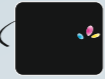




Курганский
государственный
университет



Библиотечно-издательский
центр

65-48-12

В. И. Курдюков, А. А. Андреев МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ (ПОДГОТОВКА И ЗАЩИТА)

В. И. Курдюков, А. А. Андреев

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

(ПОДГОТОВКА И ЗАЩИТА)

Учебно-методическое пособие



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Курганский государственный университет»

Кафедра «Машиностроение»

В. И. Курдюков

А. А. Андреев

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
(ПОДГОТОВКА И ЗАЩИТА)**

Учебно-методическое пособие

Курган 2024

УДК [378.2:621](075.8)

ББК 74.58я73+34.4я73

К 91

Рецензенты:

профессор Тюменского индустриального университета, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ Владимир Николаевич Сызранцев;

профессор Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ), доктор технических наук, профессор Виктор Иванович Гузеев.

Печатается по решению методического совета Курганского государственного университета.

Курдюков В. И.

Магистерская диссертация (подготовка и защита) : учебно-методическое пособие / В. И. Курдюков, А. А. Андреев. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2024. – 200 с.

Учебно-методическое пособие предназначено студентам-магистрантам, обучающимся по направлениям «Машиностроение», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Организация и управление наукоемкими производствами» и их научным руководителям, а также может быть использовано аспирантами и соискателями ученых степеней машиностроительных специальностей

Издание содержит учебно-методические материалы для выполнения диссертационного исследования и рекомендации по подготовке, оформлению и представлению магистерской диссертации к защите.

Приведены общие положения о магистратуре в системе высшего образования РФ, квалификационная характеристика и требования к знаниям и умениям магистра по направлениям. Даны рекомендации по подготовке и написанию магистерской диссертации в части ее структуры, постановки цели и задач исследований, методик экспериментальных исследований, обработки и анализа их результатов, определения эффективности разработок.

В приложениях даны примеры оформления титульного листа, перечня условных обозначений, списка использованных источников, сопроводительных документов при представлении диссертации к защите, а также ряд сведений, необходимых при ее написании.

ISBN 978-5-4217-0704-2

© Курганский государственный университет, 2024

© Курдюков В. И.,
Андреев А. А., 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
I МАГИСТРАТУРА В СИСТЕМЕ МНОГОУРОВНЕВОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	7
I.1 Общие положения	7
I.2 Квалификационная характеристика и требования к магистру техники и технологии	11
I.2.1 Характеристика профессиональной деятельности выпускников прикладной магистратуры по направлению 15.04.01	13
I.2.2 Характеристика профессиональной деятельности выпускников академической магистратуры по направлению 15.04.05	21
I.2.3 Характеристика профессиональной деятельности выпускников прикладной магистратуры по направлению 27.04.06	31
II МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ	37
II.1 Основные положения	37
II.1.1 Требования к магистерской диссертации	37
II.1.2 Последовательность выполнения диссертации, советы и правила	40
III ЭТАПЫ РАБОТЫ НАД ДИССЕРТАЦИЕЙ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ	46
III.1 Выбор темы	46
III.1.1 Порядок и особенности выбора темы	46
III.1.2 Оценка выбранной темы на ее соответствие требованиям, предъявляемым к магистерской диссертации	49
III.2 Анализ и обобщение исходной информации, постановка цели и задач исследования	53
III.3 Методика исследований	58
III.3.1 Общие положения	58
III.3.2 Факторы, параметры, целевая функция и математические модели	62
III.3.2.1 Факторы	62
III.3.2.2 Параметры	67
III.3.2.3 Математические модели	69
III.3.3 Полный факторный эксперимент (ПФЭ) для получения полинома первого порядка	72

III.3.4 Дробный факторный эксперимент.....	88
III.3.5 Планирование эксперимента на диаграммах состав – свойство	90
III.3.5.1 Общие положения.....	90
III.3.5.2 Пример планирования и реализации эксперимента по получению математической зависимости «состав – свойство»	96
III.3.6 Методика экспериментального получения степенных зависимостей.....	104
III.3.7 Однофакторные планы экспериментального исследования...	108
III.4 Техничко-экономическое обоснование эффективности реализации результатов НИР	109
III.4.1 Источники эффективности НИР, их проявления и оценка .	109
III.4.2 Расчет экономической эффективности инвестиций на внедрение результатов НИР	114
III.4.2.1 Общие положения.....	114
III.4.2.2 Определение инвестиций в капитальные и единовременные затраты на внедрение результатов исследования	114
III.4.2.3 Эффект от внедрения результатов МД в совершенствование САПР изделий и технологических процессов.....	116
III.4.2.4 Расчет затрат на НИР, предусматривающих использование программного обеспечения.....	118
III.4.3 Расчет экономического результата и показателей экономической эффективности инвестиций от внедрения НИР	119
III.5 Результаты исследований и выводы	123
IV СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ И ЕЕ ОБЪЕМ	128
V ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ	138
VI ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ	144
VI.1 Основные документы, представляемые в Государственную аттестационную комиссию.....	144
VI.2 Подготовка магистранта к выступлению на заседании ГАК	146
VI.3 Процедура публичной защиты магистерской диссертации	148
VII ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ НАПИСАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ	151

VII.1 Научно-техническая информация	151
VII.2 Патентные исследования	153
VII.2.1 Содержание патентных исследований	155
VII.2.2 Порядок проведения патентных исследований	160
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	164
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	168
ПРИЛОЖЕНИЯ	172
ПРИЛОЖЕНИЕ А Термины и определения, используемые в профессиональных стандартах	172
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Перечень профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу магистратуры	174
ПРИЛОЖЕНИЕ В Перечень наименований отраслей наук, ученых степеней и званий и их сокращений	179
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Классификатор областей науки и групп научных специальностей в соответствии с отраслями науки, по которым присуждаются ученые степени	180
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Десять заповедей молодому ученому	185
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Форма индивидуального плана работы магистранта	186
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Примеры оформления источников в библиографическом списке	187
ПРИЛОЖЕНИЕ И Пример оформления титульного листа магистерской диссертации	190
ПРИЛОЖЕНИЕ К Пример оформления перечня условных обозначений, символов и единиц	191
ПРИЛОЖЕНИЕ Л Слова и словосочетания, составляющие основу языка науки (терминологические понятия)	192
ПРИЛОЖЕНИЕ М Стандарты на терминологию в области технологии машиностроения	197
ПРИЛОЖЕНИЕ Н Памятка рецензенту магистерской диссертации	198

*В науке нет широкой столбовой дороги,
и только тот может достигнуть её сияющих
вершин, кто, не страшась усталости,
карабкается по её каменистым тропам,
Карл Маркс*

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов магистратуры по направлениям обучения 15.04.01 «Машиностроение», направленность: «Технология, оборудование и компьютерный инжиниринг автоматизированного машиностроения»; 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», направленность: «Технология машиностроения»; 27.04.06 «Организация и управление наукоемкими производствами», направленности: «Менеджмент высоких технологий» и «Медицинское оборудование и аппаратура».

В первом разделе пособия на основе нормативных документов Министерства науки и высшего образования Российской Федерации приведены общие положения о магистратуре в системе многоуровневого высшего образования РФ, квалификационная характеристика и квалификационные требования к магистру по указанным направлениям.

Второй раздел посвящен рекомендациям по подготовке и написанию магистерской диссертации. Здесь рассмотрены вопросы получения, систематизации, анализа и обобщения исходной информации; разработки и выбора методик экспериментальных исследований: апробации и реализации разработок магистранта; процедуры защиты диссертации. На основе действующих государственных стандартов изложены правила оформления диссертационных работ (магистерской, кандидатской, докторской).

Пособие завершается списком литературы, рекомендуемой для использования при подготовке и написании магистерской диссертации по проблемам техники и технологии в машиностроении.

В приложениях размещена информация, которая будет полезна магистранту при написании и оформлении диссертации.

Пособие адресовано магистрантам технических направлений с надеждой, что оно поможет в организации их учебно-методической и научно-исследовательской деятельности и, как итог, в достижении значимых научных результатов.

I МАГИСТРАТУРА В СИСТЕМЕ МНОГОУРОВНЕВОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

I.1 Общие положения

Магистерская подготовка в Российской Федерации (РФ) осуществляется в соответствии со следующими нормативными документами:

- Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 года №273-ФЗ (с изменениями на 25 декабря 2023 года). Редакция от 25 декабря 2023 года действует с 01 января 2024 года;

- Приказом Министерства науки и высшего образования от 6 апреля 2021 года № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры», вступившим в силу 1 сентября 2022 года.

Федеральный закон «Об образовании» регулирует общественные отношения, возникающие в сфере образования в связи с реализацией права на образование, обеспечением государственных гарантий прав и свобод человека в сфере образования и созданием условий для реализации права на образование, а также устанавливает правовые, организационные и экономические основы образования в РФ, основные принципы государственной политики РФ в сфере образования, общие правила функционирования системы образования и осуществления образовательной деятельности, определяет правовое положение участников отношений в сфере образования.

В соответствии с приказом осуществляется реализация программ магистратуры¹ образовательными организациями высшего образования и научными организациями по направлениям подготовки высшего образования. При этом образовательные программы, имеющие государственную аккредитацию, разрабатываются организацией в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами².

Кроме того, к моменту подготовки данного пособия Президент РФ своим указом «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования от 12 мая 2023 года № 343» в редакции от 26 июня 2023 года № 474 определил в качестве пилотного проекта перевод системы высшего образования на новую трехуровневую модель: базовое (основное) высшее образование, куда входят сегодняшние бакалавриат и специалитет – первый уровень; специализированное высшее образование, включающее магистратуру, ординатуру и программы ассистентуры-стажировки – второй уровень; и третий уровень – профессиональное образование, к которому отнесена аспирантура.

Магистратура станет, по сути, формой дополнительного специализированного высшего профессионального образования.

Уже с 1 сентября 2023 года студенты вузов – участников реализации Указа начали обучаться по новым программам.

¹ *Образовательная программа – это комплекс основных характеристик образования (объем, содержание, планируемые результаты) и организационно-педагогических условий, который представлен в виде учебного плана, календарного учебного графика, рабочих программ дисциплин (модулей), иных компонентов, оценочных и методических материалов, а также в виде рабочей программы воспитания, календарного плана воспитательной работы, форм аттестации.*

² *Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) – это совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ начального общего, основного общего, среднего (полного) общего, начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования образовательными учреждениями, имеющими государственную аккредитацию.*

По действующему же законодательству программы профессионального образования в РФ состоят из нескольких уровней (ч. 5 ст. 10 закона «Об образовании» в РФ):

- 1) среднее профессиональное образование;
- 2) высшее образование – бакалавриат;
- 3) высшее образование – специалитет, магистратура;
- 4) высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации: аспирантура (адъюнктура), ординатура и ассистентура-стажировка.

Это деление предполагает, что бакалавриат позволяет приобрести общие системные знания в выбранной профессии, магистратура – продвинутый уровень знаний и навыков для научно-исследовательской деятельности, а специалитет – глубокую специализацию в профессии.

Отличие между дипломами специалиста, бакалавра и магистра также заключается в уровне образования и глубине изучения предметной области.

Таким образом, магистерская программа в любом случае является одной из основных профессиональных образовательных программ в многоуровневой структуре высшего образования, а подготовка магистров ориентирована на научно-исследовательскую и научно-педагогическую деятельность.

При разработке и реализации программы магистратуры образовательная организация ориентируется на конкретный вид (виды) профессиональной деятельности, к которому (которым) готовится магистр, исходя из потребностей рынка труда, научно-исследовательских и материально-технических ресурсов организации.

Если программа магистратуры ориентирована на научно-исследовательский и (или) педагогический вид (виды) профессиональной деятельности как основной (основные), то это программа академической магистратуры.

В случае ориентации программы на производственно-технологический, практико-ориентированный, прикладной вид (виды) профессиональной деятельности как основной (основные), это программа прикладной магистратуры.

Отметим основные моменты действующих нормативных документов, напрямую касающиеся претендентов на обучение по программе магистратуры.

1 К освоению программ магистратуры допускаются лица, успешно завершившие обучение по любой из основных образовательных профессиональных программ высшего образования и имеющие диплом о высшем образовании.

2 Магистерская профессиональная образовательная программа состоит из бакалаврской программы по соответствующему направлению и программы третьего уровня, которая должна иметь образовательную и научно-исследовательскую составляющую.

Образовательная часть программы включает разделы естественно-научных и гуманитарных дисциплин, ориентированные на углубленное изучение исторических и философских аспектов определенной области знаний, а также специальные дисциплины. Содержание научно-исследовательской работы магистранта определяется индивидуальным планом.

3 Обучение в магистратуре осуществляется с отрывом или без отрыва от трудовой деятельности. Нормативный срок для очной формы обучения составляет два года.

4 Обучение в магистратуре по программе третьего уровня осуществляется в соответствии с индивидуальным планом студента, в помощь реализации которого назначается научный руководитель из числа сотрудников данного вуза, имеющих ученую степень (или) ученое звание. В случае выполнения магистерских программ на стыке направлений допускается назначение, помимо научного руководителя, одного или двух научных консультантов.

5 Итоговая аттестация в магистратуре предусматривает публичную защиту выпускной квалификационной работы (ВКР) – магистерской диссертации на заседании Государственной аттестационной комиссии.

6 Магистерская диссертация, являясь самостоятельным научным исследованием, выполняется под руководством научного руководителя, а для работ на стыке направлений – с привлечением одного или двух научных консультантов.

7 Лицам, полностью выполнившим индивидуальный план по профессиональной образовательной программе магистратуры, присуждается квалификационная академическая степень магистра и выдается диплом государственного образца с выпиской из зачетной ведомости с указанием темы магистерской диссертации как приложение к диплому.

Здесь следует отметить, что магистерская диссертация как квалификационная работа должна соответствовать требованиям, предъявляемым к такого рода работам, и служить демонстрацией и доказательством того, что ее автор заслуживает присвоения квалификации (степени) «Магистр» по соответствующему направлению подготовки.

Чтобы выполнить это соответствие, необходимо в первую очередь четко представлять перечень квалификационных характеристик и требований, предъявляемых к выпускнику магистратуры выбранного направления подготовки. Этим характеристикам и требованиям и посвящено содержание следующей главы.

I.2 Квалификационные характеристики и требования к магистру техники и технологии

Квалификационные характеристики и требования к выпускникам магистратуры по каждому направлению подготовки регламентированы соответствующими Федеральными государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования

(ФГОС ВО), представляющими собой совокупность обязательных требований при реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ магистратуры.

Образовательное учреждение при разработке программы магистратуры устанавливает направленность (профиль) программы магистратуры, которая соответствует направлению (fgos.ru 24.02.2024) подготовки в целом или конкретизирует содержание программы магистратуры в рамках направления подготовки путем ориентации ее на регламентируемые ФГОС ВО:

- потенциальные области профессиональной деятельности³, включая образование и науку, и сферы⁴ профессиональной деятельности выпускников магистратуры;

- виды⁵ профессиональной деятельности с перечнем типов профессиональных задач, к решению которых готовятся выпускники;

- объекты⁶ профессиональной деятельности выпускников или область (области) знания (при необходимости);

- перечень общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций⁷, которыми должен обладать выпускник магистратуры.

Все эти компетенции, отнесенные к тем видам профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа магистратуры.

³ Профессиональная деятельность – любая сложная деятельность, которая предстаёт перед человеком как конституированный способ выполнения чего-либо, имеющий нормативно установленный характер. Профессиональная деятельность традиционно рассматривается как вид трудовой деятельности) – совокупность видов трудовой деятельности, имеющая общую интеграционную основу и предполагающая схожий набор компетенций для их выполнения. Корреспондируется с одним или несколькими видами экономической деятельности.

⁴ Сфера профессиональной деятельности – *специфическая область трудовой деятельности, выделенная из совокупности по общности предметов, орудий, технологий и результатов труда.*

⁵ Вид профессиональной (трудовой) деятельности – *совокупность обобщенных трудовых функций, имеющих близкий характер, результаты и условия труда.*

⁶ Объект профессиональной деятельности – *системы, предметы, явления, процессы, на которые направлено воздействие.*

⁷ Компетенция – *совокупность знаний, умений, опыта и отношений/ценностных установок.*

туры, включаются в набор требуемых результатов освоения программы магистратуры.

В частности, выпускники магистратуры по направлениям 15.04.01 «Машиностроение», направленность: «Технология, оборудование и компьютерный инжиниринг автоматизированного машиностроения»; 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», направленность: «Технология машиностроения», и 27.04.06 «Организация и управление наукоемкими производствами», направленность: «Менеджмент высоких технологий» должны соответствовать следующему.

1.2.1 Характеристика профессиональной деятельности выпускников прикладной магистратуры по направлению 15.04.01 [1]

Области и сферы профессиональной деятельности

Выпускники, освоившие программу магистратуры по направлению 15.04.01, могут осуществлять свою профессиональную деятельность в следующих областях и сферах:

- образование и наука (в сферах реализации образовательных программ среднего профессионального образования, высшего образования, дополнительных профессиональных программ; научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок);

- производство машин и оборудования (в сферах проектирования и освоения новой технологической оснастки, средств механизации и автоматизации технологических процессов машиностроения; разработки и освоения новых технологий, средств информационного, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения технологических систем для достижения качества выпускаемых изделий).

Кроме того, они могут реализовать себя в так называемых сквозных видах профессиональной деятельности в промышленности, конкретно в сферах:

- проектирования и освоения новой технологической оснастки, средств механизации и автоматизации технологических процессов машиностроения;

- разработки и освоения новых технологий, средств информационного, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения технологических систем для достижения качества выпускаемых изделий.

Выпускники могут успешно работать и в других областях и (или) сферах профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации⁸ работника, предусмотренных соответствующими профессиональными стандартами, утвержденными приказами Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (приложения А и Б).

Типы и задачи профессиональной деятельности

Выпускники, осваивающие программу магистратуры направления 15.04.01, готовятся к следующим типам профессиональной деятельности:

- производственно-технологический;
- организационно-управленческий;
- научно-исследовательский
- педагогический;
- проектно-конструкторский.

⁸ *Квалификация – 1) готовность работника к качественному выполнению конкретных функций в рамках определенного вида трудовой деятельности; 2) официальное признание (в виде сертификата) освоения компетенций, соответствующих требованиям к выполнению трудовой деятельности в рамках конкретной профессии (требований профессионального стандарта)*.*

** Профессиональный стандарт – это характеристика квалификации, необходимой для осуществления определённого вида профессиональной деятельности, в том числе выполнения определённой трудовой функции**.*

*** Трудовая функция – система трудовых действий в рамках обобщенной трудовой функции, представляющая собой интегрированный и относительно автономный набор трудовых действий, определяемых бизнес-процессом, предполагающий наличие необходимых компетенций для их выполнения.*

Выпускник, освоивший программу магистратуры, в соответствии с типом (типами) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа магистратуры, готов решать следующие профессиональные задачи.

Производственно-технологическая деятельность:

- проектирование машин, приводов, систем, технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства машин, приводов, систем;

- разработка норм выработки, технологических нормативов на расход рабочих материалов, топлива и электроэнергии, а также выбор оборудования и технологической оснастки;

- разработка технических заданий на проектирование и изготовление машин, приводов, систем, нестандартного оборудования и технологической оснастки машин, приводов, систем;

- обеспечение технологичности изделий и процессов изготовления изделий машиностроения;

- оценка экономической эффективности технологических процессов;

- исследование и анализ причин брака при проектировании, изготовлении, испытаниях, эксплуатации, утилизации технических изделий и систем и разработка предложений по его предупреждению и устранению;

- разработка мероприятий по комплексному использованию сырья, замене дефицитных материалов и изыскание способов утилизации отходов производства;

- выбор систем обеспечения экологической безопасности при проведении работ;

- осуществление технического контроля и управление качеством при проектировании, изготовлении, испытаниях, эксплуатации, утилизации технических изделий и систем;

- обеспечение заданного уровня качества продукции с учетом международных стандартов ИСО 9000.

Организационно-управленческая деятельность:

- организация работы коллектива исполнителей, принятие исполнительских решений в условиях различных мнений, определение порядка выполнения работ;

- поиск оптимальных решений при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты;

- профилактика производственного травматизма, профессиональных заболеваний, предотвращение экологических нарушений;

- подготовка заявок на изобретения и промышленные образцы;

- оценка стоимости объектов интеллектуальной деятельности;

- организация в подразделении работ по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов с разработкой проектов стандартов и сертификатов;

- организация повышения квалификации и тренинга сотрудников подразделений в области инновационной деятельности;

- подготовка отзывов и заключений на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения;

- организация работ по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов;

- проведение маркетинга и подготовка бизнес-планов выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий;

- адаптация современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов;

- поддержка единого информационного пространства планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла производимой продукции;

- разработка планов и программ организации инновационной деятельности на предприятии;
- управление программами освоения новой продукции и технологии;
- координация работы персонала для комплексного решения инновационных проблем от идеи до серийного производства.

Научно-исследовательская деятельность:

- постановка, планирование и проведение научно-исследовательских работ теоретического и прикладного характера в объектах сферы профессиональной деятельности;
- разработка моделей физических процессов в объектах сферы профессиональной деятельности;
- разработка новых методов экспериментальных исследований;
- анализ результатов исследований и их обобщение;
- подготовка научно-технических отчетов, обзоров и публикаций по результатам выполненных исследований и разработок;
- фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности;
- управление результатами научно-исследовательской деятельности и коммерциализация прав на объекты интеллектуальной собственности.

Педагогическая деятельность:

- участие в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований;
- постановка и модернизация отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам направления;
- проведение отдельных видов аудиторных учебных занятий, включая лабораторные и практические, а также обеспечение научно-исследовательской работы обучающихся;
- применение новых образовательных технологий, включая системы компьютерного и дистанционного обучения;

- использование современных психолого-педагогических теорий и методов в профессиональной деятельности.

Проектно-конструкторская деятельность:

- разработка перспективных конструкций;
- оптимизация проектных решений с учетом природоохранных и энергосберегающих технологий;

- создание прикладных программ расчета;

- проведение экспертизы проектно-конструкторских и технологических разработок;

- проведение патентных исследований с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемых изделий;

- разработка эскизных, технических и рабочих проектов сложных изделий с использованием средств автоматизированного проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий;

- проведение технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых изделий и конструкций;

- разработка методических и нормативных документов, технической документации, а также предложений по реализации разработанных проектов и программ;

- оценка инновационных потенциалов проектов;

- оценка инновационных рисков коммерциализации проектов.

Объекты профессиональной деятельности

Объектами профессиональной деятельности магистра техники и технологии являются:

- технологическое оборудование и инструментальная техника машиностроительного производства;

- технологическая оснастка и средства механизации и автоматизации технологических процессов машиностроения;
- производственные технологические процессы, их разработка и освоение новых технологий;
- средства информационного, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения технологических систем для достижения качества выпускаемых изделий;
- нормативно-техническая документация, системы стандартизации и сертификации, методы и средства испытаний и контроля качества изделий машиностроения.

Требования к результатам освоения программы магистратуры

В результате освоения программы магистратуры у выпускника должны быть сформированы следующие компетенции, установленные программой магистратуры.

1 Универсальные, характеризующие его способность:

- осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;
- организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели;
- применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия;
- анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия;
- определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

2 Общепрофессиональные⁹, характеризующие его способность:

⁹ *Профессиональные компетенции определяются образовательной организацией самостоятельно на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников (при наличии), из реестра профессиональных стандартов (перечня*

- формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования;

- осуществлять экспертизу технической документации при реализации технологического процесса;

- организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов;

- разрабатывать методические и нормативные документы при реализации разработанных проектов и программ, направленных на создание узлов и деталей машин;

- разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов;

- использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности;

- проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения;

- подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения;

видов профессиональной деятельности), размещенного на специализированном сайте Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Профессиональные стандарты» (<http://profstandart.rosmintrud.ru>).

- подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения;
- разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий;
- организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения;
- разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии.

1.2.2 Характеристика профессиональной деятельности выпускников академической магистратуры по направлению 15.04.05 [2]

Области и сферы профессиональной деятельности

Выпускники, освоившие программу магистратуры по направлению 15.04.05, могут осуществлять свою профессиональную деятельность в следующих областях и сферах:

- образование и наука (в сферах реализации образовательных программ среднего профессионального образования, высшего образования, дополнительных профессиональных программ; научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок);
- производство машин и оборудования (в сферах разработки и внедрения проектов промышленных процессов и производств; исследования и разработки проектных решений технологического комплекса механосборочного производства; разработки конструкторской, технологической, технической документации комплексов механосборочного производства; разработки и оптимизации производственных процессов в тяжелом машиностроении).

Кроме того, они могут реализовать себя и в так называемых сквозных видах профессиональной деятельности в промышленности, конкретно в сферах:

- разработки технологического обеспечения заготовительного производства на машиностроительных предприятиях;
- технологической подготовки производства деталей машиностроения;
- проектирования машиностроительных производств, их основного и вспомогательного оборудования, комплексов, инструментальной техники, технологической оснастки, средств проектирования, механизации, автоматизации и управления;
- разработки и проектирования складских и транспортных систем машиностроительных производств; разработки нормативно-технической и плановой документации, систем стандартизации и сертификации, средств и методов испытаний и контроля качества машиностроительной продукции;
- разработки и внедрения технологических процессов машиностроительных производств, средств их технологического, инструментального, метрологического, диагностического, информационного и управленческого обеспечения).

Выпускники могут успешно работать и в других областях и (или) сферах профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации работника, предусмотренных соответствующими профессиональными стандартами, утвержденными приказами Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации.

Типы профессиональной деятельности

В рамках освоения программы магистратуры направления 15.04.05 будущие выпускники готовятся к следующим типам профессиональной деятельности:

- организационно-управленческий;
- научно-исследовательский;

- педагогический;
- проектно-конструкторский;
- сервисно-эксплуатационный;
- специальный.

