсолот.

**Натиҷаҳои бадастомада ва навғонии илмӣ:** онро дар бар мегирад, ки тарзи коркарди серолотаи марказгурези абразивӣ, ки маҳсулнокии баланди коркард ва беҳтаргардонандай сифати сатҳи коркардшавандаро таъмин менамояд, таҳия ва тадқиқ шудааст; дастгоҳи серолоти аз кубики сангҳои рангаи буридашуда барои ташаккулдиҳии маҳсулоти саққошакл бе коркарди мобайнӣ имкондиҳанд (нахустпенти таҳти №ТJ 1361) таҳия гардидааст; коркардҳои кострукторӣ ва технологӣ доир ба лоиҳакашӣ ва тайёркунии дастгоҳҳо барои коркарди сангҳои ранга, ки баланд бардоштани маҳсулнокӣ ва сифати коркардро таъмин менамоянд, оварда шуданд; вобастагии маҳсулнокӣ аз речай коркард, ки барои муайян намудани талафи вазни маҳсулот ҳангоми ба даст овардани маснуоти тайёр имкон медиҳад ва он барои муайян намудани микдори зарурии ашёи хом дар истеҳсоли теъдоди талаботии маснуот имкон фароҳам меоварад муқаррар карда шуд; вобастагии шаҳшӯлии сатҳ аз речай коркард, ки имкони идоракунии сифати маснуотро дар марҳилаи омодасозии онҳо медиҳад, тадқиқ карда шуд; бо роҳи коркарди статистикии натиҷаи таҷрибаҳои бисёромила модели математикии раванди коркард ба даст оварда шуд.

**Тавсияҳо доир ба истифодабарӣ:** натиҷаҳои корро барои иҷрои амалиёти бартарафсозии дағар буғуриҳо ва даврашакл гардонидани тегаҳои тези маҳсулот аз маводи гуногун, ки ба таври дастӣ иҷро мегарданд (амалиёти ҷонғарӣ), инчунин дар корхонаҳои омодасозандай маснуоти заргарӣ аз сангҳои ранга истифода бурдан мумкин аст.

**Дараҷаи истифодабарӣ:** натиҷаҳои ба даст овардашуда дар ҶДММ “Рӯҳом” ва дар раванди таълими Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими ҳангоми омодасозии муҳандисон-механикҳо татбиқ гардидааст.

**Объекти тадқиқот:** дастгоҳ барои коркарди марказгурези абразивии маснуоти куррашакл аз сангҳои ранга, речай коркард дар дастгоҳи марказгурези серолота.

## АННОТАЦИЯ

на диссертацию Холзода Фаридун Бури на тему **«Обработка шариков из полудрагоценных и поделочных камней на центробежных станках»**, представленной на соискание ученой степени доктора философии (*PhD*), доктора по специальности 6D071200 – Машиностроение (6D071206 – Машины, агрегаты и процессы (6D071206-01 – технические науки).

**Ключевые слова:** центробежная обработка, многоинструментальный центробежно-абразивный станок, точность формы, самоцветные камни, центробежная сила, качество поверхности, технологический процесс, операция.

**Целью диссертационной работы является:** повышение производительности процесса изготовления шариков из самоцветных камней путём совершенствования оборудования и технологии производства.

**Полученные результаты и их новизна:** заключается в том, что разработана и исследовано способ многоинструментальной центробежной абразивной обработки, обеспечивающий высокую производительность обработки и улучшающий качество обрабатываемых поверхностей; разработан многоинструментальный станок, позволяющая из кубиков нарезанных из самоцветных камней без промежуточной обработки формировать шаровидные заготовки (малий патент №ТJ 1361); приведены конструкторские и технологические разработки, по проектирование и изготовление станка для обработки цветных камней обеспечивающий повышение производительности и качество обработки; установлены зависимости производительности от режимов обработки позволяющие определить потери массы заготовок при получении готовых изделий, что дает возможность определить необходимое количество сырье для производство требуемого количества изделий; исследованы зависимости шероховатости поверхности от режимов обработки, что дает возможность управлять качеством изделий на стадии их изготовления; статистической обработкой результатов многофакторных экспериментов получены математические модели процесса обработки.

**Рекомендации по использованию:** результаты работы можно использовать для выполнения операции удаление заусенцев и округление острых граней заготовок из различных материалов, выполняемых вручную (слесарные операции), также на предприятиях, изготавливающих ювелирные изделия из самоцветных камней.

**Степень использования:** полученные результаты внедрены на ООО «Рухом» и в учебном процессе Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими при подготовке инженеров-механиков.

**Объект исследования:** станки для центробежной абразивной обработки шаровидные изделия из самоцветных камней, режимы обработки на многоинструментальном центробежном станке.

## ANNOTATION

on the dissertation of Kholzoda Faridun Buri on the topic "**Processing of balls from semi-precious and ornamental stones on centrifugal machines**", submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD), doctor in the specialty 6D071200 - Mechanical Engineering (6D071206 - Machines, units and processes (6D071206-01 - technical sciences).

**Key words:** centrifugal processing, multi-tool centrifugal-abrasive machine, shape accuracy, semi-precious stones, centrifugal force, surface quality, technological process, operation.

**The purpose of the dissertation is:** increasing the productivity of the process of manufacturing balls from semi-precious stones by improving the equipment and production technology.

**The results obtained and their novelty:** lies in the fact that a method of multi-tool centrifugal abrasive processing has been developed and studied, providing high processing productivity and improving the quality of the processed surfaces; a multi-tool machine has been developed that allows spherical blanks to be formed from cubes cut from semi-precious stones without intermediate processing (small patent No. TJ 1361); design and technological developments are presented for the design and manufacture of a machine for processing colored stones that ensures increased productivity and processing quality; dependencies of productivity on processing modes have been established that allow determining the mass loss of blanks upon obtaining finished products, which makes it possible to determine the required amount of raw materials for the production of the required number of products; dependencies of surface roughness on processing modes have been studied, which makes it possible to control the quality of products at the stage of their manufacture; mathematical models of the processing process have been obtained by statistical processing of the results of multifactorial experiments.

**Recommendations for use:** the results of the work can be used to perform the operation of removing burrs and rounding off sharp edges of blanks from various materials, performed manually (plumbing operations), as well as at enterprises manufacturing jewelry from semi-precious stones stones.

**Degree of use:** the obtained results have been implemented at Rukhom LLC and in the educational process of the Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi in the training of mechanical engineers.

**Research object:** machines for centrifugal abrasive processing of spherical products made of semi-precious stones, processing modes on a multi-tool centrifugal machine.

Подписано к печати 30.10.2025 Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Тираж 50 экз.  
Отпечатано в типографии ТТУ имени акад. М.С. Осими.  
г. Душанбе, 734042, пр. акад. Раджабовых, 10а.

Ба чоп 30.10.2025 имзо шуд. Андоза 60x84 1/16.  
Қоғази оғсетй. Адади нашр 50 нусха.  
Нашриёти ДТТ ба номи акад. М.С. Осими.  
ш. Душанбе, 734042, хиёбони академик Раҷабовҳо, 10а.