Задачи профессиональной деятельности

Выпускник, освоивший программу магистратуры, в соответствии с типом (типами) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа магистратуры, готов решать следующие профессиональные задачи.

Производственно-технологическая деятельность:

- разработка и внедрение оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий;
- модернизация и автоматизация действующих и проектирование новых эффективных машиностроительных производств различного назначения, средств и систем их оснащения, производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства;
- выбор материалов, оборудования и других средств технологического оснащения, автоматизации и управления для реализации производственных и технологических процессов изготовления машиностроительных изделий;
- эффективное использование материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств автоматизации, контроля, диагностики, управления, алгоритмов и программ выбора и расчета параметров технологических процессов, технических и эксплуатационных характеристик машиностроительного производства;
- организация и эффективное осуществление контроля качества материалов, технологических процессов, готовых изделий;
- обеспечение необходимой надежности элементов машиностроительных производств при изменении действия внешних факторов,

снижающих эффективность их функционирования, планирование мероприятий по постоянному улучшению качества машиностроительной продукции;

- анализ состояния и динамики функционирования машиностроительных производств и их элементов с использованием надлежащих современных методов и средств анализа;

- разработка методик и программ испытаний изделий элементов, машиностроительных производств;

- метрологическая поверка основных средств измерения показателей качества выпускаемой продукции;

- стандартизация и сертификация продукции, технологических процессов, средств и систем машиностроительных производств;

- разработка мероприятий по комплексному использованию сырья, замене дефицитных материалов, изыскание повторного использования отходов производства и их утилизации;

- исследование причин появления брака в производстве, разработка мероприятий по его исправлению и устранению;

- разработка мероприятий по обеспечению надежности и безопасности производства, стабильности его функционирования;

- выбор систем экологической безопасности машиностроительных производств.

Организационно-управленческая деятельность:

- организация процесса разработки и производства машиностроительных изделий, производственных и технологических процессов, средств и систем машиностроительных производств различного назначения;

- организация работы коллектива исполнителей, принятие исполнительских решений в условиях различных мнений, определение порядка выполнения работ;

- организация работы по проектированию новых машинострои-

тельных производств, их элементов, модернизации и автоматизации действующих;

- организация работ по выбору технологий, инструментальных средств и средств вычислительной техники при реализации процессов проектирования, изготовления, контроля, технического диагностирования и промышленных испытаний изделий;

- поиск оптимальных решений при создании изделий, разработке технологий и машиностроительных производств, их элементов, средств и систем технического и аппаратно-программного обеспечения с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и требований экологии;

- оценка производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества изделий машиностроения;

- контроль за испытанием готовых изделий средствами и системами машиностроительных производств, поступающими на предприятие материальными ресурсами, внедрением современных технологий, методов проектирования, автоматизации и управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством;

- руководство разработкой нормативно-правовой документации, регламентирующей функционирование машиностроительных производств, адаптацией научно-технической документации к прогнозируемому совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, средств и систем машиностроительных производств;

- подготовка заявок на изобретения и промышленные образцы в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств;

- оценка стоимости объектов интеллектуальной деятельности;

- организация в подразделении работ по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, действующих технологий, производств, их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов;

- подготовка отзывов и заключений на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения;
- организация работы по авторскому надзору при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых изделий, объектов, внедрению технологий;
- проведение маркетинга и подготовка бизнес-плана выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий;
- участие в разработке планов и программ организации инновационной деятельности на предприятии;
- участие в управлении программами освоения новых изделий технологий и техники, координации работы персонала для решения инновационных проблем;
- профилактика производственного травматизма, профессиональных заболеваний, предотвращение экологических нарушений.

Научно-исследовательская деятельность:

- разработка теоретических моделей, позволяющих исследовать качество выпускаемых изделий, технологических процессов, средств и систем машиностроительных производств;
- математическое моделирование процессов, средств и систем машиностроительных производств с использованием современных технологий проведения научных исследований;
- использование проблемно-ориентированных методов анализа, синтеза и оптимизации процессов машиностроительных производств;
- разработка алгоритмического и программного обеспечения машиностроительных производств;
- сбор, обработка, анализ, систематизация и обобщение научно-технической информации, зарубежного и отечественного опыта по направлению исследований, выбор методов и средств решения практических задач;
- разработка методик, рабочих планов и программ проведения научных исследований и перспективных технических разработок, подготовка

отдельных заданий для исполнителей, научно-технических отчетов, обзоров и публикаций по результатам выполненных исследований;

- управление результатами научно-исследовательской деятельности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности;

- фиксация и защита интеллектуальной собственности.

Педагогическая деятельность:

- участие в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований;

- постановка и модернизация отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам направления;

- проведение отдельных видов аудиторных учебных занятий, включая лабораторные и практические, а также обеспечение научно-исследовательской работы обучающихся;

- применение новых образовательных технологий, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

Проектно-конструкторская деятельность:

- формулирование целей проекта (программы), задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, построение структуры их взаимосвязей, определение приоритетов решения задач;

- подготовка заданий на модернизацию и автоматизацию действующих в машиностроении производственных и технологических процессов и производств, средств и систем, необходимых для реализации модернизации и автоматизации;

- подготовка заданий на разработку новых эффективных технологий изготовления машиностроительных изделий, производств различного служебного назначения, средств и систем их инструментального, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения;

- проведение патентных исследований, обеспечивающих чистоту

и патентоспособность новых проектных решений, и определение показателей технического уровня проектируемых процессов, машиностроительных производств и изделий различного служебного назначения;

- разработка обобщенных вариантов решения проектных задач, анализ вариантов и выбор оптимального решения, прогнозирование его последствий, планирование реализации проектов;

- участие в разработке проектов машиностроительных изделий и производств с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, обеспечивающих их эффективность;

- составление описаний принципов действия проектируемых процессов, устройств, средств и систем конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств;

- разработка эскизных, технических и рабочих проектов машиностроительных производств, технических средств и систем их оснащения;

- проведение технических расчетов по выполняемым проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых машиностроительных производств, реализуемых ими технологий изготовления продукции, средств и систем оснащения;

- разработка функциональной, логической, технической и экономической организации машиностроительных производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на основе современных методов, средств и технологий проектирования;

- оценка инновационного потенциала выполняемого проекта;

- разработка на основе действующих стандартов, регламентов методических и нормативных документов, технической документации, а также предложений и мероприятий по реализации выполненных проектов;

- оценка инновационных рисков коммерциализации проектов.

Сервисно-эксплуатационная деятельность:

- организация и контроль работ по наладке, настройке, регулировке, опытной проверке, регламенту, техническому, эксплуатационному обслуживанию оборудования, средств и систем машиностроительных производств, участие в работах;
- практическое применение современных методов и средств определения эксплуатационных характеристик элементов машиностроительных производств;
- выбор методов и средств измерения эксплуатационных характеристик элементов машиностроительных производств;
- участие в организации диагностики технологических процессов, оборудования, средств и систем автоматизации и управления машиностроительных производств;
- участие в организации приемки и освоения вводимых в производство: оборудования, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления;
- составление заявок на оборудование, элементы машиностроительных производств.

Специальные типы деятельности:

- проведение работ по повышению квалификации сотрудников подразделений, занимающихся конструкторско-технологическим обеспечением машиностроительных производств.

Требования к результатам освоения программы магистратуры

В результате освоения программы магистратуры у выпускника должны быть сформированы следующие компетенции, установленные программой магистратуры.

1 Универсальные, характеризующие его способность:

- осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;
- организовывать и руководить работой команды, вырабатывая

командную стратегию для достижения поставленной цели;

- применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия;

- анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия;

- определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

2 Общефессиональные компетенции, характеризующие способность выпускника:

- формулировать цели и задачи исследования в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки исследований;

- разрабатывать современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;

- использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности;

- подготавливать научно-технические отчеты и обзоры по результатам выполненных исследований и проектно-конструкторских работ в области машиностроения;

- организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения;

- разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования производственно-технологической документации машиностроительных производств;

- организовывать подготовку заявок на изобретения и промышленные образцы в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств.

1.2.3 Характеристика профессиональной деятельности выпускников прикладной магистратуры по направлению 27.04.06 [3]

Области и сферы профессиональной деятельности

Выпускники, освоившие программу магистратуры по направлению 27.04.06, могут осуществлять свою профессиональную деятельность в следующих областях и сферах:

- образование и наука (в сферах реализации основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ; научных исследований);

- связь, информационные и коммуникационные технологии (в сфере управления проектами в области информационных технологий);

- атомная промышленность (в сфере управления организацией, функционирующей в области использования атомной энергии);

- ракетно-космическая промышленность (в сферах коммерциализации космических продуктов, услуг и технологий; управления проектами и программами в ракетно-космической промышленности (РКП));

- производство машин и оборудования (в сфере информационно-технической поддержки производства продукции машиностроения);

- судостроение (в сфере выполнения научно-исследовательских работ по разработке и верификации технологической возможности создания новой технологии в области судостроения и судоремонта);

- автомобилестроение (в сфере реализации производственного процесса и участия в обеспечении его совершенствования);

- авиастроение (в сфере управления программами в организациях авиастроительной отрасли, управления цепью поставок в авиастроении);

Кроме того, они могут реализовать себя и в так называемых сквозных видах профессиональной деятельности в промышленности, конкретно в сферах:

- стратегического управления процессами планирования производственных ресурсов и производственных мощностей;

- управления проектами в области разработки и постановки производства полупроводниковых приборов, систем с использованием нанотехнологий, организации сетей поставок машиностроительных организаций.

Выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность в других областях при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации работника, предусмотренных соответствующими профессиональными стандартами, утвержденными приказами Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации.

Типы профессиональной деятельности

В рамках освоения программы магистратуры направления 27.04.06 будущие выпускники готовятся к следующим типам профессиональной деятельности:

- научно-исследовательский;
- проектно-технологический;
- организационно-управленческий;
- научно-педагогический.

Задачи профессиональной деятельности

Выпускник, освоивший программу магистратуры, в соответствии с типом (типами) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа магистратуры, готов решать следующие профессиональные задачи.

Научно-исследовательская деятельность:

- изучение научно-технической, управленческой и экономической информации отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;

- изучение и анализ современных методов организационно-эко-

номического моделирования, предназначенных для разработки и принятия управленческих решений;

- построение организационно-экономических моделей для конкретных задач управления на стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции с использованием стандартных пакетов программ;

- сбор, обработка, анализ и систематизация организационно-экономических данных на основе современных методов моделирования и принятия решений;

- обработка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;

- проведение анализа управленческой ситуации, построение соответствующих ей организационно-экономических моделей для решения конкретных задач управления организацией, изучение их свойств и характеристик, разработка на их основе адекватных управленческих решений;

- организация и проведение маркетинговых исследований;

- организация и проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, анализ их результатов;

- подготовка научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных экспериментов; участие во внедрении результатов исследований и разработок.

Организационно-управленческая деятельность:

- организация процессов планирования и управления конкурентоспособностью производства;

- организация, планирование и управление процессами по созданию и освоению наукоемкой продукции;

- осуществление технико-экономических расчетов эффективности новой наукоемкой продукции;

- управление жизненным циклом наукоемкой продукции;

- организация отраслевого маркетинга и управление им;

- применение современных информационных технологий, использование методов системного анализа и пространственно-временной оптимизации материальных, финансовых и информационных потоков на всех стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции;
- применение современных методик разработки и внедрения системы менеджмента качества на предприятии.

Научно-педагогическая деятельность:

- выполнение педагогической работы на кафедрах образовательных организаций высшего образования на уровне ассистента;
- подготовка и проведение учебных курсов в рамках направления подготовки под руководством опытных преподавателей;
- разработка методических материалов, используемых обучающимися в учебном процессе;
- обучение персонала организаций современным методам организационно-экономического моделирования для принятия адекватных управленческих решений;

Объекты профессиональной деятельности

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу магистратуры по направлению 27.04.06, являются:

- организации, предприятия, отраслевые комплексы, международные корпорации и другие хозяйственные ассоциации, выполняющие различные стадии жизненного цикла наукоемкой продукции;
- отраслевые, межотраслевые и международные проекты по созданию сложных высокотехнологичных систем;
- проекты и процессы освоения новых наукоемких продуктов, услуг, технологий, новых форм и методов организации производства и управления.

Требования к результатам освоения программы магистратуры

В результате освоения программы магистратуры у выпускника должны быть сформированы следующие компетенции, установленные программой магистратуры.

1 Универсальные, характеризующие его способность:

- осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий;
- управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;
- организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели;
- применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия;
- анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия;
- определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.

2 Общепрофессиональные компетенции, характеризующие способность выпускника:

- анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления наукоемкими производствами на основе положений, законов и методов в области математики, технических и естественных наук;
- формулировать задачи управления наукоемкими производствами и обосновывать методы их решения;
- самостоятельно решать задачи управления наукоемкими производствами на базе последних достижений науки и техники;
- оценивать эффективность систем управления наукоемкими производствами, разработанными на основе современных математических методов;
- определять формы и методы правовой охраны и защиты прав на результат интеллектуальной деятельности, распоряжаться правами на них для решения задач в области развития наукоемких производств;
- руководить научно-исследовательскими работами по разработке и верификации концептуальной и технологической возможности создания наукоемких технологий;

- руководить разработкой комплексных проектов на всех стадиях и этапах выполнения работ и управлять разработкой новых методов и инструментов управления проектами (по отраслям);

- разрабатывать, формировать и реализовывать эффективные стратегии научно-технического и технологического развития наукоемких производств на основе перспективных методов маркетинга и логистики;

- разрабатывать учебно-методические материалы и участвовать в реализации образовательных программ в области профессиональной деятельности.

II МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

II.1 Основные положения

II.1.1 Требования к магистерской диссертации

Магистерская диссертация (от лат. *dissertation* – исследование, рассуждение) – выпускная квалификационная научная работа, самостоятельно выполненная, написанная и публично защищаемая магистрантом для получения академической степени магистра.

В этой связи она должна:

- продемонстрировать уровень научной квалификации автора и, прежде всего, умение самостоятельно вести научный поиск и решать конкретные научные и практические задачи;

- соответствовать современному уровню развития науки и техники, а ее тема быть актуальной и иметь научную и практическую значимость.

- содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты;

- иметь внутреннее единство и отражать в логической последовательности ход и результаты выполненных исследований;

- позволять судить о полноте проработки темы, достоверности, новизне и научно- практической значимости результатов, обоснованности содержащихся в ней положений, выводов и рекомендации;

- свидетельствовать о личном вкладе магистранта в ее выполнение.

Несмотря на то что перечисленные требования характерны для научных квалификационных трудов всех уровней, включая диссертации на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (приложения В, Г), магистерская диссертация (МД), выполненная в системе современной российской высшей школы, все же не считается научным произведением в полном смысле этого слова по следующим причинам.

Во-первых потому, что степень магистра – это не ученая, а академическая степень, отражающая, прежде всего, образовательный уровень выпускника высшей школы и свидетельствующая о наличии у него умений и навыков, присущих начинающему научному работнику.

Во-вторых, в отличие от кандидатской и докторской диссертаций, представляющих серьезные научно-исследовательские работы, магистерская диссертация хоть и является самостоятельным научным исследованием, все же в ее основе лежит модернизация уже известных решений.

В-третьих, ее научный уровень должен соответствовать программе обучения. С этих позиций МД – в большей степени, учебно-исследовательская работа, выполнение которой должно не столько решать научные проблемы, сколько показать уровень способности ее автора самостоятельно вести научный поиск, видеть профессиональные проблемы и знать наиболее общие методы и приемы их решения.

В-четвертых, основные результаты, полученные в ходе выполнения магистерской диссертации, не должны быть обязательно опубликованы в научных изданиях [4].

И, наконец, при представлении к защите магистерской диссертации не требуется автореферат.

Примечание – Автореферат диссертации (от др.-греч. αὐτός – сам и лат. refero – докладываю, сообщаю) – *краткое изложение основных результатов диссертационной работы на соискание учёной степени доктора или кандидата наук, составленное самим автором диссертации.*

Соискатель степени магистра ограничивается представлением в Государственную аттестационную комиссию только самой диссертационной работы (вместе с отзывом своего научного руководителя) и

справки о выполнении индивидуального плана по профессиональной образовательной программе магистра.

Существенно упрощена и сама процедура публичной защиты магистерской диссертации, не требующей назначения официальных оппонентов. Такая диссертация подлежит лишь обязательному рецензированию¹⁰.

Перечисленные требования являются общими для МД любого направления подготовки, но диссертации конкретных направлений все же имеют свои характерные особенности, продиктованные тематикой НИР научных направлений и специальностей, выполняемых кафедрой, осуществляющей подготовку магистров.

Так, например, для направлений магистрантов техники и технологии, которым предназначено данное пособие, определение МД будет звучать так:

Диссертация на соискание степени магистра является научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных лично диссертантом исследований (аналитических, теоретико-экспериментальных и экспериментальных) получены новые научные результаты, либо изложены научно обоснованные технологические, технические, экономические и другие решения, использование которых в машиностроении может внести вклад в повышение производительности изготовления и улучшение качества выпускаемой продукции и ускорение научно-технического прогресса в машиностроении или способствовать совершенствованию образовательного процесса подготовки квалифицированных специалистов для данной отрасли.

¹⁰ Рецензия на магистерскую диссертацию – это характеристика на выпускную квалификационную работу, написанная и оформленная сторонним специалистом с учёной степенью и опытом работы в научной отрасли по теме исследования.

II.1.2 Последовательность выполнения диссертации, советы и правила

Для успешного выполнения диссертации необходимо соблюдать следующую последовательность этапов работы над ней.

Сначала необходимо выбрать тему¹¹ исследования и утвердить ее у научного руководителя. Тему магистерской диссертации можно выбрать самостоятельно или из перечня, предложенного выпускающей кафедрой. При этом необходимо иметь в виду, что тема должна быть актуальной и новой – только при наличии этих признаков можно успешно защитить диссертационный труд.

Примечание – Актуальность темы – необходимость для науки и/или практики изучения и проработки этой темы в настоящее время (обязательное требование к любой диссертации).

В применении к МД понятие «актуальность» имеет следующую особенность.

МД, как уже отмечалось, является квалификационной работой, и то, как ее автор умеет выбрать тему и насколько правильно он эту тему понимает и оценивает с точки зрения своевременности и значимости для науки и практики той сферы профессиональной деятельности, для которой он проходил подготовку в магистратуре, характеризует степень его научной зрелости и профподготовки.

Далее составляется рабочий план подготовки диссертации, представляющий собой примерный алгоритм будущего исследования, который в ходе его реализации может изменяться в зависимости от организационных и материально-технических возможностей. При этом

¹¹ Тематика диссертаций должна относиться к научной специальности из группы научных специальностей 2.5 Машиностроение (область науки – 2 Технические науки – см. в приложении Г выделенное жирным шрифтом).

необходимо учитывать, что вся работа должна быть завершена в заданный срок.

Рабочий план разрабатывается совместно с научным руководителем магистранта и начинается с обоснования выбора темы и обычно включает следующие этапы:

1 Обзор и анализ научно-технической информации по выбранной теме.

2 Постановка цели и задач исследования.

3 Выбор и/или создание методов (методик) проведения исследования.

4 Проведение исследования, фиксация, анализ и интерпретация его результатов.

5 Формулирование выводов и разработка рекомендаций по использованию полученных результатов в научной и производственной практике.

По мере выполнения этапов желательно кратко излагать их основные результаты, для того чтобы точнее определить логическую очередность и последовательность намеченных работ, обеспечить полноту раскрытия сути исследования, так как очевидно, что, не имея результатов предыдущего этапа, нельзя переходить к следующему.

Важно также правильно распределить временные и материально-технические ресурсы по планируемым этапам работы для своевременного и качественного их выполнения в полном объеме.

Такой методический подход приводит магистранта к необходимости учета стратегии и тактики научного исследования, когда он самостоятельно определяет цель в своей работе, формулирует главную на данный момент задачу, выбирает необходимые методы и приемы действий, находит наиболее удобное время для выполнения каждой операции, т. е. демонстрирует способность и готовность к реализации своих творческих идей и замыслов.

При разработке плана необходимо предусмотреть возможность

включать в него новые аспекты, которые могут быть выявлены в процессе работы.

На этом этапе важную роль играет научный руководитель, который не только помогает в разработке рабочего плана будущей диссертации, но и оказывает научную и методическую помощь, в частности:

- рекомендует необходимую литературу, справочные, статистические и методические материалы и другие источники по теме;
- проводит беседы и консультации, предусмотренные расписанием;
- систематически контролирует выполнение работы, вносит определенные коррективы;
- дает рекомендации о целесообразности принятия того или иного решения;
- оценивает содержание выполненной диссертации как по частям, так и в целом;
- дает заключение о готовности работы в целом и согласие на представление диссертации к защите.

Чтобы МД была полноценной, необходимо использовать следующие советы, выработанные богатым опытом научного сообщества в ходе подготовки таких работ:

- начинайте выполнение своего научного труда с тщательного изучения и анализа научно-технической информации по теме, в том числе диссертаций и авторефератов других авторов;
- разделяйте отобранную информацию по предполагаемым разделам будущей работы, например в соответствии с задачами, решение которых послужит, на ваш взгляд, кратчайшему достижению поставленной цели;
- обязательно фиксируйте выходные данные источника с полезной для вас информацией, для того чтобы вы могли сослаться на этот документ в соответствующем разделе исследования;

- старайтесь не перегружать информацию вопросами, не касающимися напрямую темы исследования;

- в процессе выполнения исследований и написания диссертации обращайтесь за консультацией не только к научному руководителю и официальным, но и, по возможности, к другим ученым;

- используйте в качестве образца примеры уже защищенных работ.

Кроме того, при подготовке диссертации магистрант должен следовать и ряду установившихся правил, выполнение которых значительно повышает качество его научного труда. К основным из них следует отнести следующие.

1 Выстраивая по собственному усмотрению в логическую последовательность накопленные научные факты и доказывая научную ценность или практическую значимость тех или иных результатов, достоверность полученной информации подтверждается не только текстовым, но и иллюстративным материалом.

Так, например, в исследованиях на соискание степени магистра по направлениям 15.04.01, 15.04.05 и 27.04.06 должны быть получены и изложены в диссертации новые научные результаты, либо научно обоснованные технологические, технические, экономические и другие решения, позволяющие повысить производительность изготовления и/или качество выпускаемой продукции, либо усовершенствован образовательный процесс.

2 Предложенные автором новые решения должны быть строго аргументированы и критически оценены по сравнению с известными решениями, иметь сведения о фактическом или предлагаемом практическом использовании.

3 Содержание МД должно отличаться краткостью и точностью формулировок, исключая возможность субъективного и неоднозначного толкования, конкретностью изложения результатов работы.

Недопустимо включение в МД (без необходимости) дословных формулировок, заимствованных из литературных источников.

4 При написании МД соискатель должен давать ссылки на автора и источник, откуда он заимствовал материалы или отдельные результаты.

5 При использовании в МД идей или разработок, принадлежащих соавторам, коллективно с которыми были выполнены и написаны научные работы, соискатель обязан это отметить в рукописи МД.

6 Необходимо помнить также, что каждый магистрант имеет в своем распоряжении следующие широкие возможности фиксации и реализации авторских прав на результаты своей творческой деятельности еще до защиты МД, а именно:

а) внедрение научно обоснованных рекомендаций и оригинальных технологических и конструкторских разработок в производство заинтересованных предприятий и организаций. Результаты работ, связанных с внедрением, представляют в МД в виде актов внедрения или протоколов опытно-промышленных испытаний, оформленных в установленном порядке;

б) обсуждение МД или ее отдельных фрагментов в технических советах предприятий и организаций, заинтересованных в использовании разработок магистранта;

в) подтверждение актуальности и научной ценности разработок магистранта отзывом выпускающей или другой кафедры;

г) правовая защита средств технологического оснащения и научной аппаратуры, технологических процессов и способов исследования, созданных на уровне изобретения.

В этой связи все оригинальные решения, имеющие существенную новизну и полезность, должны быть своевременно выявлены и оформлены в установленном порядке заявками на выдачу патентов и свидетельств на полезную модель (раздел VII.2). Копии патентов и свидетельств, положительных решений по заявкам или самих заявок на изобретения и модели включают в состав приложений МД.

д) публикация научно-технических разработок в центральной периодической печати, вузовских и межвузовских сборниках научных трудов и тезисов докладов на научно-технических конференциях, семинарах и совещаниях и в других изданиях;

е) участие во внутривузовских, региональных, всероссийских и международных выставках и конкурсах студенческих научных работ;

ж) обсуждение фрагментов МД на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава университета, а также на студенческих конференциях.

Не будет лишним и следование десяти заповедям, оставленным молодому ученому его предшественниками (приложение Д).

Далее рассмотрим содержание перечисленных этапов работы и рекомендации по их реализации при выполнении магистерской диссертации.

III ЭТАПЫ РАБОТЫ НАД ДИССЕРТАЦИЕЙ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

III.1 Выбор темы

III.1.1 Порядок и особенности выбора темы

Под темой диссертации принято понимать то главное, о чем в ней говорится. От того насколько удачно сделан выбор темы, во многом зависит качество магистерской диссертации, которую нужно выполнять на материалах конкретной организации. Обычно темы магистерских диссертаций выбираются из списка, рекомендованного соответствующими профилирующими кафедрами высшего учебного заведения, но магистранту предоставляется право предложить свою тему с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки или взять из темников организаций – работодателей. Тема диссертационной работы должна определяться и закрепляться в начале магистерской подготовки.

Примечание – Темник (в данном контексте) – список тем технических и технологических задач организации, требующих своего неотложного решения.

При выборе темы МД необходимо учесть, что она должна:

- быть направлена на решение профессиональных задач, указанных в пункте 4.4 ФГОС ВПО [1–3];
- являться актуальной, т. е. такой, в которой рассматриваются вопросы, вытекающие из задач, стоящих перед отраслевой наукой, и иметь важное научно-теоретическое и практическое значение;
- соответствовать тематике научно-исследовательской работы

выпускающей кафедры или быть частью одной из научно-исследовательских работ, выполняемых коллективом кафедры¹²;

- быть сформулирована для задачи сравнительно узкого плана с тем, чтобы можно было ее глубоко проработать;

- выбираться самим магистрантом, но учитывать рекомендации и советы его научного руководителя, который несет административную и моральную ответственность за качество магистерской диссертации.

Если магистрант не может выбрать тему для диссертации самостоятельно, он вправе обратиться за консультацией к своему руководителю.

Темы МД закрепляются за студентами на основании их личных заявлений. Выбранная тема и научный руководитель диссертанта утверждаются приказом ректора университета при условии обеспечения должного научного руководства.

Научным руководителем диссертанта назначается, как правило, профессор или доцент выпускающей кафедры (для работ, выполняемых на стыке научных направлений, – с привлечением одного или двух научных консультантов). Роль руководителя – направлять работу диссертанта, помогая ему оценить возможные варианты решений, но выбор конкретного варианта – это задача самого диссертанта. Он, как автор выполняемой работы, отвечает за принятые решения, правильность полученных результатов и их фактическую точность.

Выбор темы диссертации по существу – этап работы над диссертацией, и она должна быть выбрана осознанно, а интерес к теме, стремление решить поставленную научную задачу должны сопровождать диссертанта на всех этапах исследований.

Наименование темы МД должно быть кратким и точно соответствовать содержанию и предмету научно-исследовательской работы,

¹² Тематика МД выпускающей кафедры «Машиностроение» Курганского госуниверситета, определяется ее научным направлением «Научные основы инжиниринга перспективных технологий автоматизированного производства авиационной, ракетно-космической, транспортной и военной техники».

которую выполнил соискатель над объектом исследования, т. е. содержать три составляющие:

1) направленность исследования (повышение эффективности, совершенствование структуры, разработка, оптимизация, снижение затрат и т. д.);

2) объект исследования (устройство, способ, явление, процесс, технологии и др.);

3) предмет исследования (взаимосвязи и закономерности, эксплуатационные показатели, способ действия, инструмент, модель, метод исследования и др.).

Ниже приведены в качестве типовых примеров, возможные темы МД.

1) Повышение эффективности шлифования заготовок из труднообрабатываемых материалов путем оптимизации условий правки абразивного круга.

2) Разработка методики автоматизированного расчета точности технологических процессов механической обработки заготовок деталей машин и приборов.

3) Повышение производительности операции механической обработки на станке с ЧПУ модели ... за счет (путем) оптимизации режимно-инструментального оснащения ее переходов.

4) Повышение качества литых деталей из стали марки ... за счет создания новой конструкции литниково питающей системы.

5) Исследование влияния комбинированной упрочняющей обработки на работоспособность обработанной поверхности.

6) Совершенствование технологического процесса изготовления деталей типа

7) Повышение эффективности обработки деталей на станках с ЧПУ за счет использования методов высокоскоростного резания.

8) Исследование влияния состава износостойкого покрытия на шероховатость и степень упрочнения обработанной поверхности.

9) Разработка рекомендаций по повышению жесткости и точности станка модели

10) Повышение производительности мехобработки заготовок деталей путем введения в зону резания дополнительных видов энергии (электрической, химической, ультразвуковой, светолучевой и др.).

Тема и состав МД определяют план диссертации, утверждаемый руководителем магистерской программы (приложение Е).

III.1.2 Оценка выбранной темы на ее соответствие требованиям, предъявляемым к магистерской диссертации

Выбрав тему, диссертант должен уяснить, что при ее разработке необходимо будет принять в качестве предмета¹³ исследования и частью какого объекта¹⁴ изучения он является, а также в чем заключаются цель, конкретные задачи и ее аспект. Для этого надо определить, какова суть предлагаемой идеи, в чем актуальность темы, ее теоретиче-

¹³ *Предмет исследования – это конкретная часть объекта, внутри которой ведется исследование (поиск). Причем предмет одного исследования может служить объектом другого (более частного) исследования.*

¹⁴ *Объект исследования – это определенный процесс или явление, которое порождает проблемную ситуацию (проблему). Важно понимать, что один и тот же объект может быть предметом разных исследований или даже целых научных направлений. Но у них у всех будут разные предметы исследования.*

Пример:

Тема диссертации «Повышение производительности внутреннего шлифования оптимизацией циклов управления подачами». Здесь автор А. В. Акинцева определяет операцию внутреннего шлифования с продольной подачей как объект исследования, выделяя в качестве предмета взаимосвязь параметров управления циклом с производительностью, точностью, качеством при внутреннем шлифовании.

В других исследованиях могут быть и иные сочетания:

а) объект – операция внутреннего шлифования, а предмет – операция внутреннего шлифования с продольной подачей;

б) объект – операция внутреннего шлифования с продольной подачей, а предмет – взаимосвязь параметров управления циклом с производительностью, точностью, качеством при внутреннем шлифовании.

ская новизна и практическая ценность. Это значительно облегчит эффективность выбора именно данной темы в качестве диссертационной.

При этом следует помнить и об аналогичных обязательных требованиях, предъявляемых к диссертациям любого уровня в целом, а именно: новизна, полезность и достоверность результатов исследования. Поэтому еще до принятия решения по выбору конкретного варианта темы необходимо спрогнозировать возможность обеспечить в ходе ее разработки перечисленные характеристики результатов будущей МД. Естественно, для такого прогноза магистрант должен знать не только суть характеристик, но и каким образом и при каких условиях они могут быть получены. Об этом и пойдет речь ниже.

Научная новизна – одно из главнейших требований к диссертации. Это означает, что она должна содержать решение новой научной задачи или новые разработки, расширяющие существующие границы и/или глубину знаний в данной отрасли науки.

Выявление элементов новизны осуществляется в ходе:

- изучения научно-технической информации по предмету исследования с анализом его исторического развития в течение трех-пяти лет;

- рассмотрения и анализа существующих решений задач диссертации;

- включения в научный оборот новых данных и сведений, полученных, например, в результате проведения эксперимента:

- декомпозиции объекта (процесса, устройства) исследования с последующим выявлением связей его составных частей с предметом изучения и анализом этих связей с целью определения новых полезных для науки и практики результатов, выводов, обобщений.

К элементам новизны диссертационной работы могут быть отнесены представленные в ней новые:

- постановка задачи/задач;

- стороны известных проблем или задач;

- метод/методы решения;
- применение известного решения или метода;
- результаты и положения.

Новыми научными результатами диссертационного исследования считают предложенные автором:

- новые или усовершенствованные критерии оценки параметров изучаемых процессов;
- расчетные зависимости каких-либо параметров;
- усовершенствованные или вновь разработанные методики анализа, синтеза или инженерного расчета основных характеристик процесса, средств, аппаратуры и т. д.;
- математические модели процессов и явлений;
- устройства и способы на уровне изобретений и полезных моделей.

К новым практическим результатам обычно относят:

- разработанные и внедренные или успешно апробированные технологические процессы, алгоритмы и программные модули проектирования оборудования и оснастки;
- достижения в производительности, качестве, снижении себестоимости в результате использования инновационных разработок;
- создание новых теоретических положений и разработок прикладного характера.

Полезность диссертационного исследования характеризуется обычно наличием:

- изобретений и полезных моделей;
- практических рекомендаций по разработке конкретного изделия;
- рекомендаций, предназначенных для конструкторских и технологических отделов и бюро предприятий отрасли;
- предложений, позволяющих совершенствовать технологию производства, методику исследования, точность измерений и т. п.;

- новых знаний для использования в учебном процессе образовательных учреждений и организаций [4].

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается следующими факторами:

- базированием на строго доказанных и корректно используемых выводах фундаментальных и прикладных наук, таких как математический анализ, теория вероятностей, математическая статистика, сопротивление материалов, теоретическая механика, теория оптимизации и планирования эксперимента и других;

- комплексным использованием известных, проверенных практикой теоретических и эмпирических методов исследования;

- указанием на то, что решение ряда новых задач стало возможным благодаря известным достижениям определенных научных дисциплин и не противоречит их положениям, а методики расчета устройств и процессов согласуются с опытом их создания и дальнейшего совершенствования технических систем;

- отсутствием противоречий между теоретическими положениями, развитыми автором, и известными закономерностями техники, науки, знания. Обоснованием результатов с помощью известных процедур проектирования, методов поиска технических решений, а также физического и математического моделирования;

- проверкой теоретических положений и новых технических решений экспериментальными исследованиями, обеспеченными метрологически на должном уровне;

- сопоставлением результатов эксперимента и испытаний, проведенных соискателем с известными экспериментальными данными других исследователей по аналогичным вопросам;

- необходимой и достаточной полнотой авторского исследования, доказанной совпадением теоретических выводов с экспериментальной их проверкой, согласующихся с известными теоретическими положениями или экспериментальными данными других авторов.

Необходимо также иметь в виду, что полученные автором теоретические математические модели должны отвечать предъявляемым к ним обязательным требованиям:

- непротиворечивость, т. е. при использовании модели нет противоречащих друг другу результатов и выводов, а также данным эксперимента;

- соответствие полученным по ней результатам эмпирическим данным;

- возможность адекватно описывать не только исследуемый, но и уже известные процессы;

- способность предсказывать результаты реализации новых процессов-аналогов.

После выбора темы и предварительной оценки ее соответствия обязательным требованиям приступают к разработке плана реализации этого исследования, начинающегося с обзора, анализа и обобщения исходной научно-технической информации, постановки цели и задач исследования.

III.2 Анализ и обобщение исходной информации, постановка цели и задач исследования

Этот раздел МД (обычно первый) включает описание и анализ объекта и предмета исследования в их взаимосвязи, а также критический обзор исходной научно-технической информации (НТИ), в какой-либо мере касающейся аспекта проблемы, решению которого будет посвящена диссертация.

Основная цель обзора исходной НТИ – ознакомиться с проблемой и оценить степень ее проработки на настоящее время в направлении темы будущей диссертации.

В состав такой информации включают отечественные и зарубежные литературные источники, патенты и авторские свидетельства на

изобретения, отчеты по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам (НИР и ОКР) кафедры, базового предприятия или научно-исследовательских институтов (НИИ), а также выполненные в предыдущие годы докторские, кандидатские и магистерские диссертации, курсовые и дипломные проекты и др.

Учитывая, что информация сегодня быстро устаревает, рекомендуется выбирать только ту литературу, которая была выпущена не более трех-пяти лет назад.

После сбора НТИ ее источники (гл. V) необходимо распределить по вопросам, планируемым к рассмотрению в диссертации, а также рассортировать в хронологическом порядке, т. е. по времени выполнения исследований и публикации их результатов, имеющих отношение к теме МД, зафиксировав отобранную информацию на удобном для себя носителе. Только тогда можно переходить к краткому описанию и анализу необходимых сведений, изложенных в них.

Для рационального использования времени целесообразно параллельно с анализом информации составлять список использованных источников (приложение Ж).

В итоге рассмотрения ранее выполненных работ магистрант должен критически сопоставить точки зрения их авторов, дать оценку состояния исследуемого вопроса, выразив свое мнение:

- о достоверности и достаточности опубликованных результатов и других данных для его решения;
- методиках исследований;
- сомнительных, противоречивых или ошибочных положениях и выводах.

В конце анализа (обзора) делается заключение о степени проработки темы, включающее ответы на вопросы: что сделано, что сделано частично, что не выполнено вообще и почему?

На основании этого заключения характеризуется выбранная тема

в соответствии с требованиями, предъявляемыми к таковым, предназначенным для выпускной квалификационной работы (ВКР) магистра (п. III.1.2) и дается ее обоснование. Далее излагаются рабочая гипотеза и основные направления предстоящих исследований, формулируется их цель и определяются конкретные задачи, которые предстоит решать для ее достижения.

Цель исследования – это то, что в самом общем (обобщенном) виде необходимо достичь по завершении исследования конкретного объекта и предмета на основе выбранных подходов.

Формулировка цели НИР должна начинаться с постановки общей задачи, например: «Выявление...», «Обоснование...», «Разработка...», «Уточнение...» и т. п., а заканчиваться указанием на полезные (технические, технологические, технико-экономические и др.) эффекты, которые могут обеспечиваться использованием (реализацией) предполагаемого(ых) научно-технического(их) результата(ов), например:

«...предоставление научно-исследовательским организациям новых и эффективных методов и средств проведения исследований...»;

«... получение значимых (прорывных) научных результатов, позволяющих переходить к созданию новых видов научно-технической продукции...»;

«... прогрессивные сдвиги в отрасли, технологии,... »;

«... снижение экологической нагрузки на природу внедрением энергосберегающей экологически безопасной технологии производства товаров...».

Цель же прикладных НИР, направленных на совершенствование конструкторско-технологического оснащения машиностроительных производств, предусматривает обычно качественные и/или количественные изменения каких-либо показателей в сторону улучшения, например:

«... уменьшение издержек...»;

«... улучшение показателей...»;

«...увеличение конкурентоспособности...» и пр.

Здесь, в первую очередь, следует отметить, что формулировка цели исследования и наименование темы диссертации должны соответствовать друг другу по смыслу.

Пример

*В кандидатской диссертации В. А. Зырянова на **тему** «Повышение эффективности сборных червячных зубообрабатывающих фрез на основе имитационного моделирования и выбора рациональной схемы резания» **цель** звучит как «повышение эффективности (производительности) работы сборных червячных фрез со сменными твердосплавными пластинами при обработке крупномодульных зубчатых колес на основе имитационного моделирования и реализации групповой схемы резания с расположением режущих элементов (СРТП) на базовом архимедовом червяке и численных исследований напряжений».*

*Такое сочетание формулировок темы и цели вытекает из того, что в данной работе **объектом исследования** является сборная твердосплавная червячная фреза с групповой схемой резания с расположением сменных режущих твердосплавных пластин на архимедовом инструментальном червяке, а **предметом исследования** является взаимосвязь между параметрами групповой схемы резания при зубофрезеровании червячной фрезой с расположением сменных твердосплавных пластин на архимедовом червяке и возникающими опасными главными напряжениями в этих пластинах.*

Задачи исследования рекомендуется представлять в логической последовательности этапов его проведения и разработки необходимых для этого методик и/или специального технического оснащения.

Примечание – *Задача – понятие, отражающее необходимость осуществить, определенную деятельность.*

Задачи исследования в прикладной научной работе в области технологии машиностроения можно разделить на два основных вида:

- направленные на преобразование предмета исследования, моделирования, опытно-экспериментальной проверки;
- предназначенные для выявления направлений, путей и средств повышения эффективности и/или совершенствования исследуемого технологического оборудования или процесса механической и физико-технической обработки.

Задачи обычно указываются в форме перечисления (изучить..., выяснить..., описать..., разработать..., установить..., объяснить и т. п.).

Формулировки задач необходимо делать как можно точнее, так как описание алгоритма и способов их решения составит содержание глав МД, наименование которых должно вытекать именно из этих формулировок.

Пример

Поставленная в упомянутой работе В. А. Зырянова цель достигнута в результате решения следующих задач.

1 Анализ литературных источников и информационный поиск патентов по теме диссертационной работы, формулирование цели и задач исследования.

2 Имитационное моделирование процесса чернового зубофрезерования для определения граничных условий нагружения режущих элементов и проверка соответствия нарезаемого эвольвентного профиля зуба колеса техническим требованиям.

3 Исследования напряженно-деформированного состояния зуба стандартной и сборной червячной фрезы.

4 Разработка алгоритма по расчету и проектированию конструкций сборных червячных фрез со сменными режущими твердосплавными пластинами для обработки крупномодульных зубчатых колес.

5 Разработка конструкций сменных режущих твердосплавных

пластин повышенной прочности для сборных червячных фрез на основе исследования их напряженно-деформированного состояния.

6 Разработка конструкции сборной червячной фрезы методом технологий быстрого прототипирования для обработки зубчатого колеса.

Задач в исследовательской работе не должно быть много (для МД три-четыре).

Важно помнить, что магистерская работа считается успешной только в случае, если автор по ее завершении решил все задачи и достиг намеченной цели.

Следующий шаг – определение методик исследования.

III.3 Методика исследований

III.3.1 Общие положения

При реализации данного этапа следует помнить, что к настоящему времени вашими предшественниками уже создано очень много методик, некоторые из которых даже вошли в соответствующие нормативные документы: Государственные стандарты (ГОСТы), технические условия (ТУ), нормали и др. Это дает возможность при выполнении своих исследований, использовать уже существующие методы, а не создавать свои.

Методику разрабатывают для экспериментального решения поставленных задач исследования. Этот раздел МД включает описание:

- оборудования, оригинальных экспериментальных установок, стендов, измерительных схем, аппаратуры, оснастки, использованных при проведении экспериментов;

- условий и порядка проведения опытов (образцы, инструмент, режимы обработки или функционирования);

- расчетов погрешностей измерения характеристик исследуемых объектов или процессов;

- методов измерения и контроля параметров объекта и их технического оснащения (приборы и устройства с описанием их конструкции, принципа работы и метрологических характеристик).

В общем случае можно рекомендовать следующий алгоритм разработки и изложения методической части экспериментальных исследований в МД, а именно:

а) выбор критерия оценки эффективности исследуемого объекта (способа, процесса, устройства);

б) определение перечня параметров, контролируемых при исследованиях;

в) подбор стандартного или разработка специального оборудования, экспериментальных установок, приборов, аппаратуры, оснастки и т.п.;

г) план организации и проведения опытов с учетом их состава и условий реализации;

е) математическое планирование экспериментов;

ж) обработка результатов исследований и их анализ.

Рассмотрим наиболее важные методические и технические положения, которые будут полезны начинающим исследователям при подготовке и проведении экспериментальных работ.

Примечание – В главе использованы следующие термины и определения (ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения [5] и ГОСТ Р 50.1.040-2002 «Статистические методы. Планирование экспериментов. Термины и определения» [6]).

1 Эксперимент – система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях.

2 Опыт – воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов.

3 План эксперимента – совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов

4 Планирование эксперимента – выбор плана эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям.

5 Фактор (недопустимо Параметр) – переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента.

6 Уровень фактора – фиксированное значение фактора относительно начала отсчета;

7 Основной уровень фактора – натуральное значение фактора, соответствующее нулю в безразмерной шкале.

8 Нормализация факторов – преобразование натуральных значений факторов в безразмерные значения.

9 Априорное ранжирование факторов – метод выбора наиболее важных факторов, основанный на экспертной оценке.

10 Размах варьирования фактора – разность между максимальным и минимальным натуральными значениями фактора в данном плане.

11 Интервал варьирования фактора – половина размаха варьирования фактора.

12 Эффект взаимодействия факторов – показатель зависимости изменения эффекта одного фактора от уровней других факторов.

13 Факторное пространство – пространство, координатные оси которого соответствуют значениям факторов.

14 Область экспериментирования (область планирования) – область факторного пространства, где могут размещаться точки, отвечающие условиям проведения опытов.

15 Активный эксперимент – эксперимент, в котором уровни факторов в каждом опыте задаются исследователем.

16 Пассивный эксперимент – эксперимент, при котором уровни факторов в каждом опыте регистрируются исследователем, но не задаются.

17 Последовательный эксперимент (недопустимо Шаговый эксперимент) – эксперимент, реализуемый в виде серий, в котором условия проведения каждой последующей серии определяются результатами предыдущих.

18 Отклик (недопустимо Реакция на параметр) – наблюдаемая случайная переменная, по предположению зависящая от факторов.

19 Функция отклика – зависимость математического ожидания отклика от факторов.

20 Оценка функции отклика – зависимость, получаемая при подстановке в функцию отклика оценок значений ее параметров.

21 Дисперсия оценки функции отклика – дисперсия оценки математического ожидания отклика в некоторой данной точке факторного пространства.

22 Поверхность отклика (недопустимо Поверхность регрессии) – геометрическое представление функции отклика.

23 Поверхность уровня функции отклика – геометрическое место точек в факторном пространстве, которому соответствует некоторое фиксированное значение функции отклика.

24 Область оптимума – область факторного пространства в окрестности точки, в которой функция отклика достигает экстремального значения.

25 Рандомизация плана – один из приемов планирования эксперимента, имеющий целью свести эффект некоторого неслучайного фактора к случайной ошибке.

26 Параллельные опыты – рандомизированные во времени опыты, в которых уровни всех факторов сохраняются неизменными.

27 Ортогональность плана – свойство плана, при котором матрица моментов для заданной модели является диагональной.

28 Ротатабельность плана – свойство плана, при котором дисперсия оценки функции отклика зависит только от расстояния от центра плана.

29 Насыщенность плана – свойство плана, задающееся разностью между числом точек спектра плана и числом оцениваемых параметров модели.

III.3.2 Факторы, параметры, целевая функция и математические модели

III.3.2.1 Факторы

Все физические величины, характеризующие технический объект (устройство, процесс) или внешнюю среду, в технике называются параметрами. Параметры, определяющие меру функций, для выполнения которых предназначено устройство или технологический процесс, называют выходными. Все другие параметры устройства (конструкции) или технологического процесса, а также параметры внешней среды, которые в той или иной степени влияют на выходные, относятся к входным параметрам или факторам.

Выбор конкретных факторов и параметров оптимизации, моделей при изучении и описании поведения объектов осуществляется с учетом цели исследований и имеющихся условий для проведения эксперимента.

Факторы могут быть количественными и качественными. Количественными являются переменные величины, которые можно оценивать количественно (измерять, взвешивать и т. д.), качественными – переменные, характеризующиеся качественными свойствами (разные вещества, аппараты, исполнители и т. п.).

Качественные факторы, в отличие от количественных, не определяются числовыми значениями. Однако при использовании таковых

в эксперименте их нужно предварительно представить условной кодированной шкалой соответствия между качественными оценками фактора и числами натурального ряда.

При выборе факторов для использования в эксперименте необходимо учитывать следующие требования:

- управляемость (допускать возможность задавать и поддерживать постоянным любой уровень фактора в области его определения в течение всего опыта);

- однозначность (независимость от других факторов);

- точность (точность фиксации уровней факторов должна быть значительно выше точности измерения параметра оптимизации).

При планировании эксперимента обычно одновременно изменяются несколько факторов. В таком случае они должны быть совместимыми и независимыми. Под совместимостью факторов подразумевается осуществимость и безопасность (не приводят к аварийной ситуации) всех запланированных их комбинаций, а под независимостью – отсутствие корреляции между факторами, что позволяет установить любой уровень фактора, вне зависимости от уровней других факторов.

Каждый фактор имеет область определения, т. е. совокупность всех его значений, которые в принципе может принимать данный фактор.

Множество значений фактора, которые исследователь планирует контролировать в ходе подготовки и проведения эксперимента, составляют часть его области определения, их называют факторным пространством (ФП) эксперимента.

Каждую конкретную комбинацию факторов можно рассматривать как точку в многомерном факторном пространстве. Область возможных комбинаций факторов, построенную в многомерном факторном пространстве, будет областью экспериментирования (планирования).

Выбранные для эксперимента количественные значения или качественные состояния фактора называются уровнями фактора.

Примечание – Если при проведении эксперимента исследователь имеет возможность целенаправленно изменять и/или поддерживать уровни (значения) факторов, определяющих условия каждого опыта, эксперимент называется активным и его можно планировать.

В противном случае – пассивным.

При выборе области определения необходимо учитывать следующие ограничения:

- принципиальные для значений факторов, которые не могут быть нарушены ни при каких обстоятельствах (например, минимальное температурное значение – абсолютный ноль);
- технико-экономические (например, стоимость сырья время ведения процесса и т. п.);
- определяемые конкретными условиями проведения процесса (например, характеристики экспериментальных приборов и аппаратуры; возможности средств измерения).

Процедура выбора области экспериментальных уровней каждого фактора включает два этапа:

- выбор основного (нулевого) уровня;
- выбор размаха и интервала его варьирования.

Основным, или нулевым, уровнем фактора называют состояние объекта исследований, которое принимается за исходное при поиске оптимума, а точку ФП с координатами, равными уровням факторов, характеризующих это состояние, – нулевой (рисунок 1).

Оптимизация связана с улучшением состояния объекта по сравнению с его состоянием в нулевой точке. Если проведению эксперимента предшествовали другие исследования этого же объекта, то за нулевую принимается точка, в которой параметр оптимизации по итогам

этих исследований имеет наилучшее значение. Уровни факторов, сочетания которых соответствуют координатам нулевой точки состояния объекта, принимают за нулевые и для параметров.

Разность между максимальным и минимальным натуральными значениями фактора в данном плане называется размахом варьирования фактора, а половина размаха варьирования – интервалом варьирования фактора. Другими словами, интервал варьирования – некоторое число (свое для каждого фактора), прибавление которого к основному уровню дает верхний уровень со знаком «+», а вычитание – нижний со знаком «-».

При этом на интервал варьирования накладываются ограничения:

- снизу он не может быть меньше ошибки фиксации уровня фактора, а сверху верхний или нижний уровень не должен выходить за область определения;

- величины интервалов варьирования не должны быть настолько велики, чтобы привести к снижению эффективности поиска оптимума («проскочить» действительный экстремум) и так малы, чтобы замедлить его нахождение.

При выборе интервала варьирования целесообразно учитывать, если это возможно, число уровней варьирования факторов в области эксперимента. От числа уровней зависят объем эксперимента и эффективность оптимизации.

Зависимость числа опытов от числа уровней факторов имеет вид:

$$N = p^k, \quad (1)$$

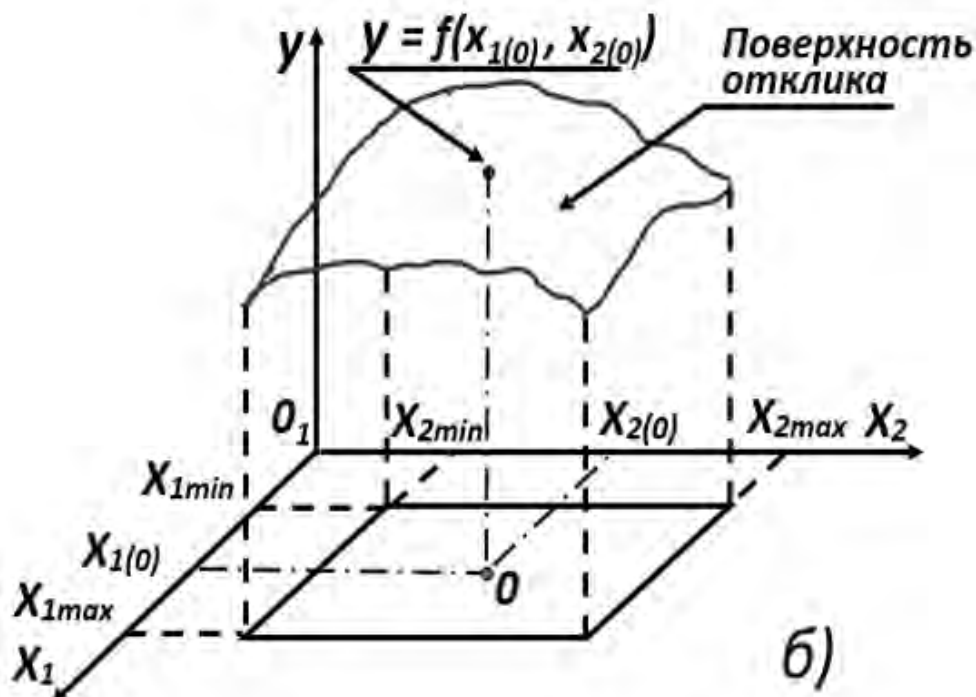
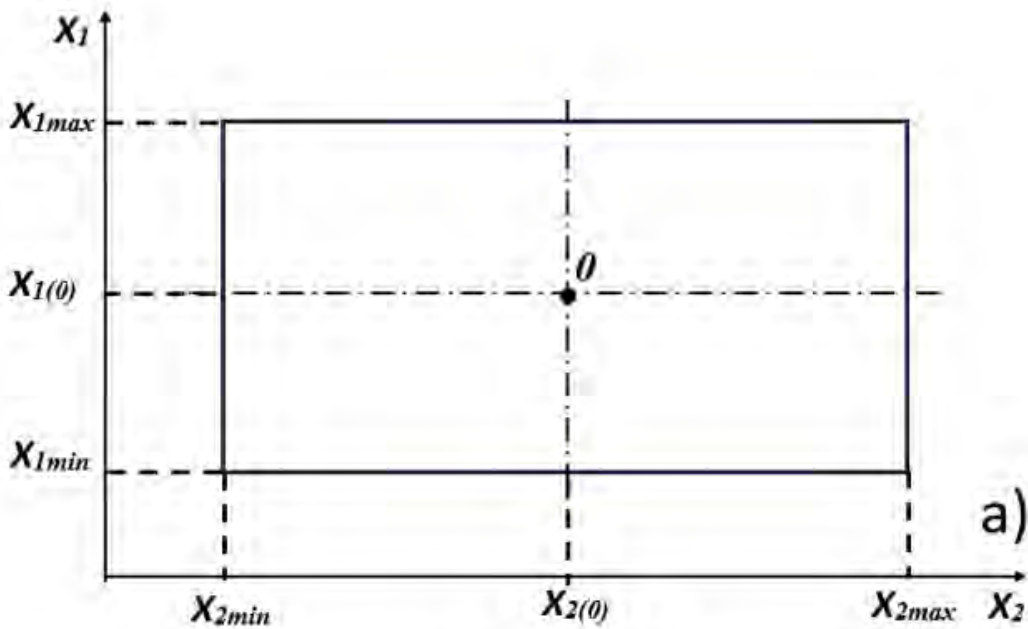
где N – число опытов;

p – число уровней факторов;

k – число факторов.

В каждом отдельном случае число уровней выбирают с учетом условий задачи и предполагаемых методов планирования эксперимента. Геометрической интерпретацией области определения факторов является поверхность отклика. В случае двух факторов имеем

двухмерное пространство (рисунок 1). Если факторы совместны, то границы образуют на плоскости прямоугольник. Для числа факторов более двух пространство многомерное и геометрическая наглядность теряется.



а) области определения факторов; б) поверхности отклика;
 границы областей: — — совместимости факторов;
 - - - - определения факторов

Рисунок 1 – Графическое представление плана эксперимента

В пределах ФП, задаваемого координатными осями, по которым откладываются значения факторов и параметров оптимизации, строится и поверхность отклика.

III.3.2.2 Параметры

Функциональную зависимость от входных воздействий (факторов) каждого из параметров, характеризующих объект исследования, можно представить математически, но одновременно оптимизировать несколько функций невозможно. Поэтому в качестве параметра (цели оптимизации) выбирают один и только тот, который имеет наибольшую значимость для оценки эффективности функционирования объекта, а остальные рассматриваются как ограничения.

Характеристику цели, заданную количественно, называют параметром оптимизации (критерием оптимизации), или целевой функцией.

Выбор критерия оптимизации является одним из главных этапов работы на предварительной стадии изучения объекта исследования.

Параметр оптимизации необходимо выбирать с учетом комплекса требований. Он должен быть:

- количественным, иметь числовую оценку;
- однозначным, т. е. конкретной комбинации уровней факторов должно соответствовать одно его значение, тогда как одному и тому же значению параметра могут соответствовать несколько сочетаний уровней факторов;
- универсальным и в необходимой мере отражать характеристики объекта, процесса, явления (как, например, технико-экономические параметры – себестоимость, надежность и др.);
- эффективным, т. е. определяться в рамках ограничений с минимальной погрешностью;
- понятным в физическом смысле.

Обычно при выполнении НИР в области технологии машиностроения в качестве целевых принимают критерии качества (точность, надежность), производительности, экономической эффективности (например, наименьшая технологическая или приведенная себестоимость) и др.

Эти критерии проще вычисляются, дают комплексную оценку исследуемого объекта по нескольким показателям и позволяют широко использовать методы оптимизации целевой функции.

От того, насколько правильно подобран критерий предпочтения одного нового варианта проекта другому или существующим аналогам, зависит качество и достоверность оценки эффективности того или иного технического решения (способа, устройства, технологического процесса).

После этого определяют перечень системных переменных (факторов), которые могут значимо влиять на характеристики и идентификацию проектных вариантов.

И наконец, приступают к выбору подходящего типа матмодели, связывающей целевой критерий с независимыми факторами. Эту функцию рассматривают как отклик объекта на комбинацию факторов в ФП и называют функцией отклика, а ее геометрический образ – поверхностью отклика (рисунок 1).

Примечание – Функция отклика или целевая функция – вещественная или целочисленная функция нескольких переменных, подлежащая оптимизации (минимизации или максимизации) в целях решения некоторой оптимизационной задачи.

Множество значений, которые может принимать критерий, называется так же, как и для фактора, областью его определения.

III.3.2.3 Математические модели

Целевую функцию представляют в виде математической зависимости (модели) между критерием эффективности (оптимизации) и параметрами, определяющими режим работы исследуемого объекта, – факторами.

Если эту зависимость не удастся описать математически, то ее создают в ходе экспериментальных исследований путем установления вероятностной связи между входными воздействиями x_i на объект и выходными y_j параметрами (откликами на это воздействие) на основе статистической обработки результатов измерения.

Свойства системы можно описывать различными моделями. Для выбора конкретной модели необходимо сформулировать требования, к ней предъявляемые. К наиболее важным из них относят адекватность, содержательность, простоту.

Под адекватностью математической модели понимается допустимое целью исследования соответствие результатов вычислительного эксперимента поведению реального объекта.

Содержательная модель должна хорошо объяснять уже известные факты и явления, выявлять новые, позволять прогнозировать дальнейшее развитие объекта и формулировать проблемы, стоящие на пути этого развития.

Простая модель – это такая модель, расчеты по которой дают адекватный результат при меньшем числе факторов.

В зависимости от постановки задачи могут применяться полиномиальные, не полиномиальные модели, модели дисперсионного анализа и др.

Математическую модель (уравнение регрессии) представляют в виде уравнения $y = f(x_1, x_2, \dots, x_i)$ или системы таких уравнений (для сложных, плохо организованных систем). Коэффициенты модели (ко-

эффиценты регрессии), оценки их значимости и степени адекватности модели находят методами регрессионного и дисперсионного анализа.

Если изучаемый процесс может быть описан несколькими математическими моделями в зависимости от критериев оценки эффективности, вида исследуемых процессов (силовые, тепловые или электрические; статические или динамические) и от типа уравнений модели (линейной или нелинейной, детерминированной или стохастической, стационарной или нестационарной), приближающими ее к реальному объекту, то принимают ту из них, которая наиболее полно и адекватно (точно) оценивает качество процесса (объекта).

Для получения максимума информации об исследуемом объекте (процессе) при минимально возможном числе трудоемких экспериментов необходимо определить состав опытов и выбрать соответствующие методы планирования экспериментов, в том числе и математические.

Основной задачей при планировании оптимального эксперимента является нахождение совокупности варьируемых факторов, при которой выбранная целевая функция (критерий или параметр оптимизации) принимает экстремальное (минимальное или максимальное) значение.

В соответствии с методологическими основами решения оптимизационных задач в первую очередь устанавливается критерий оптимизации, т. е. критерий предпочтения одного варианта проекта другому. Вторым этапом является этап представления этого критерия в виде количественной оценки эффективности, связанной с внешними параметрами исследуемой системы. Для этого необходимо осуществить выбор системных переменных, которые могут быть использованы для определения характеристик и идентификации проектных вариантов, и построить модель взаимосвязей между переменными, отражающую влияние независимых переменных на степень достижения цели.

Математические модели технологического процесса получают с целью использования их в качестве инструмента для теоретического решения следующих типовых производственных задач общего плана, а именно:

- минимизировать расход материалов на единицу выпускаемой продукции при сохранении ее качества, т. е. произвести замену дорогостоящих материалов на недорогостоящие или дефицитных на распространенные;

- при сохранении качества выпускаемой продукции сократить время обработки в целом или на отдельных операциях, перевести отдельные режимы в некритические зоны, повысить производительность труда, т. е. снизить трудовые затраты на единицу продукции, и т. д.;

- улучшить частные показатели и увеличить общее количество готовой продукции, повысить однородность качества и надежности деталей, сборочных единиц;

- увеличить надежность и быстродействие управления технологическим процессом; снизить ошибки контроля за счет внедрения новых методов и средств контроля.

В работе могут быть сформулированы и более узкие задачи оптимизации, например, режимов резания в зависимости от различных критериев в следующем виде:

- а) нахождение режима, обеспечивающего минимум себестоимости изготовления детали при условии, что на производительность обработки никаких ограничений не накладывается;

- б) определение режима максимальной производительности (минимума штучного времени операции) [7];

- в) определение режима, обеспечивающего минимум себестоимости операции, когда производительность обработки заранее задана [8].

Первые две задачи относятся к изолированно рассматриваемой

операции, а их решение дает сведения о предельных возможностях последней по степени минимизации затрат или по производительности, когда отсутствуют ограничения организационного характера.

Третья задача оптимизации – для условий, когда на первый план выдвигается требование обеспечения заданного качества продукции при уровне производительности, определяемом из организационно-экономических условий производства.

В технико-технологических исследованиях наиболее широко используется статистический метод планирования многофакторного эксперимента [9–11], так называемый активный эксперимент, с автоматизацией статистической обработки результатов эксперимента и получением математической модели технологического процесса (операции) на ЭВМ.

Такой метод позволяет решить задачу минимальным числом опытов с надежной статистической оценкой результатов. Используют два метода планирования многофакторного эксперимента:

- 1) полный факторный эксперимент (ПФЭ);
- 2) дробный факторный эксперимент (ДФЭ), который проводят при числе факторов более двух, когда полный эксперимент по экономическим соображениям проводить нецелесообразно.

Переход от ПФЭ к ДФЭ позволяет резко сократить число опытов, но снижает адекватность его результатов.

Рассмотрим кратко методику реализации такого планирования.

III.3.3 Полный факторный эксперимент (ПФЭ)

для получения полинома первого порядка

ПФЭ – это эксперимент, в котором реализуются все возможные, неповторяющиеся комбинации уровней факторов.

Для экстремального планирования эксперимента наибольшее применение нашли модели в виде алгебраических полиномов, когда

функцию отклика можно с достаточной точностью представить в виде полинома степени d от k переменных (факторов) x :

$$\eta = \tilde{b}_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} \tilde{b}_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} \tilde{b}_{ij} x_i x_j + \dots + \sum_{i_1, i_2, \dots, i_k} \tilde{b}_{i_1 i_2 \dots i_k} x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_k^{i_k}, \quad (2)$$

$$\sum i_j = d.$$

Как показывает практика научных исследований технологических объектов, параметр оптимизации с достаточной точностью (степенью адекватности) можно представить полиномом первого порядка, куда факторы входят в первой степени. Такой полином, например, для трехфакторной модели функции отклика \bar{y} будет иметь вид:

$$\bar{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (3)$$

Примечание – Коэффициенты при независимых переменных характеризуют силу влияния факторов. Чем больше численная величина коэффициента, тем большее влияние оказывает фактор. Если коэффициент имеет знак плюс, то с увеличением фактора параметр оптимизации увеличивается, а если минус, то уменьшается. Величина коэффициента соответствует вкладу данного фактора в величину параметра оптимизации при переходе фактора с нулевого уровня на верхний или нижний.

Для нахождения всех неизвестных констант полинома (коэффициентов + свободный член) необходимо иметь систему уравнений, количеством равным числу этих неизвестных. Это значит, что нужно экспериментально получить как минимум такое же число откликов на разные комбинации значений факторов ФП с максимальной точностью при наименьших затратах. Для оптимального решения данной задачи используют следующий алгоритм планирования эксперимента.

В общем случае план ПФЭ включает этапы:

- выбор степени полинома, параметра оптимизации, наиболее значимых факторов и уровней их варьирования;
- нормализация (кодирование) факторов;
- составление матрицы планирования эксперимента;
- рандомизация опытов;
- реализация плана эксперимента;
- проверка однородности дисперсий параллельных опытов, воспроизводимости результатов;
- расчет коэффициентов уравнения регрессии, их ошибок и значимости;
- проверка адекватности модели.

Кратко содержание этих этапов выглядит следующим образом.

1 Степень полинома, параметр оптимизации (целевая критерий), число и уровни факторов задают заранее, а параметры полинома как математической модели, описывающей искомую зависимость целевого критерия от факторов, находят по данным эксперимента.

2 Нормализация факторов

В подавляющем большинстве случаев факторы имеют разную размерность и в числовом выражении могут различаться на несколько порядков. Поэтому с целью выравнивания размерностей факторов при обработке результатов ПФЭ используется операция *нормализации* (кодирования) факторов – перевод натуральных значений уровней факторов x_i в безразмерные \bar{x}_i , (кодовые) по формуле:

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_i^0}{P_i} \quad (i = 1, 2, \dots, k), \quad (4)$$

где x_i^0 – нулевой уровень – центр интервала, в котором предполагается проводить эксперимент;

$$P_i = \frac{(x_i^B - x_i^H)}{2} \text{ – интервал варьирования,}$$

где x_i^B – верхний, а x_i^H – нижний уровень i -го фактора.

По результатам этого расчета верхние уровни факторов прини-

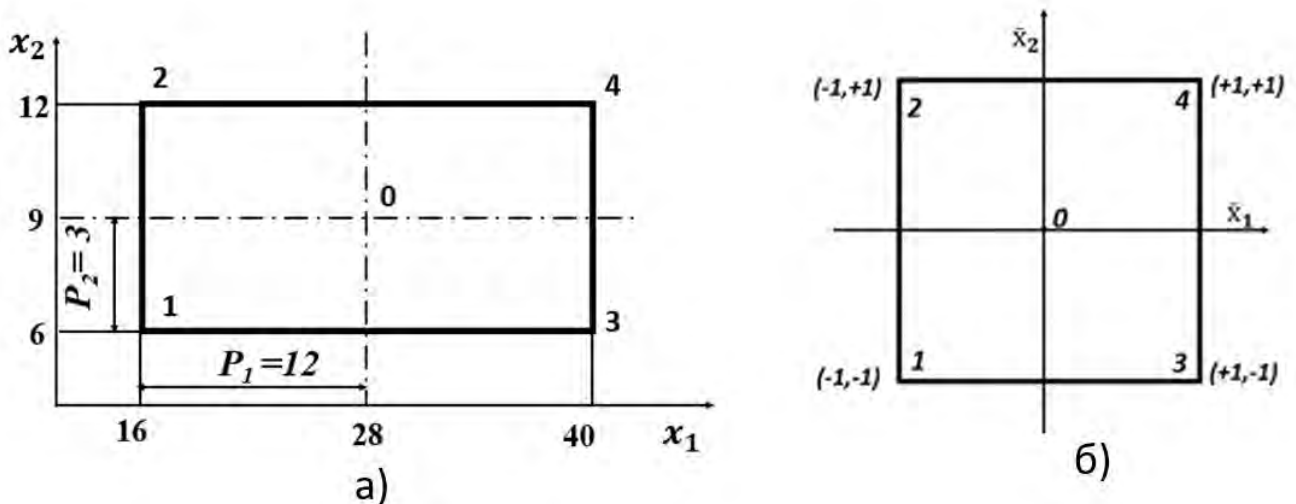
мают значения, равные +1, нижние –1, основные – 0. При этом за основной

уровень принимают центр интервала, в котором предполагается проводить эксперимент.

Пример результата нормализации факторов x_1 и x_2 представлен в таблице 1, а схемы факторного пространства и уровней факторов до нормализации (а) и после нее (б) изображены на рисунке 2.

Таблица 1 – Пример результата нормализации факторов

	Значения			
	натуральное	кодовое	натуральное	кодовое
Факторы	x_1	\bar{x}_1	x_2	\bar{x}_2
Верхний уровень	40	+1	12	+1
Нижний уровень	16	-1	6	-1
Основной уровень	28	0	9	0
Интервал варьирования	12	1	3	1

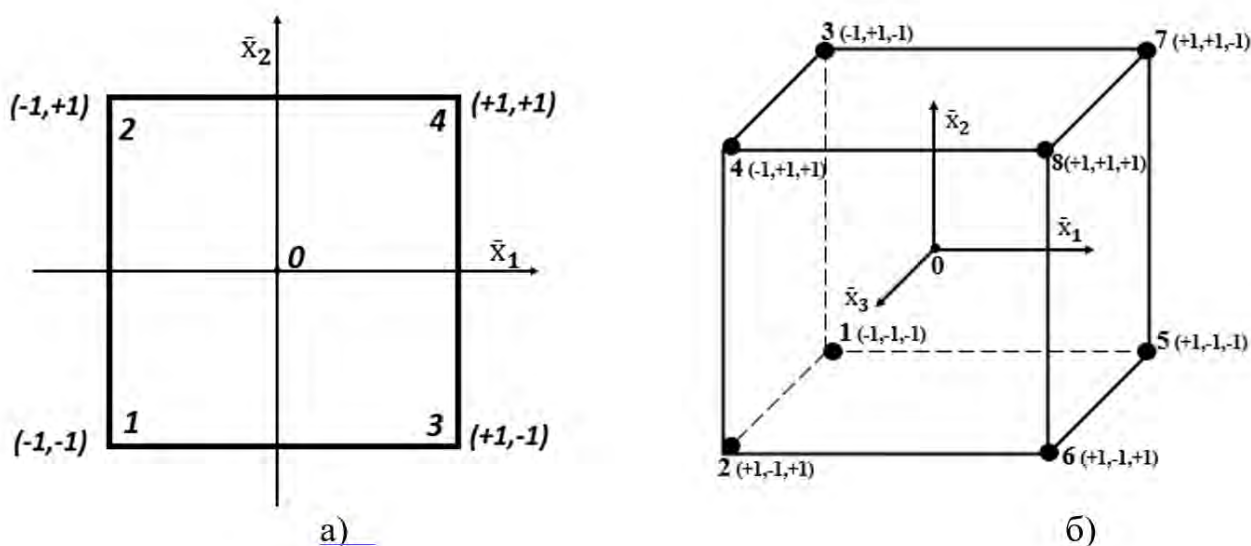


а) в натуральных; б) в нормализованных (кодовых) значениях уровней факторов

Рисунок 2 – Схемы факторного пространства плана 2^2

Экспериментальные точки с координатами уровней факторов $+1$ и -1 при ПФЭ (а их в двухуровневом планировании $N = 2^k$) расположены для $k=2$ в вершинах квадрата; $k=3$ – куба; $k > 3$ гиперкуба. Такие планы называют планами типа 2^k .

Расположение точек для двух исследуемых факторов приведено на рисунке 3 а, а для трех – на рисунке 3 б.



- а) в двухмерном пространстве ($N=2^2$);
- б) в трехмерном пространстве ($N=2^3$)

Рисунок 3 – Геометрическая интерпретация ПФЭ

В общем случае планы типа 2^k геометрически представляют собой совокупность точек, расположенных в вершинах гиперкуба, размещенного в многомерном пространстве. Пространство, заключенное внутри гиперкуба, и является областью планирования эксперимента.

3 Матрицы планирования эксперимента

Условия эксперимента обычно представляют в виде матриц планирования эксперимента, где строки соответствуют различным независимым опытам, а столбцы – значениям (уровням) факторов. Например, выписывая комбинации уровней факторов для каждой экспериментальной точки квадрата, изображенного на рисунке 3.2 а, получим матрицу плана ПФЭ 2^2 , а для куба (рисунок 3.2 б), – план ПФЭ 2^3 . При этом можно использовать один из возможных способов построения

матрицы планирования большой размерности, основанный, например, на чередовании знаков переменных: в первом столбце знаки меняются поочередно, во втором – через два, в третьем – через четыре и т. д.

Таблицы 2 и 3, где представлены матрицы ПФЭ (2^2 ; 2^3), построены по данному способу.

Таблица 2 – Матрица планирования ПФЭ 2^2

Номер опыта	Факторы в кодах		Отклик y
	\bar{x}_1	\bar{x}_2	
1	-1	-1	y_1
2	+1	-1	y_2
3	-1	+1	y_3
4	+1	+1	y_4

Таблица 3 – Матрица планирования ПФЭ 2^3

Номер опыта	Факторы в кодах			Отклик y
	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_3	
1	-1	-1	-1	y_1
2	+1	-1	-1	y_2
3	-1	+1	-1	y_3
4	+1	+1	-1	y_4
5	-1	-1	+1	y_5
6	+1	-1	+1	y_6
7	-1	+1	+1	y_7
8	+1	+1	+1	y_8

Полный факторный эксперимент дает возможность отдельно определить не только коэффициенты регрессии, соответствующие линейным эффектам, но и коэффициенты регрессии, соответствующие всем эффектам взаимодействия, которые позволяют оценить степень зависимости изменения эффекта одного фактора от уровней других факторов.

Эффект взаимодействия двух или нескольких факторов проявляется при одновременном варьировании этих факторов, когда действие каждого из них на отклик зависит от уровней, на которых находятся другие факторы.

Для решения этой задачи матрицу ПФЭ расширяют включением столбцов произведений факторов и фиктивной переменной \bar{x}_0 (служит для расчета величины b_0), как это показано в таблице 4.

Таблица 4 – Расширенная матрица ПФЭ 2^3

Но- мер опыта	\bar{x}_0	План			$\bar{x}_1\bar{x}_2$	$\bar{x}_1\bar{x}_3$	$\bar{x}_2\bar{x}_3$	$\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3$	Отклик у
		\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_3					
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	y_1
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	y_2
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	y_3
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	y_4
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	y_5
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	y_6
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	y_7
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y_8

ПФЭ относится к числу планов, которые являются наиболее эффективными при построении линейных моделей. Эффективность достигается за счет следующих свойств:

– симметричности относительно центра эксперимента – алгебраическая сумма значений каждого из столбцов матрицы равна нулю:

$$\sum_{i=1}^N \bar{x}_{ji} = 0, \quad (5)$$

где $j=1,2,3, \dots, k$ – номер фактора;

i – номер опыта;

N – число опытов;

– условий нормировки – сумма квадратов элементов каждого столбца матрицы равна числу опытов:

$$\sum_{i=1}^N \bar{x}_{ji}^2 = N, \quad (6)$$

как следствие того, что значения факторов в матрице задаются равными +1 и -1;

– ортогональности – сумма произведений членов двух столбцов матрицы равна нулю:

$$\sum_{i=1}^N \bar{x}_{ji} \bar{x}_{ki} = 0, j \neq k; \quad (7)$$

– ротатабельности – дисперсия (разброс) оценки функции отклика зависит только от расстояния от центра плана, т. е. экспериментальные точки в матрице планирования располагаются так, что точность предсказания параметра оптимизации одинакова на равных расстояниях от центра плана и не зависит от направления.

4 Рандомизация опытов

Эта процедура выполняется после того, как составлен план эксперимента, т. е. выбраны число факторов и количество уровней их варьирования, а также определено, сколько раз будет повторен опыт при каждом сочетании уровней факторов. Чтобы уменьшить влияние неконтролируемых факторов, эксперимент должен быть «рандомизирован», т. е. запланированные опыты должны выполняться в случайном порядке. При «рандомизации» все запланированные опыты нумеруют, а затем определяют порядок их выполнения с помощью таблиц случайных чисел или генераторов случайных чисел на ЭВМ. Этот прием позволяет перевести систематическую погрешность, вызванную влиянием неконтролируемого фактора, в разряд случайных. Необходимость такого действия можно показать на следующем примере.

Допустим, что нужно исследовать влияние марки твердого сплава режущей пластины резца на производительность точения какого-либо конструкционного материала. Для этого были отобраны по пять режущих пластин трех марок твердого сплава.

Если провести испытания в последовательности: сначала испытываются все пять пластин одной марки сплава, потом – второй, а затем третьей, то дисперсионный анализ может обнаружить влияние на

параметр (производительность течения) случайного фактора, например неоднородности физико-механических характеристик конструкционного материала по объему заготовки, что заранее исключить практически невозможно. Но это может привести к неверному ранжированию марок твердых сплавов по параметру.

5 Реализация плана эксперимента

Построив план эксперимента, приступают к подготовке его выполнения. Для этого в первую очередь подсчитывают количество и анализируют качество исходного сырья и заранее его подготавливают. Желательно, чтобы сырье было однородное. Если требование однородности выполнить невозможно, нужно заблаговременно определить количество различных партий сырья и соответствующим образом разбить матрицу планирования на отдельные блоки для каждой сырьевой партии или применить планы, специально предназначенные для работы в условиях неоднородности.

После выбора плана и подготовки исходного материала приступают непосредственно к проведению эксперимента – определению значения параметра оптимизации для каждого принятого сочетания факторов. При этом из-за погрешности измерений значений факторов, самого параметра оптимизации, влияния неучтенных факторов результат каждого опыта будет случайным.

Поэтому в каждой точке экспериментального плана выполняют несколько повторных опытов, которые называются параллельными. По их результатам оценивают так называемую воспроизводимость эксперимента путем расчета однородности дисперсии результатов параллельных опытов. Цель этой процедуры – подтвердить закон нормального распределения ошибок отдельных опытов. В противном случае нельзя приступить к регрессионному анализу – расчету коэффициентов регрессии, проверке их значимости и адекватности математической модели исследуемого предмета.

6 Проверка однородности дисперсий параллельных опытов, воспроизводимости результатов

Воспроизводимость обычно оценивают по результатам параллельных опытов, проведенных на основных уровнях, либо в одной из точек плана или путем повторения каждого опыта плана.

При реализации параллельных наблюдений лишь в одной точке v дисперсия воспроизводимости, характеризующая ошибку опыта, определяется по формуле:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^{r_v} (y_{vj} - \bar{y}_v)^2}{r_v - 1}, \quad (8)$$

где $\bar{y}_v = \frac{\sum_{j=1}^{r_v} y_{vj}}{r_v}$ – среднее арифметическое значений параметров оптимизации в v -й точке плана;

$(r_v - 1) = f$ – число степеней свободы, равное количеству опытов минус единица.

Здесь одна степень свободы используется для вычисления среднего.

Величину ошибки S_y опыта получим из выражения:

$$S_y = \sqrt{S_y^2} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{r_v} (y_{vj} - \bar{y}_v)^2}{r_v - 1}}. \quad (9)$$

Если результат одного из r_v параллельных наблюдений вызывает сомнения (значительно отличается от остальных), он должен быть проверен и в случае необходимости отброшен как промах.

При малом числе измерений (3–5), что является обычным при исследовании параметров технологических процессов (ограничено экономической целесообразностью), такая проверка может быть осуществлена согласно критерию Романовского b_t . Он основан на вычислении величины:

$$b = |y_i - \bar{y}_v| / S_y,$$

где y_i – проверяемый результат измерения;

\bar{y}_v – среднее арифметическое значение результатов проверки за минусом сомнительного;

S_y – среднее квадратичное их отклонение.

Затем полученная величина b сравнивается с критическим значением b_t , взятым из специальной таблицы (таблица 5) для заданного уровня вероятности P и числа параллельных опытов n . Если $b \geq b_t$, то результат считается промахом и не учитывается.

Таблица 5 – Критические значения критерия Романовского, b_t

Вероятность P	Число измерений n						
	4	6	8	10	12	15	20
0,99	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,9	3,08
0,98	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,8	2,96
0,95	1,71	2,1	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,9	1,69	2	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Пример

В ходе проведения пяти параллельных опытов получены следующие результаты измерений параметра: 22, 26, 23, 27, 35. Последнее значение вызывает сомнение в достоверности. Выполним проверку:

1 Рассчитаем среднее арифметическое:

$$- \bar{y}_v = \frac{\sum_{j=1}^{r_v} y_{vj}}{r_v} = (22 + 26 + 23 + 27) / 4 = 24,5.$$

2 Определим среднее квадратичное отклонение по (9): $S_y = 2$.

3 Вычислим критерий Романовского: $b = |35 - 25,4| / 2 = 4,8$.

4 Сравним с табличным значением критерия: $b_t = 1,69$.

5 Вывод: так как $4,8 > 1,69$, то значение 35 отбрасывается как промах.

Применяют и другие, не менее распространенные, статистические критерии для оценки промахов, например критерий Стьюдента.

Он также позволяет определить, насколько существенно отличие контролируемого результата измерения от среднего значения для данной выборки. Величина критерия Стьюдента рассчитывается по формуле:

$$t = |y_i - \bar{y}_v| / (S_y / \sqrt{n}), \quad (10)$$

где y_i – проверяемый результат измерения;

\bar{y}_v – среднее арифметическое значение результатов проверки за минусом сомнительного;

S_y – среднее квадратичное их отклонение;

n – объем выборки.

Рассчитанное значение t сравнивается с табличным значением $t_{табл}$ при выбранном уровне значимости и степени свободы $f=n-1$. Если $t > t_{табл}$, результат отклоняется.

Если же проверяемый результат не будет признан грубым промахом, его следует включить в расчет, пересчитать среднее и дисперсию с учетом результатов всех опытов и в качестве дисперсии воспроизводимости использовать именно эту величину.

Реализовав параллельные опыты в остальных точках плана и определив соответствующие значения S_y^2 по (8), следует убедиться в однородности дисперсий, т. е. в том, что среди всех дисперсий нет таких, которые бы значительно превышали все остальные.

Требование однородности дисперсий является одним из основных для регрессионного анализа, и поэтому проверке однородности дисперсий следует уделять должное внимание.

Для сравнения двух дисперсий применяется F -критерий (критерий Фишера), представляющий отношение большей дисперсии к меньшей.

Согласно критерию Фишера, гипотеза об однородности двух дисперсий $S_1^2 y$ и $S_2^2 y$ ($S_1^2 y > S_2^2 y$), определенных с f_1 и f_2 степенями свободы соответственно, не отвергается, если расчетное отношение $F_p = S_1^2 y / S_2^2 y$ не превышает табличного значения F_t для числа степе-

ней свободы f_1 и f_2 и для уровня значимости α (обычно $\alpha=0,05$). Таблица F -критерия приводится в справочной литературе, а ниже для уровня значимости $\alpha=0,05$ приведен ее фрагмент (таблица 6).

Таблица 6 – Значения F (фрагмент) для уровня значимости $\alpha=0,05$ [12]

f_2	f_1							
	3	4	5	6	7	8	9	10
3	9,28	9,12	9,10	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79
4	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96
5	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74
6	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,13	4,10	4,06
7	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64
8	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35
9	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14
10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98

Если сравниваемое количество дисперсий больше двух и одна дисперсия значительно превышает остальные, можно воспользоваться критерием Кохрена. Однородность дисперсий по этому критерию, применимому лишь в случае одинакового числа параллельных опытов во всех точках плана, оценивают по отношению максимальной дисперсии к сумме всех дисперсий.

Кроме того, зная средние значения откликов для каждой точки плана, важно проверить, значимо ли отличаются друг от друга \bar{y}_{min} и \bar{y}_{max} .

Значимость различия двух средних можно проверить с помощью t -критерия (критерия Стьюдента) по формуле:

$$t_p = \frac{(\bar{y}_{max} - \bar{y}_{min})}{s_y^2 \sqrt{1/r_{max} + 1/r_{min}}}. \quad (11)$$

Если экспериментальное значение t-критерия не превосходит табличного t_t (таблица 7) для $f = r_{max} + r_{min}$ степеней свободы и обычно 5%-го уровня значимости, то с вероятностью $P \approx 1 - \alpha = 0,95$ можно считать, что разницы между результатами двух опытов нет. В таком случае вряд ли удастся получить сколько-нибудь ценную информацию, применив к обработке таких практически идентичных данных метод регрессионного анализа.

Таблица 7 – Распределение Стьюдента (фрагмент)

Уровень значимости								
Дву- сторонний	0,5	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
Одно- сторонний	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001	0,0005
Число степеней свободы	Критические точки							
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	318,309	636,619
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,327	31,599
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,215	12,924
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,869
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,408
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587

7 Расчет коэффициентов уравнения регрессии, их ошибок и значимости

Допустим, что уравнение регрессии имеет вид (3), для получения которого реализован ПФЭ в соответствии с матрицей, представленной в таблице 4.

Оценки коэффициентов вычисляются по формуле:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij}y_i}{N}, j=0,1,\dots,k \quad (12)$$

При этом для подсчета коэффициента определенной переменной x используют столбец ее нормализованных значений, например: для $b_0 - \bar{x}_0$; $b_1 - \bar{x}_1$, а для $b_2 - \bar{x}_2$ и т. д., включая коэффициенты при произведениях переменных, представляющих эффект их взаимодействия, вплоть до b_{123} при $\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3$.

Значимость коэффициентов регрессии проверяется с целью упрощения уравнения регрессии путем исключения статистически незначимых коэффициентов. Проверку можно осуществлять двумя способами: по t -критерию Стьюдента или путем построения доверительного интервала. Для ПФЭ ошибки всех коэффициентов уравнения регрессии одинаковы $S_{b_0} = S_{b_i} = S_{b_{ij}}$, доверительные интервалы для всех коэффициентов равны.

Расчет ошибок коэффициентов производится по формуле:

$$S_{b_0} = \frac{S_y}{\sqrt{N_r}}. \quad (13)$$

Коэффициент регрессий считается значимым, если он по абсолютной величине больше величины доверительного интервала $[b_i] > 2\Delta b$, если меньше – незначимым.

Величина доверительного интервала рассчитывается, как правило, при помощи критерия Стьюдента:

$$\Delta b = \pm t_T \cdot S_b. \quad (14)$$

Если какой-либо коэффициент незначим, он отбрасывается без пересчета всех остальных, но после анализа причин, вызвавших незначимость коэффициента.

Таковых причин может быть несколько, а именно:

- фактор, соответствующий незначимому коэффициенту, не влияет на функцию отклика;
- ошибка слишком велика;
- шаг варьирования независимой переменной недопустимо мал;
- экстремум функции по данному фактору находится неразличимо близко к центру планирования.

8 Проверка адекватности модели

Данная проверка проводится с целью доказательства пригодности полученного уравнения регрессии для описания поведения функции отклика в пределах определенного исследователем факторного пространства с заданной точностью. Для этого оценивают отклонения вычисленных по уравнениям регрессии значений функции отклика от экспериментально установленных. Для оценки отклонений используют F -критерий Фишера.

Проверку адекватности математической модели по F -критерию выполняют в несколько этапов:

1) находят дисперсию адекватности:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{N-g} \cdot \sum_{i=1}^N r_i (\bar{y}_i - \tilde{y}_i)^2, \quad (15)$$

где r_i – число параллельных опытов в i -й строчке матрицы планирования; \bar{y}_i – среднее арифметическое функции отклика из r_i параллельных опытов; \tilde{y}_i – значение функции отклика, предсказанное по уравнению в i -м опыте; g – число значимых коэффициентов в уравнении регрессии; N – число независимых опытов.

Если все опыты повторяются r раз, то формула (15) будет иметь вид:

$$S_{ad}^2 = \frac{r}{N-g} \cdot \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \tilde{y}_i)^2 \quad (16)$$

2) находят значения F -критерия Фишера (дисперсионное отношение):

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{\text{востп}}^2} = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2}; \quad (17)$$

- 3) определяют числа степеней свободы: $d. f_1 = N - g$ и $d. f_2 = N (r-1)$;
- 4) выбирают уровень значимости α ;
- 5) по значениям $d. f_1$; $d. f_2$; α находят критическое значение F_T .

Если $F \leq F_T$, то математическое описание функции отклика уравнением регрессии считается адекватным.

В противном случае переходят к более сложной форме уравнения регрессии или уменьшают интервал варьирования факторов в эксперименте.

III.3.4 Дробный факторный эксперимент

Дробным факторным экспериментом (ДФЭ) называется эксперимент, реализующий часть (дробную реплику) полного факторного эксперимента. Эту разновидность планирования исследований экономически целесообразно использовать:

- при большом числе учитываемых в ПФЭ факторов, когда эксперимент становится слишком объемным и занимает очень много времени для его реализации, так как число опытов, с ростом учитываемых в эксперименте факторов, увеличивается по экспоненте;

- если заранее известно, что часть взаимодействий факторов не оказывает существенного влияния на процесс.

Покажем суть ДФЭ для получения математической модели процесса при трех значимо влияющих на функцию отклика факторах: x_1 , x_2 , и x_3 .

В предположении, что изучаемый процесс достоверно опишется полиномом 1-го порядка (3), содержащим восемь коэффициентов от b_0 до b_{123} , была составлена матрица плана ПФЭ (таблица 4), предусматривающая проведение восьми (2^3) опытов для определения этих коэффициентов.

Однако, если взаимодействие между факторами x_1 , x_2 и x_3 отсутствует, можно воспользоваться матрицей планирования ПФЭ для

двух факторов x_1 и x_2 , приведенной в таблице 2, добавив в нее столбцы фиктивной переменной \bar{x}_0 (для расчета свободного члена b_0) и $\bar{x}_3 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2$, как это показано в таблице 8.

Чередование знаков в этом столбце остается неизменным после замены символов в матрице планирования. Эксперимент в данном случае будет ставиться уже с включением третьего фактора, изменяющегося согласно столбцу $(\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2)$ ПФЭ (таблица 8), а предполагаемая математическая модель будет иметь вид полинома 1-го порядка, не учитывающего взаимодействия факторов, т. е.:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3. \quad (18)$$

Такой сокращенный план содержит половину опытов от требуемого их числа 2^k согласно плану ПФЭ (в данном случае четыре опыта вместо восьми) и называется *полурепликой* от ПФЭ типа 2^k . Условное обозначение такого плана: ДФЭ типа 2^{k-L} , где k – число учитываемых в эксперименте факторов; L – число взаимодействий, замененных факторами, учитываемыми в эксперименте.

Для рассматриваемого случая трех факторов матрица планирования ДФЭ типа 2^{3-1} ($x_3 = x_1 \cdot x_2$) будет иметь вид (таблица 8).

Таблица 8 – Матрица планирования ПФЭ 2^{3-1}

Номер опыта	Факторы в кодах				Отклик y
	\bar{x}_0	\bar{x}_1	\bar{x}_2	$\bar{x}_3 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2$	
1	+1	-1	-1	+1	y_1
2	+1	+1	-1	-1	y_2
3	+1	-1	+1	-1	y_3
4	+1	+1	+1	+1	y_4

Изложенный план эксперимента дает возможность при обработке и анализе его результатов оценить в полиноме (18) свободный член b_0 и коэффициенты b_1, b_2, b_3 .

Однако следует помнить, что математическая модель, представ-

ленная полиномом без членов, учитывающих взаимодействия факторов, может быть адекватна исследуемому процессу только в случае действительного отсутствия или пренебрежительно малого влияния на него таких взаимных эффектов.

III.3.5 Планирование эксперимента на диаграммах состав – свойство

III.3.5.1 Общие положения

Этот тип экспериментальных планов разработан для систем, являющихся смесями q различных компонентов, где переменные x_i ($i = 1, 2, \dots, q$) являются пропорциями (относительным содержанием) i -х компонентов смеси и удовлетворяют условию:

$$\sum_{1 \leq i \leq q} x_i = 1 \quad (x_i \geq 0). \quad (19)$$

Геометрическое место точек, удовлетворяющих условию нормированности суммы переменных (19), представляет собой $(q-1)$ -мерный правильный симплекс (треугольник для $q=3$, тетраэдр для $q=4$ и т. д.). Каждой точке такого симплекса соответствует смесь конкретного состава, и, наоборот, любой комбинации относительных содержаний q компонентов соответствует определенная точка симплекса.

При планировании эксперимента и построении диаграмм состав – свойство оперируют факторным пространством в виде симплексов и потому координаты компонентов задают в специальной – симплексной – системе, в которой относительные нормализованные содержания каждого компонента откладываются вдоль сторон (граней) соответствующего симплекса (рисунок 4).

Математические модели, описывающие зависимость «состав – свойство», находят в виде так называемых приведенных полиномов, которые получаются из обычных полиномов соответствующей степени для q переменных [13]:

$$\hat{y} = b_0 +$$

$$\sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \dots + \sum_{i_1, i_2, \dots, i_k} b_{i_1 i_2 \dots i_k} x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_k^{i_k}, \quad (20)$$

где $\sum i_j = d$ введением соотношения

$$\sum_{1 \leq i \leq q} x_i = 1 \quad (21)$$

и содержат C_{q+n-1}^n коэффициентов.

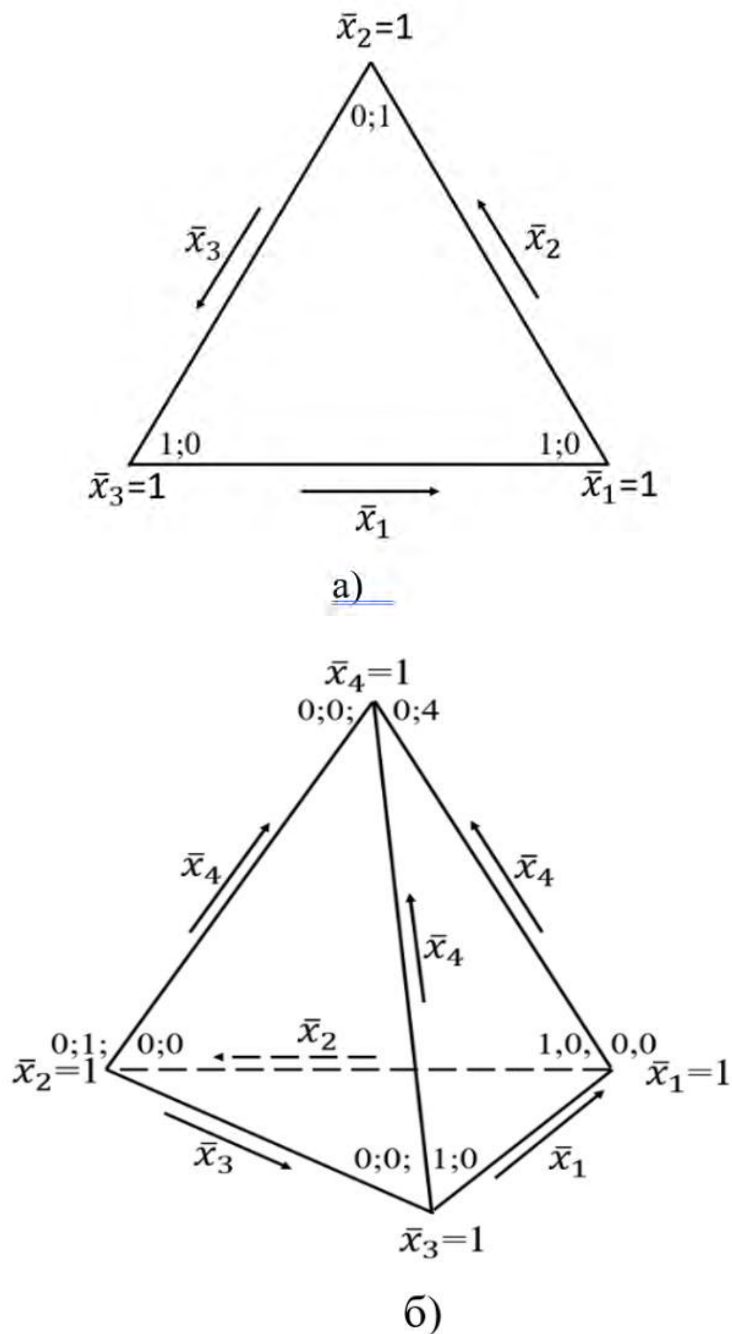


Рисунок 4 – Симплекс для трех переменных – а), четырех – б)

Так, например, полином второй степени, в общем случае имеющий вид

$$\bar{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{33}x_3^2,$$

в приведенной форме с учетом условия

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1 \quad (22)$$

запишется:

$$\bar{y} = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3. \quad (23)$$

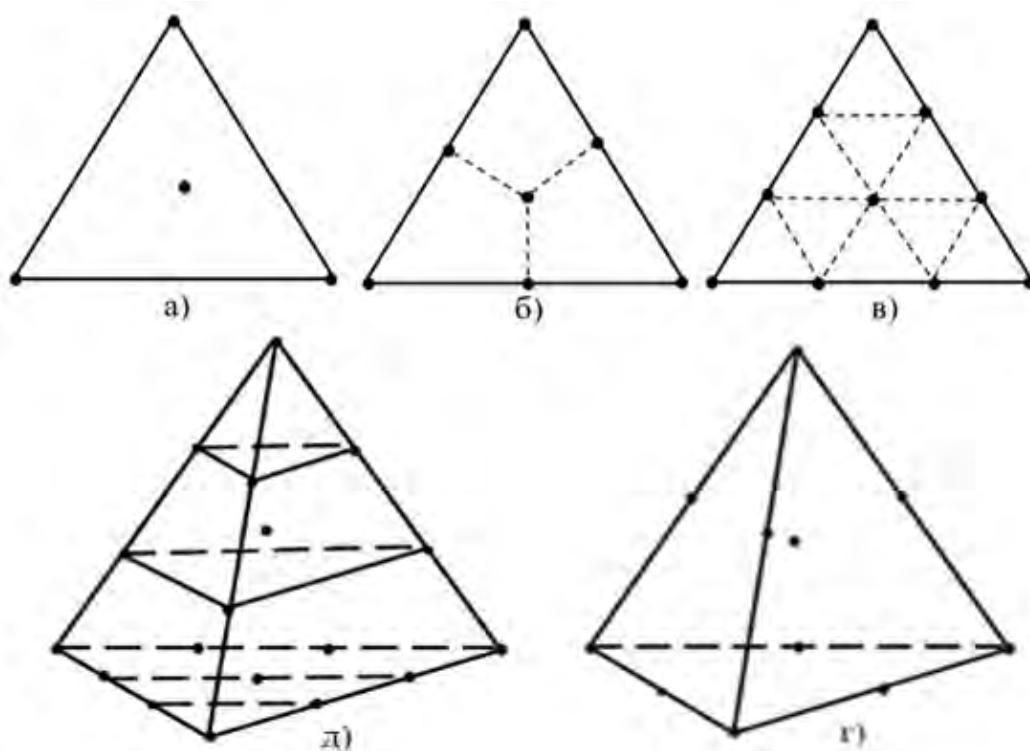
Для оценки коэффициентов приведенного полинома были предложены планы, обеспечивающие равномерный разброс экспериментальных точек по $(q-1)$ -мерному симплексу. Точками таких планов являются узлы $\{q, n\}$ -симплексных решеток. В $\{q, n\}$ -решетке для каждого фактора (компонента) используется $n+1$ равнорасположенных уровней в интервале от 0 до 1 ($x_i = 0, 1/n, 2/n, \dots, 1$) и берутся все возможные их комбинации.

Примеры $\{q, n\}$ -решетки приведены на рисунке 5.

Ряд симплекс-решетчатых планов низшего порядка (рисунок 5) входит составной частью в планы более высокого порядка (свойство композиционности планов). Так, например, квадратичная решетка может быть получена из линейных решеток добавлением срединных точек сторон, неполно-кубическая решетка – добавлением к квадратичной решетке всего одной точки в центре тяжести симплекса.

Для оценки коэффициентов аппроксимирующего полинома степени n во всех точках плана, соответствующих узлам $\{q, n\}$ -решетки, реализуются опыты и определяются отклики системы y .

Под y могут подразумеваться как результаты единичного определения, так и средние значения нескольких определений. Удобно ввести специальные обозначения для этих откликов (таблица 9).



$q = 3$: а) – линейная $\{3,1\}$; б) – квадратичная $\{3,2\}$;

в) – кубическая $\{3,3\}$;

$q = 4$: г) – квадратичная $\{4,2\}$; д) – кубическая $\{4,3\}$

Рисунок 5 – Примеры $\{q, n\}$ -решеток

Таблица 9 – Обозначение откликов в матрице планирования для $\{3,3\}$ -решетки

Номер опыта	План			Отклик y
	x_1	x_2	x_3	
1	1	0	0	y_1
2	0	1	0	y_2
3	0	0	0	y_3
4	$2/3$	$1/3$	0	y_{122}
5	$1/3$	0	$2/3$	y_{133}
6	0	$1/3$	$2/3$	y_{233}
7	$2/3$	$1/3$	0	y_{112}
8	$2/3$	0	$1/3$	y_{113}
9	0	$2/3$	$1/3$	y_{223}
10	$1/3$	$1/3$	$1/3$	y_{123}

Оценка коэффициентов приведенных полиномов может производиться по упрощенным расчетным формулам.

Для $n \leq 4$ они для q -компонентной смеси имеют следующий вид.

Модель первого порядка:

$$\bar{y} = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i \cdot x_i, \quad (24)$$

где $\beta_i = y_i$.

Модель второго порядка:

$$\bar{y} = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \beta_{ij} x_i x_j, \quad (25)$$

где $\beta_i = y_i$; $\beta_{ij} = 4y_{ij} - 2y_i - 2y_j$.

Неполная кубическая модель:

$$\bar{y} = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i < j < R \leq q} \beta_{ijR} x_i x_j x_R, \quad (26)$$

где $\beta_i = y_i$; $\beta_{ij} = 4y_{ij} - 2y_i - 2y_j$; $\beta_{ijk} = 27y_{ijk} - 12(y_{ij} + y_{ik} + y_{jk}) + 3(y_i + y_j + y_k)$.

Модель третьего порядка:

$$\bar{y} = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \gamma_{ij} x_i x_j \cdot (x_i - x_j) + \sum \beta_{ijk} x_i x_j x_k, \quad (27)$$

где $\beta_i = y_i$; $\beta_{ij} = \frac{9}{4} \cdot (y_{iij} + y_{ijj} - y_i - y_j)$; $\gamma_{ij} = \frac{9}{4} \cdot (3y_{iij} - 3y_{ijj} - y_i + y_j)$;

$\beta_{ijk} = 27y_{ijk} - \frac{27}{4} \cdot (y_{iij} + y_{ijj} + y_{iik} + y_{ikk} + y_{jjk} + y_{jkk}) + \frac{9}{2} \cdot (y_i + y_j + y_k)$.

Формулы для расчета дисперсии предсказанных значений исследуемого свойства имеют вид:

- для квадратичной модели:

$$\sigma^2\{\bar{y}\} = \sigma^2\{y\} \left[\sum_{1 \leq i \leq q} \frac{a_i^2}{r_i} + \sum_{1 \leq i < j \leq k} \frac{a_{ij}^2}{r_{ij}} \right], \text{ где} \\ a_i = x_i(2x_i - 1), a_{ij} = 4x_i x_j; \quad (28)$$

- для неполной кубической модели:

$$\sigma^2\{\bar{y}\} = \sigma^2\{y\} \left[\sum_{1 \leq i \leq q} \frac{b_i^2}{r_i} + \sum_{1 \leq i < j \leq k} \frac{b_{ij}^2}{r_{ij}} + \sum_{1 \leq i < j < k \leq q} \frac{b_{ijk}^2}{r_{ijk}} \right], \quad (29)$$

где $b_i = \frac{1}{2} x_i \cdot (6x_i^2 - 2x_i + 1) - 3 \sum_{1 \leq j \leq q} x_j^2$; $b_{ij} = 4x_i x_j \cdot (3x_i + 3x_j - 2)$; $b_{ijk} = 27x_i x_j x_k$;

- для модели третьего порядка:

$$\sigma^2\{\bar{y}\} = \sigma^2\{y\} \left[\sum_{1 \leq i \leq q} \frac{c_i^2}{r_i} + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \frac{c_{ij}^2}{r_{ij}} + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \frac{c_{iij}^2}{r_{iij}} + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \frac{c_{ijj}^2}{r_{ijj}} + \sum_{1 \leq i < j < k \leq q} \frac{c_{ijk}^2}{r_{ijk}} \right], \quad (30)$$

где $c_i = \frac{1}{2} x_i \cdot (3x_i - 1)(3x_i - 2)$; $c_{iij} = \frac{9}{2} x_i x_j \cdot (3x_i - 1)$;
 $c_{ijj} = \frac{9}{2} x_i x_j \cdot (3x_j - 1)$, $c_{ijk} = 27x_i x_j x_k$

Доверительные интервалы для ошибки предсказываемого отклика определяются по формуле:

$$\Delta = \pm t_{a/L,f} \sqrt{\sigma^2\{\bar{y}\}}, \quad (31)$$

где $t_{a/L,f}$ – критерий Стьюдента (a – уровень значимости, f – число степеней свободы при определении дисперсии опыта, L – число коэффициентов уравнения регрессии). При равном числе параллельных опытов во всех точках плана формула (31) примет вид:

$$\Delta = \pm t_{a/L,f} \frac{\sigma^2\{y\}}{\sqrt{r}} \xi^{\frac{1}{2}}. \quad (32)$$

Поверхности отклика для тройных систем или трехкомпонентных частей (срезов) q -компонентных систем могут быть представлены графически проекциями линий равных значений на симплекс – контурными кривыми (изолиниями – кривыми равного выхода) (рисунок 8).

Ш.3.5.2 Пример планирования и реализации эксперимента по получению математической зависимости «состав – свойство»

В качестве примера ниже представлены планы, методика и результаты выполненного авторами данного пособия исследования влияния шихтового состава системы «керамическая связка – наполнитель» на ее огнеупорность (способность материала противостоять воздействию высоких температур). За характеристику этой способности принята температура $T_{огн}$ допустимой степени размягчения исследуемой композиции (состава) связки.

Так как шихтовой экспериментальный состав связки состоял из четырех компонентов, пришли к необходимости получить регрессионную модель зависимости огнеупорности от шихтового состава связки с использованием симплекс-решетчатого планирования эксперимента [13], составили его план на базе четырехкомпонентной диаграммы «состав – свойство» (рисунок 6). Здесь за координатные оси факторов (компонентов): Z_1 – наполнитель; Z_2 – каолин; Z_3 – полевой шпат; Z_4 – борная фритта – приняты конкретные ребра пирамиды (показаны стрелками), а пределы их варьирования в % объема установлены следующими: по оси $Z_1 = 20 \div 60$; $Z_2 = 30 \div 70$; $Z_3 = 10 \div 50$; $Z_4 = 0 \div 40$.

Математическое описание зависимости огнеупорности от шихтового состава связки искали в виде неполной кубической модели регрессионного уравнения:

$$y = \sum \beta_i \cdot x_i + \sum \beta_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum \beta_{ijk} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_k + \beta_{ijkl} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_k \cdot x_l \quad (33)$$

$$1 \leq i \leq q; 1 \leq i \leq j \leq q; 1 \leq i \leq j \leq k \leq q,$$

где y – функция отклика исследуемого параметра;

$\beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ijk}, \beta_{ijkq}$ – постоянные коэффициенты, рассчитываемые по экспериментальным значениям функции отклика, полученным в точках плана;

x_i, x_j, x_k, x_q – нормализованные координаты, используемые при планировании эксперимента, пределы изменения которых от 0 до 1.

Факторное пространство исследовалось путем экспериментального определения значений функции отклика $T_{огн}$ (рисунок 6) в четырнадцати точках плана, расположенных на гранях тетраэдра (№№ 1÷15) и одна в его центре. По усредненным пяти экспериментальным значениям отклика (параметра) в этих точках производился расчет коэффициентов регрессионного уравнения, для проверки адекватности которого использовались две дополнительные точки (№ 16 и № 17), произвольно выбранные в объеме этого тетраэдра (на рисунке 6 не показаны).

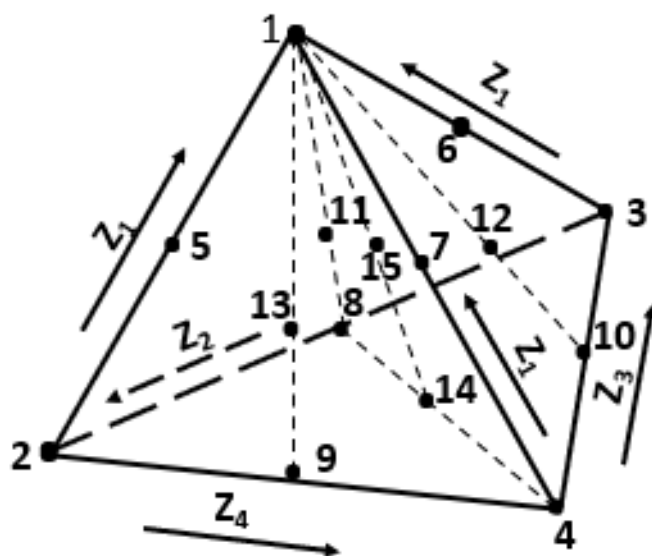


Рисунок 6 – Графическое представление плана эксперимента

Переход от мнимых координат к истинным осуществлялся по следующим формулам: для наполнителя – $Z_1=20+X_1 \cdot 40$; каолина – $Z_2=30+X_2 \cdot 40$; полевого шпата – $Z_3=10+X_3 \cdot 40$; борной фритты – $Z_4=X_4 \cdot 40$.

Постоянные коэффициенты в уравнении (33) находились по выражениям:

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_i = y_i \\ \beta_{ij} = 4y_{ij} - 2y_i - 2y_j; \\ \beta_{ijk} = 27y_{ijk} - 12(y_{ij} + y_{ik} + y_{jk}) + 3(y_i + y_j + y_k); \\ \beta_{ijkq} = 256y_{ijkq} - 64(y_i + y_j + y_k + y_q) - 16(\beta_{ij} + \beta_{ik} + \beta_{iq} + \beta_{jk} + \beta_{jq} + \beta_{kq}) - \\ 4(\beta_{ijk} + \beta_{jkq} + \beta_{ikq} + \beta_{ijq}). \end{array} \right. \quad (34)$$

Матрица планирования и совмещенная с ней таблица содержания исходных компонентов шихты в объемных процентах, а также экспериментальные значения огнеупорности $T_{огн}$ в точках плана приведены в таблице 10.

Методика определения огнеупорности как температуры начала значительной подвижности исследуемой композиции состояла в следующем.

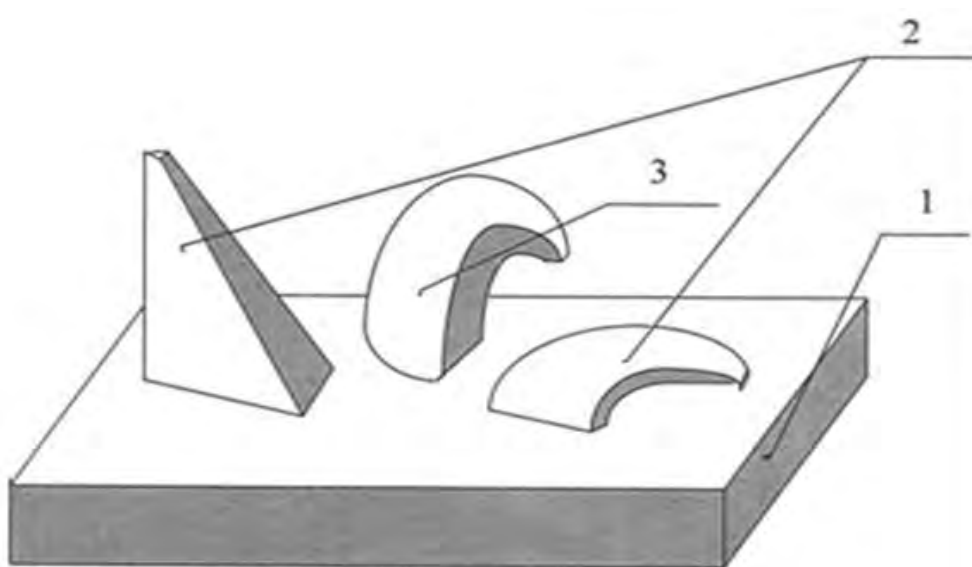
Компоненты абразивной композиции каждого рецепта (таблица 10) смешивались в фарфоровых барабанах емкостью 3 литра при соблюдении условий:

- а) скорость вращения барабана составляла 60 об/мин;
- б) в каждом барабане находилось по 10 уралитовых тел вращения;
- в) коэффициент заполнения барабана материалом не превышал 30 %;
- г) время смешивания – 1,5 часа;
- д) масса приготавливаемой смеси – 200 г.

Такая технология смешивания практически соответствует промышленной. Из приготовленной таким образом шихты планового состава формовались трехгранные усеченные пирамидки высотой 30 мм, со стороной нижнего основания 8 мм и верхнего 2 мм, высушивались и устанавливались на подставку из керамического материала (глина с мелким шамотом) вместе со стандартными пирамидками известной температуры склонения (пироскопами). Вся эта подставка (рисунок 7)

помещалась в электрическую криптоновую печь с нейтральной атмосферой.

За огнеупорность конкретного образца принималась температура склонения того пироскопа, с которым испытываемая пирамидка упала одновременно (рисунок 7).



1 – колодка; 2 – пироскопы; 3 – пирамидка опытной связки
Рисунок 7 – Схема определения огнеупорности связки

На основании результатов эксперимента по формулам (34) вычислены значения коэффициентов полинома (35):

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_1=1170; \quad \beta_2=1470; \quad \beta_3=1265; \quad \beta_4=1170; \\ \beta_{12}=240; \quad \beta_{13}=330; \quad \beta_{14}=120; \quad \beta_{23}=130; \quad \beta_{24}=-40; \quad \beta_{34}=-70; \\ \beta_{123}=-390; \quad \beta_{234}=-375; \quad \beta_{134}=-645; \quad \beta_{124}=-1500; \quad \beta_{1234}=8280 \end{array} \right. \quad (35)$$

и получена модель огнеупорности:

$$T_{\text{огн}}=1170X_1+1470X_2+1265X_3+1170X_4+240X_1X_2+330X_1X_3+120X_1X_4+130X_2X_3-40X_2X_4-70X_3X_4-390X_1X_2X_3-375X_2X_3X_4-645X_1X_3X_4-1500X_1X_2X_4+8280X_1X_2X_3X_4, \quad [^\circ\text{C}], \quad (36)$$

где X_1, X_2, X_3, X_4 – кодированные значения факторов (компонентов шихты) от 0 до 1.

Таблица 10 – Матрица планирования и результаты эксперимента

№ точки плана	Номер опыт- ного значе- ния	Кодированные значения факторов				Фактические значения факторов				Отклик Огнеупор- ность $T, ^\circ C$
		Наполнитель X_1	Каолин	Полевой шпат X_3	Борная фритта X_4	Наполнитель Z_1	Каолин	Полевой шпат Z_3	Борная фритта	
1	Y_1	1	0	0	0	60	30	10	0	1170
2	Y_2	0	1	0	0	20	70	10	0	1470
3	Y_3	0	0	1	0	20	30	50	0	1265
4	Y_4	0	0	0	1	20	30	10	40	1170
5	Y_{12}	0,5	0,5	0	0	40	50	10	0	1380
6	Y_{13}	0,5	0	0,5	0	40	30	30	0	1300
7	Y_{14}	0,5	0	0	0,5	40	30	10	20	1200
8	Y_{23}	0	0,5	0,5	0	20	50	30	0	1400
9	Y_{24}	0	0,5	0	0,5	20	50	10	20	1310
10	Y_{34}	0	0	0,5	0,5	20	30	30	20	1200
11	Y_{123}	0,33	0,33	0,33	0	33,3	43,3	23,3	0	1365
12	Y_{134}	0,33	0	0,33	0,33	33,3	30	23,3	13,3	1220
13	Y_{124}	0,33	0,33	0	0,33	33,3	43,3	10	13,3	1250
14	Y_{234}	0	0,33	0,33	0,33	20	43,3	23,3	13,3	1290
15	Y_{1234}	0,25	0,25	0,25	0,25	30	40	20	10	1300
16	Y_{16}	0,20	0,20	0,40	0,20	28	38	26	8	1300
17	Y_{17}	0,40	0,20	0,20	0,20	36	38	18	8	1305

Проверку адекватности модели осуществляли по точкам №16 и №17 (таблица 10), где составы образцов связки и экспериментальные значения их огнеупорности были:

$$X_1=0,2; X_2=0,2; X_3=0,4; X_4=0,2; T_{огн}^{16}=1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$X_1=0,4; X_2=0,2; X_3=0,2; X_4=0,2; T_{огн}^{17}=1305 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Расчетные значения огнеупорности в проверочных точках по уравнению (36) составили:

$$T_{огн}^{16} = 1304,9 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad T_{огн}^{17} = 1288 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Отклонения, рассчитанные по формуле:

$$\Delta T = (T_{огн}^{\Lambda} - T_{огн}) / T_{огн}$$

от экспериментальных ее значений в этих же точках:

$$\Delta T_{16} = 0,38 \text{ } \%; \quad \Delta T_{17} = -1,3 \text{ } \%.$$

Адекватность модели проверена по критерию Стьюдента.

Полученная модель хорошо описывает экспериментальные данные и может служить инструментом анализа поведения связки при обжиге инструмента в исследуемой области изменения ее шихтового состава.

Поскольку исследуемая область представляет собой правильный тетраэдр (рисунок 6), то для анализа результатов лучше всего воспользоваться графическими изображениями изолиний огнеупорности в плоскостях сечений тетраэдра на выбранных уровнях содержания в связке какого-либо фактора (компонента шихты), начиная, например, от 20 % (минимальный уровень) до 50 % (максимально необходимый уровень) с интервалом 5 %.

Этот выбор объясняется тем, что при расчете рецептуры инструмента с различным объемным содержанием зерна и связки необходимо, в идеале, разное количество наполнителя.

Симплексы огнеупорности с фиксированным содержанием доли наполнителя на уровнях 25 и 40 % (как пример) для удобства анализа результатов приведены вместе на рисунке 8.

В результате анализа полученных на симплексе откликов можно сделать следующие выводы.

1 На каждом уровне содержания наполнителя можно найти составы связки с огнеупорностью всех необходимых для практики спекания абразивного инструмента значений ($1100 \leq T_{\text{обж}} \leq 1400$) [14], т. е. при любом содержании наполнителя можно получить и легкоплавкие растекающиеся, и тугоплавкие спекающиеся составы, пригодные для изготовления инструментов как из корундовых, так и карбидокремниевых абразивных материалов.

2 Наибольшее влияние на огнеупорность оказывает изменение соотношения каолина и борной фритты в составе связки. Чем больше это соотношение, тем выше огнеупорность. Особенно это проявляется при малом содержании наполнителя (см. графики рисунка 8, построенные на левых сторонах симплексов).

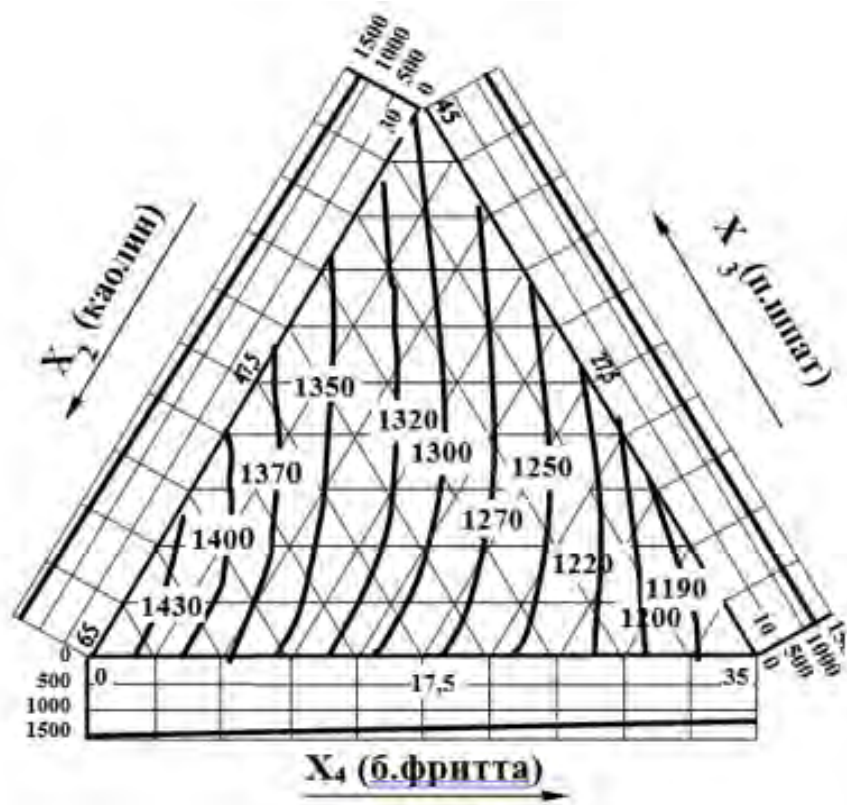
3 Замещение борной фритты полевым шпатом повышает огнеупорность (см. графики на нижних сторонах симплексов).

4 Изменение в связке соотношения каолин/полевой шпат практически не влияет на ее огнеупорность.

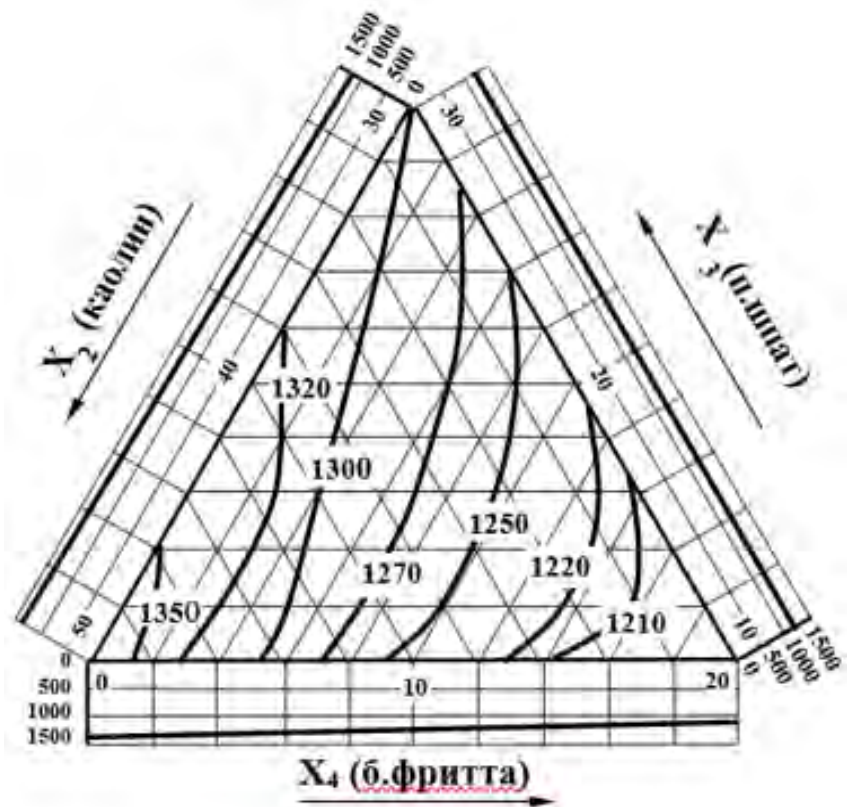
5 Увеличение в шихте доли наполнителя по эффекту ближе к борной фритте, чем к полевоому шпату.

6 Варьируя содержание компонентов шихты, можно получить наиболее подходящие для конкретной температуры термообработки инструмента значения огнеупорности связующего.

При этом следует отметить, что данные выводы сформулированы на основании анализа зависимости (36) и правомерны как и сама зависимость только для шихты, состоящей из компонентов заданного условиями эксперимента химсостава.



а



б

Рисунок 8 – Линии равных значений огнеупорности, °С связки с 25-м % содержанием наполнителя (а) и 40-м % – (б)

III.3.6 Методика экспериментального получения степенных зависимостей

В случаях, когда объектами изучения являются технологические процессы, параметры которых зависят от значительного числа факторов, подобрать адекватную многофакторную модель их математического описания можно только методом проб и ошибок из-за отсутствия достаточной информации.

Поэтому на практике поступают следующим образом. Назначают, опираясь на результаты исследований аналогичных процессов, вид математической модели, а затем проверяют ее адекватность, бóльшая часть математических моделей, которые описывают разнообразные явления, имеют вид произведения факторов в различных степенях, а именно:

$$y = b_0 \cdot x_1^{c_1} \cdot x_2^{c_2} \cdot x_3^{c_3} \dots x_k^{c_k}, \quad (37)$$

где c_k – коэффициенты, которые могут быть целыми, дробными, положительными или отрицательными.

Для проверки предположения, удовлетворяет ли исследуемая зависимость такой математической модели, применяют операцию логарифмирования, после которой (37) получает вид:

$$\lg y = \lg b_0 + c_1 \cdot \lg x_1 + c_2 \cdot \lg x_2 + c_3 \cdot \lg x_3 + \dots + c_k \cdot \lg x_k. \quad (38)$$

Введя замену переменных $\lg y = Y$, $\lg b_0 = C_0$, $\lg x_k = X_k$, уравнение (38) можно записать в форме полинома первой степени, не учитывающего эффектов взаимодействия факторов:

$$Y = C_0 + c_1 X_1 + c_2 X_2 + \dots + c_k X_k, \quad (39)$$

для нахождения коэффициентов которого можно использовать описанные выше схемы ПФЭ или ДФЭ в зависимости от числа факторов, значимо влияющих на параметр Y .

В логарифмических координатах модель (39) будет представлять собой гиперплоскость в многомерном k -факторном пространстве.

Однако при числе факторов $k > 4$ трудоемкость реализации такого эксперимента становится чрезмерно высокой, более выгодным

становится получить значения постоянных степенной зависимости по следующей, достаточно широко распространенной методике. Ее суть покажем на примере экспериментального исследования сил резания при шлифовании.

Основной задачей данного исследования является получение и анализ эмпирических зависимостей этих сил от условий шлифования (обрабатываемость материала, характеристики шлифовального инструмента, режимы резания и др.). Обычно эти зависимости также представляют степенными функциями и, например, для силы P_z она имеет вид:

$$P_z = C_{Pz} \cdot V_d^{X_{Pz}} \cdot t^{Y_{Pz}} \cdot S^{Z_{Pz}} \cdot V_{kp}^{\alpha_{Pz}} \cdot B^{\beta_{Pz}}, \quad (40)$$

где C_{Pz} , X_{Pz} , Y_{Pz} , Z_{Pz} , α_{Pz} , β_{Pz} – постоянные, учитывающие конкретные условия шлифования: обрабатываемый материал, характеристику шлифовального инструмента, скорость резания, характеристику среды, станка, вид шлифования и многое другое;

V_d – скорость перемещения детали;

t – глубина шлифования;

S – подача;

V_{kp} – скорость круга;

B – ширина шлифования.

В зависимости от конкретных целей исследования, в эти формулы добавляют дополнительные параметры, например: площадь контакта круга с деталью при торцевом шлифовании; структурные характеристики круга и т. п., влияющие на уровень сил при шлифовании.

Методика получения степенных выражений типа (40) заключается в следующем.

Поочередно изменяют один из параметров и фиксируют на постоянном уровне остальные, сводя таким образом задачу к получению зависимости функции, например силы P_z , каждый раз только от одного аргумента, например скорости детали V_d :

$$P_z = C_{Vd} \cdot V_d^{X_{Pz}}, \quad (41)$$

где $C_{Vd} = C_{Pz} \cdot t^{Y_{Pz}} \cdot S^{Z_{Pz}} \cdot V_{kp}^{\alpha_{Pz}} \cdot B^{\beta_{Pz}}$.

Значение показателя степени X_{Pz} находят графоаналитически по следующему алгоритму.

Сначала функцию (41) логарифмируют, преобразуя ее тем самым в линейную:

$$\lg Pz = \lg C_{V_d} + X_{Pz} \lg V_d. \quad (42)$$

Графически такая зависимость аппроксимируется в двойных логарифмических координатах прямой линией, а тангенс угла α наклона этой линии к оси абсцисс (рисунок 9) дает значение показателя степени X_{Pz} . Постоянная $\lg C_{V_d}$, равная отрезку на оси ординат (оси $\lg Pz$), отсекаемому линией графика, как частный случай сочетания значений факторов в дальнейшем не будет использована и потому остается без внимания.

Известно, что для построения прямой линии достаточно двух точек, поэтому значения функции P_z экспериментально определяют для 2–5 значений фактора V_d (более высокое число значений увеличивает трудоемкость эксперимента, но повышает точность).

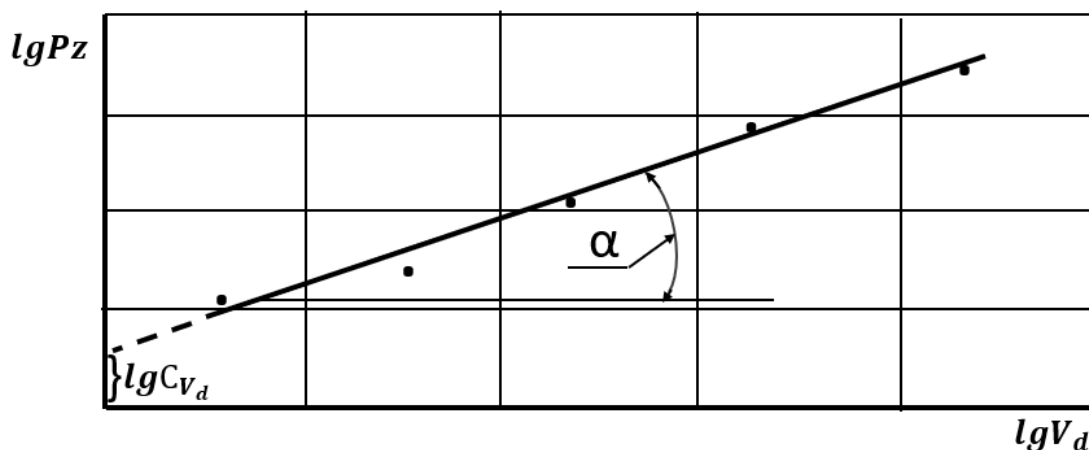


Рисунок 9 – Схема графика зависимости $\lg Pz = f(\lg V_d)$

Аналогичную процедуру выполняют для всех переменных, входящих в выражение (40), получая значения показателей степеней при каждом из них.

Значение постоянной C_{PZ} вычисляют как результат решения уравнения (40), записанного с уже известными показателями степеней и значениями факторов одного из опытов, где неизвестным будет только постоянная C_{PZ} .

Проверка адекватности модели параметра P_z осуществляют путем сравнения его значения, рассчитанного по (40), с экспериментальным, используя данные дополнительного (проверочного) опыта по определению параметра для произвольно выбранного сочетания факторов – элементов режима резания.

Если результаты проверки положительные, то по (40) можно вычислять ожидаемые значения составляющей силы резания для любого сочетания элементов режима шлифования в пределах размаха их варьирования при проведении эксперимента.

По такому алгоритму можно получать математические модели и для других параметров, характеризующих технологические процессы.

Примечание – Показатели степени при различных элементах режима шлифования, по данным различных исследований, колеблются в широком диапазоне. Например, для круглого шлифования эти показатели находятся в пределах: $X_{PZ} = 0.35 - 0.8$; $Y_{PZ} = 0.4 - 1.0$; $Z_{PZ} = 0.84 - 1.0$; $\alpha_{PZ} = +0.5... -1.0$; $\beta_{PZ} = 0.8 - 1.0$.

Эти данные дают основание утверждать, что с увеличением скорости детали, глубины шлифования, продольной и поперечной подачи силы и мощность шлифования возрастают. Кроме того, сила резания зависит и от физико-механических свойств обрабатываемого материала (марки), смазочно-охлаждаемой технологической среды (СОТС), характеристик круга, времени работы. Так, с повышением твёрдости круга сила растёт, так как уменьшается пористость кругов, что увеличивает трение связки об обрабатываемую поверхность. Для алмазных же кругов сила резания падает с повышением концентрации алмазов, а более высокий номер зернистости ведёт к ее увеличению.

III.3.7 Однофакторные планы экспериментального исследования

В тех случаях, когда зависимость параметра некоего процесса от его факторов не имеет экстремумов и носит монотонный характер, а число значимых факторов невелико, эксперимент по нахождению математической модели этого процесса проводят однофакторным планом. Идея такого плана заключается в том, что влияние на параметр объекта (процесса) каждого из факторов изучают отдельно, поочередно варьируя значение одного из них но сохраняя (поддерживая) уровни остальных постоянными.

В этом случае качество планирования эксперимента во многом зависит от выбора последовательности проведения экспериментальных исследований и числа параллельных опытов, т. е. опытов, повторенных несколько раз при одних и тех же значениях факторов.

Необходимое число параллельных опытов определяют с учетом поставленных задач исследования и надежности полученных результатов. Обычно это число принимают равным 3–5, увеличивая его до 7–8 в случаях значительного разброса экспериментальных значений параметра.

При обработке результатов такого эксперимента выбранный параметр исследуемого процесса (объекта) должен быть статистически определен и подсчитан по результатам его измерений для каждой серии параллельных опытов.

Учитывая небольшой объем (< 8) выборки (измерений) при проведении таких экспериментов, для оценки достоверности результатов измерения и выявления промахов (аномальных результатов) нет необходимости определять дисперсию, коэффициент вариации, а достаточно рассчитать статистический критерий по методикам, приведенным в [15–17].

III.4 Технико-экономическое обоснование эффективности реализации результатов НИР

III.4.1 Источники эффективности НИР, их проявления и оценка [18]

Обоснование экономической эффективности целевых результатов НИР и рекомендаций по их практическому использованию является важнейшей задачей любой квалификационной работы, в том числе и диссертации магистра.

Под эффективностью НИР понимается полезный результат (отдача) от внедрения ее результатов в различные сферы народнохозяйственной деятельности.

Эффект от использования НИР может проявляться в сфере производства, эксплуатации, а также в самой сфере опытно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности.

По характеру воздействия на общественное развитие выделяют научно-технический, экономический, социальный, экологический и учебно-исследовательский эффект.

Научно-технический эффект – это прирост имеющейся научной и технической информации за счет полученной в ходе выполнения НИР.

Научный эффект выражается в получении научных результатов, развивающих теоретическую базу в том или ином научном направлении, что позволяет выявить новые закономерности, которые могут быть использованы на практике.

Технический эффект характеризуется получением в результате НИР данных, средств и методов, применение которых способствует созданию новых и совершенствованию существующих машин и оборудования, технологических процессов и других объектов исследования, а также сокращению сроков их разработки.

Например, эффективность предложенных в МД новых технологических процессов или методов и способов обработки материалов во многом определяется комплексом таких технологических показателей,

как работоспособность инструмента, производительность процесса и качество готовой продукции.

Отсюда очевидно, что целью исследования должно быть:

- повышение производительности путем интенсификации режимов работы технологического оборудования;
- увеличение периода стойкости инструмента при неизменных режимах обработки за счет оптимизации физико-механических свойств конструкционного материала и геометрических параметров его рабочего элемента;
- улучшение качества изделий.

Экономический эффект заключается в снижении затрат на проектирование, изготовление и эксплуатацию этих объектов за счет применения новых методов конструирования, проектировочных расчетов, технологических процессов и др., созданных на базе результатов научно-исследовательских работ.

Социальную и экологическую эффективность могут иметь результаты НИР, позволяющие улучшить условия и характер труда, уменьшить или ликвидировать долю тяжелого и/или опасного труда, снизить вредное воздействие на окружающую среду.

Учебно-исследовательский эффект зависит от того, насколько достижения НИР, особенно проводимых вузами, полезны в учебном процессе, обогащают его содержание и качество, повышают уровень подготовки специалистов, оказывая благотворное влияние на их будущую профессиональную деятельность.

Задача исполнителей конкретной НИР обеспечить наличие в ней каких-либо эффектов, количественно оценить их значимость и по их совокупности рассчитать эффективность от внедрения результатов исследования в народное хозяйство.

Оценка научного эффекта НИР

Основными признаками научного эффекта НИР являются:

- наличие в ней новых значимых для развития науки методов исследования, математических моделей, алгоритмов расчета, выводов, положений;
- глубина теоретической проработки темы и перспективы ее развития;
- масштабы распространения и возможность реализации результатов и т. п.

В этой связи научный эффект НИР обобщенно оценивают двумя показателями: степенью научной новизны и уровнем теоретической проработки.

Так, например, в методическом пособии [19] показатель \mathcal{E}_n , характеризующий научный эффект, предложено численно определять по формуле:

$$\mathcal{E}_n = 0,6k_{\text{нов}} + 0,4k_{\text{теор}},$$

где $k_{\text{нов}}$ и $k_{\text{теор}}$ – показатели степени новизны и уровня теоретической проработки НИР, а числа 0,6 и 0,4 – их весовые коэффициенты соответственно.

Сами $k_{\text{нов}}$ и $k_{\text{теор}}$ определяются в баллах экспертной оценкой по 10-балльной шкале с учетом предварительно разработанных рекомендаций. Здесь новизна НИР представляется пятью степенями с соответствующими характеристиками и предельным числом баллов.

Если НИР по ее характеристикам может быть отнесена к степени: принципиально новая, то ее новизна оценивается 10 баллами; новая – 6; относительно новая – 4; традиционная – 1; не обладающая новизной – 0,1 балла.

По аналогичной методике определяется и $k_{\text{теор}}$. Если в ходе выполнения исследования открыт неизвестный закон или разработана новая теория, то ее уровень теоретической проработки заслуживает 10 баллов; осуществлена глубокая разработка проблемы – 8; разработан

способ, алгоритм, программа, устройство, получено новое вещество – 6; проведен элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, классификации, объясняющей версии или практических рекомендаций частного характера – 2 балла; описаны отдельные элементарные факты, результаты наблюдения и/или измерений, изложен эксперимент – 0,5 балла.

Оценка технического эффекта исследовательской работы

Технический эффект исследовательской работы выражается в более высоких технико-технологических характеристиках разрабатываемых объектов.

К таким объектам в технологии машиностроения обычно относят:

- новые и усовершенствованные методы и процессы механической и физико-технической обработки конструкционных материалов;
- средства технико-технологического оснащения (оборудование и оснастка, режущий и измерительные инструменты и т. п.), автоматизации и механизации этих процессов;
- новые высокоэффективные смазочно-охлаждающие технологические среды (СОТС) для операций механической и физико-технической обработки;
- технологические и конструкторские разработки и предложения по модернизации технологического оборудования и оснастки.

Перечень мероприятий, за счет которых достигается эффект, определяется темой и целью исследовательской работы.

Ими могут быть:

- улучшение технических характеристик технологического оборудования (станков, измерительных и испытательных стендов, установочно-зажимных и контрольных приспособлений, технологической оснастки и др.);
- повышение качества изготовления деталей и сборочных единиц (узлов, механизмов и т. п.);
- устранение причин появления брака;

- снижение материалоемкости, повышение производительности технологического процесса изготовления деталей или сборки механизмов;

- повышение уровня автоматизации и механизации технологических процессов механообработки и/или сборки;

- сокращение срока технологической подготовки производства;

- сокращение номенклатуры инструментов и оснастки, увеличение срока их эксплуатации и др.

Все параметры технического эффекта необходимо определить, количественно, что позволит дать количественную оценку экономической эффективности выполненной НИР.

Оценка экономического эффекта НИР

Экономический эффект любой НИР, в том числе и выполненной в качестве диссертационной, основывается на преимуществах ее технических результатов перед ближайшими аналогами.

Поэтому в этом разделе МД необходимо проанализировать, как скажутся эти преимущества на трудовых и материальных затратах при разработке, изготовлении и эксплуатации предмета исследования в конкретных производственных условиях.

Например, применение современных методов автоматизированного расчета припусков на заготовках позволяет спроектировать их конструкции, оптимальные по массе, т. е. с минимальным припуском. Это обеспечит экономический эффект на стадии изготовления как самих заготовок, так и деталей из них за счет сокращения машинного времени, затраченного на удаление их припуска и повышения коэффициента использования конструкционного материала.

Совершенствование систем автоматизированного проектирования путем разработки для них более точных математических моделей и алгоритмов может дать экономию времени и затрат на конструкторско-технологической подготовке производства.

Рекомендации по расчёту экономического эффекта от внедрения результатов научно-исследовательской работы приведены в III.4.2.

III.4.2 Расчет экономической эффективности инвестиций на внедрение результатов НИР

III.4.2.1 Общие положения

Для оценки экономической эффективности результатов исследований, предлагаемых к внедрению, необходимо определить:

- инвестиции (капитальные и единовременные затраты) на внедрение результатов исследования;
- экономические результаты от использования новых технологий, математических моделей, программного обеспечения и др., разработанных в МД;
- показатели экономической эффективности инвестиций на внедрение результатов исследований.

В плановую себестоимость НИР включаются все затраты, связанные с её выполнением, независимо от источников финансирования. Это затраты на изучение литературы, патентов, разработку и изготовление опытных образцов, проведение экспериментов и обработку их результатов; разработку моделей, алгоритмов, программного обеспечения; затраты на содержание аппарата управления и общехозяйственных служб и др.

Затраты на НИР группируются в определенные статьи: материалы; спецоборудование для научных (экспериментальных) работ; основная и дополнительная заработная плата научно-технического персонала; отчисления на социальные нужды; работы, выполняемые сторонними организациями; накладные расходы.

III.4.2.2 Определение инвестиций в капитальные и единовременные затраты на внедрение результатов исследования

Состав капитальных и единовременных затрат на внедрение результатов НИР зависит от цели и содержания научно-исследовательской работы.

Так, величина капитальных и единовременных затрат, связанных с внедрением нового технологического процесса, вычисляется по формуле:

$$K = C_{НИР} + K_o + K_{ПП} - C_o^y + C_o^c, \quad (43)$$

где $C_{НИР}$ – затраты на НИР;

K_o – капитальные затраты на новое оборудование, компьютерную технику и др.;

$K_{ПП}$ – единовременные затраты на новые приспособления, оснастку и др.;

C_o^y – остаточная стоимость универсального оборудования, высвобождаемого после внедрения новой технологии и подлежащего реализации;

C_o^c – остаточная стоимость высвобождаемого специального оборудования и приспособлений, подлежащих утилизации, за вычетом выручки от их реализации в металлолом.

Капитальные затраты на оборудование K_o рассчитываются по формуле:

$$K_o = C_o \cdot n_o, \quad (44)$$

где C_o – цена единицы оборудования с учетом расходов на транспортировку и монтаж, руб.;

n_o – количество единиц оборудования, шт.

Количество оборудования i -го вида n_{oi} определяется по формуле:

$$n_{oi} = N_z \cdot t_i / \Phi \partial o, \quad (45)$$

где N_z – годовая программа выпуска деталей, шт.;

t_i – штучно-калькуляционная норма времени на обработку детали с использованием i -го оборудования, н-ч (нормо-часы);

$\Phi \partial o$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования (3750-3800 часов при работе в 2 смены).

Расчетное количество оборудования может оказаться нецелым,

дробным числом. Если это универсальное оборудование, то его количество принимается равным расчетному. Количество же специального оборудования округляется до целого числа, так как оно не может быть дозагружено изготовлением других деталей и его полная стоимость должна быть включена в капитальные затраты по данному варианту технологического процесса.

Аналогично рассчитываются затраты на приспособления, дорогостоящий инструмент и т. п.

III.4.2.3 Эффект от внедрения результатов МД в совершенствование САПР изделий и технологических процессов в машиностроении

В настоящее время для разработки технологических процессов и конструирования оборудования широко используются компьютерные информационные технологии (ИТ), основой которых являются системы автоматизированного проектирования (САПР) различного назначения: Computer Aided Design (CAD) – автоматизированного конструирования; Computer Aided Manufacturing (CAM) – подготовки производства; Computer Aided Engineering (CAE) – решения прикладных задач.

Эти системы могут использоваться как изолированно, так и в составе так называемой CALS-технологии (англ. Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий), цель которой – обеспечить постоянное повышение эффективности процессов хозяйственной деятельности предприятия за счет использования компьютерной техники и информационных технологий (цифровизации) на всех стадиях жизненного цикла выпускаемого продукта.

Отдельные модули этих систем позволяют выполнять;

- инженерные расчёты, анализ, моделирование и оптимизацию проектных решений (CAE-системы);

- двух- и трёхмерное проектирование деталей и сборочных единиц (CAD-системы);

- разработку технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ, моделирование процессов обработки, в том числе построение траекторий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки, расчёт норм времени обработки (САМ-системы).

Эффективность работы САПР во многом зависит от ее математического обеспечения, которое включает в себя:

- математические модели объекта проектирования (технологического процесса и его операций), а также предмета производства (детали, сборочной единицы) в состояниях, соответствующих различным этапам технологического процесса;

- алгоритмы и методики решения задач технологического проектирования.

В случае, когда результаты внедрения (техпроцессы, проекты нового и модернизация используемого оборудования и др.) основываются на разработанных (полученных) в МД математических моделях, описывающих течение определенных процессов, экономию нужно искать в разнице затрат на проектирование объекта с использованием базовой САПР и САПР усовершенствованной, благодаря использованию в ней математических моделей, полученных в МД.

Экономия единовременных затрат в таком случае определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = C_{\delta} - C_{np}, \quad (46)$$

где C_{δ} – затраты на проектирование объекта по базовому варианту, руб.;

C_{np} – затраты на проектирование объекта на основе модифицированной САПР.

Затраты на проектно-конструкторские работы по базовому варианту основываются на существующих методах выполнения работ и устанавливаются на основе экспертных оценок. При этом учитывают

количество конструкторов, их квалификацию, заработную плату, длительность цикла проектно-конструкторских работ, объем последующих испытаний, доработок, их стоимость и т. д.

Порядок расчета отдельных затрат приведен, например, в п. 1.1, п. 3.2 методических указаний [19].

III.4.2.4 Расчет затрат на НИР, предусматривающих использование программного обеспечения

В большинстве МД для решения конкретных исследовательских задач используют имеющееся программного обеспечение либо разрабатывают новое.

В этих случаях затраты на НИР определяются укрупненно по следующей формуле:

$$C_{НИР} = [t_p ЗПо(1 + \beta_d)(1 + \beta_c) + НР] + t_m C_{м-ч}, \quad (47)$$

где t_p – трудоемкость выполнения НИР, чел-дни;

$ЗПо$ – затраты на основную заработную плату разработчиков НИР, руб.-дни;

β_d – коэффициент, учитывающий затраты на дополнительную заработную плату, равный 0,1–0,12;

β_c – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды равный 0,26;

$НР$ – накладные расходы организации разработчика (устанавливаются в % от затрат на основную заработную плату разработчиков данной НИР);

t_m – затраты машинного времени на выполнение НИР, час;

$C_{м-ч}$ – стоимость машино-часа работы ЭВМ, руб.

Трудоемкость выполнения НИР включает затраты рабочего времени инженера на изучение литературы по теме, патентов, имеющегося программного обеспечения или разработку нового ПО, разра-

ботку модели, проведение расчетов, анализ результатов и формирование закономерностей и др.

В случаях, когда в процессе выполнения НИР используется имеющееся программное обеспечение, трудоемкость НИР определяется укрупненно, по фактическим затратам рабочего времени на ее выполнение.

Если в МД разрабатывается программный продукт, то трудоемкость и затраты труда на его разработку можно оценить как сумму таковых на всех этапах выполнения исследования: подготовка описания задачи; разработка алгоритма ее решения; составление блок-схемы алгоритма; программирование; отладка программы на ЭВМ: подготовка и оформление отчетной документации [20].

При этом составляющие трудозатрат определяются через число занятых на каждом этапе исполнителей в соответствии их квалификацией и объемом выполненной работы.

III.4.3 Расчет экономического результата и показателей экономической эффективности инвестиций от внедрения НИР

Экономический результат – это разность между поступлениями и отчислениями (платежами) денежных средств предприятия за отчетный период, т. е. включает в свой состав чистую прибыль предприятия и амортизационные отчисления.

Применительно к диссертациям, в которых решаются частные задачи, экономический результат за отчетный период, например год \mathcal{E}_z , определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_z = \Delta\Pi_{\text{ч}} + (A_2 - A_1), \quad (48)$$

где $\Delta\Pi_{\text{ч}}$ – дополнительная чистая прибыль предприятия, полученная за счет уменьшения текущих затрат, руб.;

A_1, A_2 – амортизационные отчисления от стоимости основных фондов по сравниваемым вариантам, руб.

Так, экономический результат на стадии изготовления деталей и/или сборочных единиц вычисляется по выражению:

$$\mathcal{E}_2 = (C_1 - C_2)N_2 + (A_2 - A_1), \quad (49)$$

где C_1, C_2 – текущие затраты (себестоимость) на изготовление единицы продукции (выполнение единицы работы) по сравниваемым вариантам, руб.;

N_2 – годовая программа выпуска, шт.

Общий перечень показателей сравнительной эффективности представляют в двух группах: базовые показатели, характеризующие каждый вариант по разным видам затрат, и критерии принятия решения.

К базовым показателям относят:

- себестоимость (C), рассчитываемую, в отличие от принятого порядка расчета себестоимости, только по затратам, которые различаются в рассматриваемых вариантах; расчет ведется или сразу в годовом исчислении, или сначала на единицу продукции, а затем полученный итог себестоимости в расчете на единицу умножается на заданную годовую программу выпуска продукции;

- условно-годовую экономию (\mathcal{E}_{y2}) как разницу в текущих затратах (себестоимости) в рассматриваемых вариантах;

- капитальные вложения K (единовременные затраты, реальные инвестиции), необходимые для осуществления рассматриваемого варианта.

Эффективность инвестиций на внедрение результатов исследований оценивают по совокупности следующих критериев:

1 Срок окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений $K_{дон}$:

$$T_{ок} = K_{дон} / \mathcal{E}_{y2} \leq T_n, \quad (50)$$

где T_n – нормативный срок окупаемости (определяется по усмотрению инвестора или руководства предприятия и во многом зависит от объема вложений);

$K_{дон} = K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 – капитальные вложения, необходимые для реализации сравниваемых вариантов проекта.

2 Условно-годовая экономия $\mathcal{E}_{уг}$:

$$\mathcal{E}_{уг} = (C_1 - C_2), \quad (51)$$

где C_1 и C_2 – себестоимость (текущие затраты) выпущенной продукции по конкурирующим вариантам 1 и 2 соответственно.

3 Приведенные годовые текущие и единовременные затраты по вариантам ($Z_{пр}$):

$$Z_{пр} = C + E_n \cdot K, \quad (52)$$

где $E_n = 1/T_n$ – нормативный коэффициент эффективности, показывающий, какая часть капитальных вложений должна окупаться за один год, т. е. если, например $T_n = 2$ года, то $E_n = 0,5$.

4 Годовой экономический эффект ($\mathcal{E}_г$),¹⁵ рассчитываемый для определения величины преимущества наилучшего варианта в сравнении с альтернативным по всем видам затрат (как текущего, так и единовременного характера) по формуле:

$$\mathcal{E}_г = Z_{пр1} - Z_{пр2} = (C_1 - C_2) + E_n (K_1 - K_2), \quad (53)$$

где $(C_1 - C_2) = \mathcal{E}_{уг}$, а $(K_1 - K_2) = K_{дон}$.

Пример

Новый вариант технологического процесса мехобработки предусматривает увеличение производительности изготовления деталей в 3 раза за счет замены универсального станочного оборудования на обрабатывающий центр с ЧПУ стоимостью 10 млн рублей. Прибыль от реализации текущего объема годового выпуска деталей в стоимостном выражении составляет 1,5 млн рублей. Нормативный коэффициент эффективности затрат, установленный на предприятии-заказчике, равен 0,2.

¹⁵ Годовой экономический эффект – это показатель снижения приведенных затрат (себестоимость + нормативные отчисления по капитальным вложениям в основные фонды) на производство годового объема продукции с использованием новой техники по сравнению с заменяемой.

В этих условиях величина годового экономического эффекта от замены оборудования определится как разница между величиной предполагаемой прибыли от утроенного выпуска и суммой отчислений по капитальным вложениям, а именно:

$$Эг = 1,5 \text{ млн} \cdot 3 - (10 \text{ млн} \cdot 0,2) = 4500000 - 2000000 = 2500000 \text{ руб.}$$

Вывод: Эг от реализации мероприятий по предложенной замене технологического оборудования положительный и составляет 2500000 руб.

При наличии нескольких проектных вариантов для внедрения выбирается вариант с минимальными значениями $Z_{пр}$, Ток и максимальным годовым эффектом Эг.

Примечание – Более подробно с методикой сравнительной экономической эффективности технических решений, включающей алгоритм принятия решения с использованием показателей сравнительной эффективности, состав затрат, учитываемых при расчете себестоимости, определение границ целесообразности внедрения сравниваемых вариантов, обеспечение их сопоставимости и др. можно ознакомиться, например, в [21].

В общем случае расчет экономической эффективности использования в промышленности результатов НИР и опытно-конструкторских разработок (ОКР) или реализации рекомендаций, сформулированных в итоге их выполнения, производят в соответствии с методиками определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники [22].

При сравнении вариантов техники и организации исследований допускается проводить укрупненные экономические расчеты или принимать решения на основе рекомендаций литературы или выпускающей кафедры.

III.5 Результаты исследований и выводы

Результаты исследований оформляют в виде таблиц, математических зависимостей, графиков, диаграмм (столбиковых, секторных, ленточных), гистограмм, практических и теоретических кривых распределения, номограмм, фотографий, осциллограмм, распечаток с ЭВМ и других материалов.

Примечание – Некоторые из этих материалов полностью или частично можно вынести в приложения.

Существенно уменьшить трудоемкость и повысить качество выполнения этой работы позволяет применение прикладных программных продуктов. Это прежде всего универсальные редакторы электронных таблиц, например: Google Таблицы, Excel, Мой Офис Таблица и др. Подобные приложения, предназначенные для быстрой и удобной работы с электронными таблицами и для анализа данных, поддерживают расширенный набор формул и средств для обработки данных и обладают широкими возможностями для минимизации затрат времени на создание таблиц, графиков и диаграмм по результатам проведенных исследований.

С этой же целью можно применить и прикладные программы более высокого уровня:

- Statgraphics, который содержит графический пакет «Дизайн экспериментов» для создания 2D / 3D контурных графиков и поверхностей отклика, а также дает возможность провести сравнение наборов данных для определения дисперсии (аналитическая погрешность, смещения и т. д.);

- MathCad – это численные инженерные и математические расчеты любой степени сложности; статистическая обработка результатов; построение традиционных типов графиков, поверхностей и др.

- MS Excel входит в состав Microsoft Office и считается лучшим универсальным программным продуктом в мире по обработке аналитической информации. MS Excel предлагает средства для анализа статистических данных и экономико-статистических расчётов, содержит графические инструменты.

Для графического представления результатов измерений и расчетов можно использовать все вышеприведенные программы, но есть специализированные программы (Grapher, Origin, SigmaPlot, Gnuplot и т. д.), которые обеспечивают создание графиков очень высокого качества и позволяют делать их по всем требованиям, которые предъявляются к публикациям в журналах или к оформлению курсовых и дипломных проектов [23].

В качестве примера можно привести представление результатов экспериментального решения задачи получения однофакторной корреляционной зависимости между удельной энергией разрушения γ и модулем упругости E керамической абразивной композиции.

С этой целью был спланирован и реализован эксперимент по определению этих характеристик на 12 комплектах (по 5 шт. в каждом) опытных образцов керамических композиций системы «абразивное зерно – связка – поры» разного состава, изготовленных в соответствии с планом. Результаты после их статистической обработки представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Усредненные значения модуля упругости E и удельной энергии разрушения γ

№ точки плана	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
E , ГПа	32,5	51,3	48,5	52,9	44,6	41,7	60,8	52,1	50,3	54,1	47,9
γ , Дж/м ²	0,37	0,93	0,82	1,02	0,67	0,59	1,51	0,98	0,90	1,07	0,79

По данным таблицы 11 с помощью программы для работы с электронными таблицами Microsoft Excel был построен график (рисунок 10) зависимости $\gamma = f(E)$, который был аппроксимирован с коэффициентом достоверности $R^2 = 0,9998$ математической корреляционной моделью:

$$\gamma = 0,074 e^{0,05E} \text{ [Дж/м}^2\text{]}, \quad (54)$$

где E в гПа.

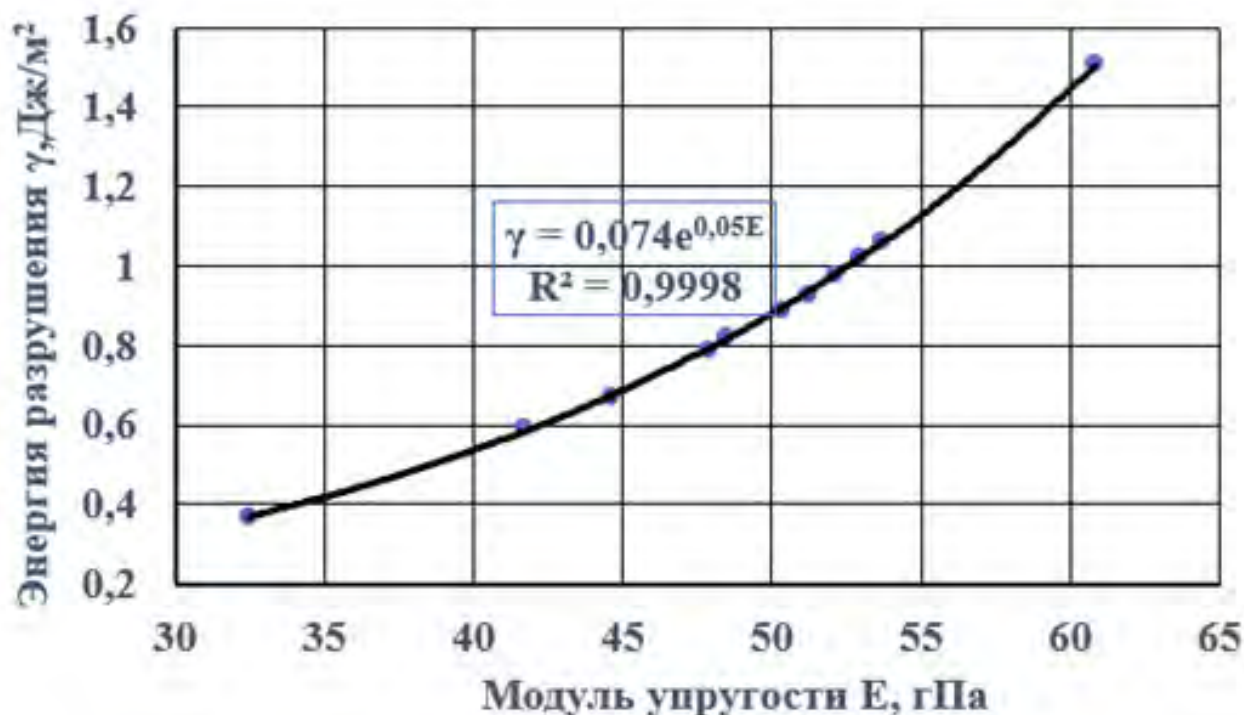


Рисунок 10 – График зависимости удельной энергии разрушения абразивной композиции γ от ее модуля упругости E

Таблица 12 и рисунок 11 могут служить примером представления результатов исследования, итогом которого являются математические модели нескольких параметров от одного и того же фактора.

Таблица 12 – Результаты экспериментального исследования влияния фактора X на параметры A, B, C, D

Значения параметров	Значения фактора X						Математическая модель
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	
A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	$A=f(X)$
B	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	$B=f(X)$
C	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	$C=f(X)$
D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	$D=f(X)$

В целях экономии места и облегчения анализа результатов исследований прибегают к описанным ниже приемам. Объединяют, например, в одном рисунке графики зависимостей нескольких различных по физической природе и единицам измерения параметров от единого фактора, как это сделано в качестве примера на рисунке 11.

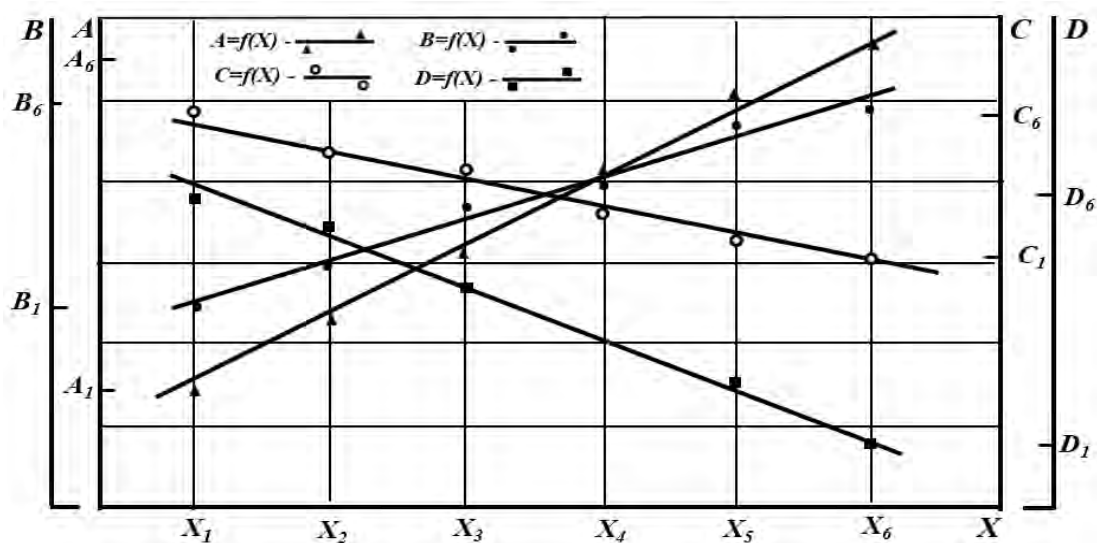


Рисунок 11 – Схема графического представления линейных зависимостей нескольких параметров (A, B, C, D) от единого фактора (X):

$$A=f(X); B=f(X); C=f(X); D=f(X)$$

Когда на одном рисунке необходимо показать несколько зависимостей, полезно изображать кривые различными линиями (сплош-

ными, пунктирными, штрих-пунктирными и др.) или отмечать реперные точки каждой кривой своими значками (рисунок 11).

Все результаты исследований, в том числе и отрицательные, должны быть описаны в МД с изложением собственной точки зрения автора. Как правило, описание результатов исследования проводят в логике состава и планов экспериментов.

Существенным моментом, характеризующим уровень подготовки магистранта, является анализ и описание физической сути причинно-следственных связей полученных данных, а также формулировка выводов и заключений по результатам этого анализа, с указанием степени их научной новизны и практической значимости. Это касается как отдельных этапов исследований, так и всей МД в целом.

IV СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ¹⁶ И ЕЕ ОБЪЕМ

Любая магистерская диссертация должна состоять из следующих структурных элементов:

- титульного листа;
- реферата (аннотации);
- оглавления;
- списка терминов и определений;
- перечня сокращений и обозначений;
- введения;
- основной части;
- заключения;
- списка использованных источников;
- приложения.

Титульный лист (приложение И) является первой страницей МД и содержит:

- наименование министерства, университета и кафедры;
- фамилию, имя и отчество магистранта;
- наименование темы МД;
- номер и наименование направления и направленности магистерской программы;
- сведения о научном руководителе (должность, ученая степень);
- место и год написания диссертации.

Реферат – обязательная часть МД, представляющая собой краткое (в среднем 850 печатных знаков без пробелов) описание сути и результатов всей квалификационной работы.

Примечание – *Реферат – краткое точное изложение содержания первичного документа в форме, включающее основные фактические сведения и выводы, без дополнительной интерпретации или критических замечаний автора реферата.*

¹⁶ В основу подраздела положен ГОСТ 7.32-2017 СИБИБД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления [24].

Для диссертаций как научных документов, посвященных одной теме и описывающих теоретико-экспериментальные результаты работы, рекомендуется так называемый информативный реферат (см. ГОСТ Р 7.0.99-2018

Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому. Реферат и аннотация. Общие требования), имеющий следующую примерную структуру содержания и последовательности изложения:

- предмет, тема, цель работы;
- метод или методология проведения работы;
- результаты работы;
- область применения результатов;
- выводы;
- дополнительная информация.

При этом допускается, что:

- предмет, тему, цель работы указывают в том случае, если они недостаточно ясны из заглавия документа;

- метод или методологию проведения работы целесообразно описывать, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы;

- при описании результатов работы приводят новые теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности, имеющие важное долгосрочное научное и практическое значение (открытия, выводы, которые опровергают существующие теории и т. п.);

- область применения результатов важно указывать при описании патентных документов, а также других документов практической направленности;

- выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в исходном документе.

Пример

Реферат докторской диссертации В. И. Курдюкова на тему «Научные основы проектирования и эксплуатации шлифовального инструмента» составлен следующим образом.

«Шлифование – финишная операция, на которой формируется качество поверхностей деталей, определяющих их эксплуатационные показатели. Потенциальные же возможности этого метода далеко не всегда удается реализовать из-за отсутствия научно обоснованной методики оптимального ее режимно-инструментального оснащения.

В этой связи настоящая работа, цель которой повысить эффективность операций абразивной обработки путем создания теоретических основ расчета и проектирования оптимальной системы «вид операции шлифования – характеристики шлифовального инструмента (ШИ) – параметры режима шлифования», актуальна и имеет научно-практическую значимость.

Поставленная в работе цель достигнута в результате решения следующих основных задач:

- обоснование метода решения проблемы;*
- определение логико-функциональных связей системы «условия реализации операции шлифования – характеристики АИ – процесс шлифования» и их математическое описание;*
- создание методики оптимального проектирования этой системы.*

В диссертации изложены теоретические основы оптимального проектирования (ШИ) с учетом условий их эксплуатации; приводятся результаты теоретико-экспериментального исследования операции шлифования как большой технической системы; определены ее логико-функциональные связи и дано их математическое описание; предложены методика и алгоритм проектирования ШИ оптимальных струк-

турных характеристик и его режимного сопровождения, адаптированных к использованию их в САПР шлифовальных операций».

Оглавление начинается с третьей страницы диссертации и включает введение; наименование всех разделов и подразделов, пунктов (если они имеют наименование); заключение; список использованных источников и наименование приложений.

После заголовка каждого элемента ставят отточие и приводят номер страницы работы, на которой начинается данный структурный элемент.

Обозначение подразделов приводят после абзацного отступа, равного двум знакам относительно обозначения разделов. Обозначение пунктов приводят после абзацного отступа, равного четырем знакам относительно обозначения разделов.

Продолжение записи заголовка на второй (последующей) строке выполняют, начиная от уровня начала этого заголовка на первой строке, а продолжение записи заголовка приложения – от уровня записи обозначения этого приложения.

Каждую запись оглавления оформляют как отдельный абзац, выровненный влево. Номера страниц указывают выровненными по правому краю поля.

Список терминов и определений составляется на отдельной странице в порядке их упоминания. Он начинается так: «В настоящей диссертации применены следующие термины с соответствующими определениями».

Перечень сокращений и новых обозначений, единиц физических величин с их расшифровкой составляется на отдельной странице в порядке их упоминания и включает принятые в МД малораспространенные сокращения, условные обозначения, символы, единицы и специфические термины.

Если сокращения, условные обозначения, символы, единицы и

термины повторяются в МД менее трех раз, отдельный список не составляют, а расшифровку дают непосредственно в тексте диссертации при первом упоминании.

Перечень следует оформлять столбцом без знаков препинания в конце. Слева без абзацного отступа в алфавитном порядке приводятся элементы перечня, а справа через тире – их определения или детальная расшифровка.

Допускается определения, обозначения и сокращения приводить в одном структурном элементе **«Определения, обозначения и сокращения»** (приложение К).

Введение (вводная часть). Здесь кратко характеризуется проблема, решению которой посвящена квалификационная работа, показывается недостаточность разработанности выбранной темы в научных и практических работах на современном этапе развития общества, обосновывается ее актуальность и важность с научной и практической точки зрения.

Примечание – Проблема – теоретический или практический вопрос, ответ на который пока неизвестен и на который нужно ответить.

Доказательство актуальности темы должно быть кратким (1/2 страницы текста), но значимым. Важно показать главное – суть проблемы, решению которой посвящена МД, из чего и станет видна актуальность темы.

Научной новизне исследования и практической значимости работы обычно посвящается около одной страницы.

Обязательно отмечаются положения, выносимые на защиту МД (1/3 страницы).

Сведения об апробации и о внедрении работы, публикациях автора (при наличии) занимают во введении по одному короткому абзацу.

Во введении также формулируются цель и содержание поставленных задач, объект и предмет исследования, указывается избранный метод (или методы) исследования, сообщается, в чем заключаются теоретическая значимость и прикладная ценность полученных результатов, показывается связь данной МД с другими научно-исследовательскими работами. Здесь же указывается программа НИР (если таковая имеется), в рамках которой выполнена магистерская диссертация.

Таким образом, введение – очень важная часть МД, поскольку оно не только ориентирует читателя в дальнейшем раскрытии темы, но и содержит все ее необходимые квалификационные характеристики.

Введение рекомендуется писать после полного завершения основной части. До того, как будет создана эта часть работы, практически невозможно написать хорошее введение, так как автор еще не вполне осознал проблему, предлагаемую в магистерской диссертации.

Основная часть МД – описание самого исследования. Чаще всего она состоит из нескольких глав (обычно по числу поставленных задач), которые поделены на разделы и подразделы, где излагаются:

1 Суть проблемы и степень ее разработанности, оцениваемая по результатам обзора и анализа научно-технической информации, в той или иной степени касающейся выбранной темы МД. Именно это позволяет автору понять и сделать вывод, что данная тема не полностью раскрыта (или раскрыта лишь частично или не в том аспекте) и требует дальнейшей разработки.

Примечание – Этот этап работы должен показать основательное знакомство магистранта со специальной литературой, его умение систематизировать источники, критически их рассматривать, выделять существенное, объективно оценивать и сопоставлять результаты, полученные ранее другими исследователями, их методологические подходы, связанные с темой ВКР, определять сте-

пень изученности темы, аргументированно вырабатывать собственную точку зрения.

2 Обоснование выбора темы МД, цель и задачи исследования, методы решения задач и их сравнительная оценка, разработка общей методики проведения НИР.

Примечание – При написании основной (исследовательской) части МД решению каждой задачи будет посвящена отдельная глава, заканчивающаяся двумя – тремя наиболее важными выводами.

3 Описание теоретических и экспериментальных работ, включающее определение их характера и содержания; изложение методов исследований и расчета; обоснование необходимости проведения экспериментальных работ; описание принципов действия разработанных объектов и их характеристик; обоснование выбранного метрологического обеспечения работ, данные об объектах измерения, измеряемых величинах и средствах измерений, их метрологические характеристики; оценку правильности и экономичности средств измерений; фиксацию полученных экспериментальных данных.

4 Анализ, обобщение и оценка результатов исследований, в том числе оценка полноты решения поставленных задач и предложения по направлениям развития работ; оценка достоверности полученных результатов и сравнение их с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ; обоснование необходимости проведения дополнительных исследований; отрицательные результаты (в случае получения таковых), приводящие к необходимости прекращения дальнейших исследований; технико-экономическое обоснование эффективности реализации результатов НИР в науке и практике.

Текст основной части МД сопровождается иллюстрациями в

виде таблиц, графиков, схем, чертежей, эскизов, рисунков, фотографий и т. п.

Заключение. В этом разделе диссертационного исследования должны быть представлены:

- выводы и результаты работы с отражением их научной новизны и практической значимости;

- заключение о достижении поставленной цели;

- рекомендации по использованию полученных результатов на практике;

- оценка технико-экономической эффективности внедрения результатов;

- научные и практические предложения, вытекающие из круга работ, выполненных лично магистрантом и внедренных на практике, по возможным направлениям дальнейшего исследования в данной научной области.

Необходимо иметь в виду, что заключение, как и введение, никогда не делится на части, а их объемы примерно равны.

Список использованных источников – это перечень источников информации, на которые опирался автор МД (как собственные, ранее опубликованные, так и публикации авторов по данной тематике научного исследования).

Список оформляется в соответствии с требованиями:

- 1 ГОСТ 7.32-2017. Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

- 2 ГОСТ Р 7.0.100-2018. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

- 3 ГОСТ Р 7.0.80-2023. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления.

В тексте работы ссылки на источники обозначают арабскими

цифрами в квадратных скобках. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте, нумеровать арабскими цифрами и печатать с абзацного отступа.

При необходимости передать без искажений в тексте МД что-либо изложенное в других информационных источниках прибегают к его дословному цитированию. В этом случае обязательно сделать ссылку на источник заимствования, т. е. привести его библиографические данные по ГОСТ 7.32-2017 и указать номера страниц, с которых они сделаны.

Примеры оформления списка использованных источников, согласно

ГОСТ Р 7.0.80-2023, приведены в приложении Е.

Приложения. В приложения рекомендуется включать материалы, дополняющие текст отчета, связанные с выполненной МД, если они не могут быть включены в основную часть, как то:

- промежуточные математические доказательства и расчеты;
- таблицы вспомогательных цифровых данных;
- протоколы и/или акты производственной апробации результатов МД или их внедрения;
- копии охранных документов;
- инструкции, методики, описания алгоритмов и программ, разработанных в процессе выполнения диссертации;
- иллюстрации вспомогательного характера и др.

Каждое приложение следует размещать с новой страницы с указанием в центре верхней части страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» с его обозначением прописной буквой кириллического алфавита, начиная с А (за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь), обозначающей его последовательность.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают с прописной буквы полужирным шрифтом отдельной строкой по центру без точки в конце.

Примечание – В качестве последнего приложения в текстовую часть ВКР включают (подшивают) листы графических разработок, выполненные по стандартам систем ОНВ и ЕСКД с помощью компьютерной техники на листах формата А1 (при необходимости допускается использование других форматов), распечатанные на писчей бумаге форматов А4 или А3 и подписанные в установленном порядке (см. раздел VI).

Технологическая документация, разработанная в соответствии с требованиями стандартов ЕСТПП и ЕСТД, оформляется отдельной книгой и также подписывается.

Объем магистерской диссертации не лимитируется, но в среднем составляет примерно 100–120 страниц текста. Сюда входят такие части (разделы) МД, как введение, выводы, список использованных источников и рекомендуемой литературы и, конечно, основная часть. Титульный лист и страницы с оглавлением не включают в это перечисление.

Каждая глава магистерской диссертации должна содержать не менее двух параграфов. Общий объем МД – без приложения при структуре 3 главы: введение – 3–4 с., глава 1–20 с., глава 2–25 с., глава 3–25 с., заключение – 3–4 с., список литературы – не менее 50 наименований.

V ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ¹⁷

Общие положения

Страницы текста МД и включенные в диссертацию иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы. Допускаются иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ на листах формата А3.

МД должна быть выполнена с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ на одной стороне белой бумаги через полтора интервала шрифтом Times New Roman, кегль 12 или 13. Отступы для полей должны быть такими: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху 15 мм, снизу 20 мм (42 строки на странице, 62–66 знаков в строке).

Наименования структурных элементов МД служат их заголовками, которые располагают в середине строки без точки в конце и печатают прописными(заглавными) буквами, не подчеркивая.

Заголовки пунктов и подпунктов начинают с абзацного отступа и печатают при выполнении диссертации машинописным способом с прописной буквы в разрядку, не подчеркивая, без точки в конце. При компьютерном наборе заголовки разделов, подразделов, пунктов и подпунктов печатают шрифтами, размеры которых уменьшаются в указанной последовательности рубрик.

Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы слов в заголовках не допускаются. Расстояние между заголовками структурных элементов МД и разделов основной части и текстом должно быть не менее трех интервалов.

¹⁷ В основу раздела положены ГОСТ 7.32-2017 Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления [25] и ГОСТ Р 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам 26], а также сведения из [27; 28].

Страницы МД нумеруют арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту диссертации. Номер страницы проставляют в правом верхнем углу без точки в конце. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц, но номер страницы на нем не проставляют.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, и распечатки с ЭВМ включают в общую нумерацию страниц МД. Иллюстрации, таблицы и распечатки на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

Нумерация разделов, подразделов, пунктов, подпунктов

Разделы, подразделы, пункты и подпункты МД нумеруют арабскими цифрами.

Разделы МД должны иметь порядковую нумерацию в пределах основной части диссертации и обозначаться арабскими цифрами с точкой, например: 1, 2, 3 и т. д.

Подразделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого раздела основной части МД. Номер подраздела включает номер раздела и порядковый номер подраздела, разделенный точкой, например: 1.1, 1.2, 1.3 и т. д. (первый, второй, третий ... подраздел первого раздела).

Пункты должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого подраздела. Номер пункта включает номера раздела, подраздела и порядковый номер пункта, разделенные точками, например: 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3 и т. д. (первый, второй, третий пункт второго подраздела первого раздела).

Если раздел или подраздел имеет только один пункт или пункт имеет только один подпункт, то нумеровать пункт или подпункт не следует.

Иллюстрации

Материалы (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки), иллюстрирующие содержание диссертации, располагают непосред-

ственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Они помечаются подрисуночной надписью, например: «Рисунок 1 – Наименование иллюстрации с прописной буквы (Схема ..., График ..., Фото ... и т. д.)» и нумеруются сквозной нумерацией, однако допустимо нумеровать их и в пределах раздела. Во втором случае номер иллюстрации содержит две цифры, разделённые точкой: номер раздел и порядковый номер рисунка. Если есть необходимость, то подрисуночную надпись иллюстрации можно дополнить пояснениями.

На все иллюстрации должны быть даны ссылки в диссертации в виде слова «рисунок» и его номера или, например: «в соответствии с рисунком 2» и т. п. Чертежи, графики, диаграммы, схемы, помещаемые в отчете, должны соответствовать требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Иллюстрации лучше выполнять на одной странице. Если иллюстрация не уместится на одной странице, можно переносить ее на другие страницы, при этом номер и название иллюстрации помещают на первой странице, на каждой следующей странице пишут «Рисунок ..., лист ...» и далее указывают поясняющие данные к этому листу иллюстрации.

Таблицы

Такой формат в исследовании используют для того, чтобы удобно и наглядно представить цифровой материал, сравнивать показатели. Название таблицы пишется вверху слева без абзаца в одной строке с её номером. Заголовок таблицы пишут с прописной буквы и не подчеркивают. Делить заголовки таблицы по диагонали не допускается. Таблицу располагают в МД непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. По возможности таблицы не разрывают. На все таблицы должны быть ссылки в диссертации.

Все таблицы, кроме тех, которые в приложении, отмечаются

арабскими цифрами сквозным методом нумерации. Если в диссертации одна таблица, ее не нумеруют.

Формулы и уравнения

Формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку, оставляя перед ними и после них не менее одной свободной строки. Переносят уравнения (формулы) на следующую строку после знаков (=), (+), (-), (\cdot), ($:$) или других, повторяя их на новой строке. При переносе формулы на знаке умножения (\cdot), применяют знак (x).

Порядковую нумерацию формул в МД в пределах всей диссертации арабскими цифрами в круглых скобках располагают в крайней правой позиции на строке. Формулы, находящиеся в приложениях, нумеруются отдельно в каждом из них с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения (например, В.1).

Экспликацию (расшифровку приведенных в левой и правой частях формулы буквенных обозначений величин) дают непосредственно под формулой, опуская общепринятые понятия. Повторяющиеся обозначения можно не расшифровывать, если формулы расположены близко друг к другу. Последовательность расшифровки буквенных обозначений должна соответствовать порядку их расположения в формуле.

Если правая часть формулы является дробью, то сначала поясняют обозначения величин, помещенных в числителе, в том же порядке, что и в формуле, а затем – в знаменателе.

После формулы перед экспликацией ставят запятую, затем с новой строки от левого края листа слово «где» (без двоеточия после него), за ним обозначение первой величины и после тире его расшифровку, далее каждое следующее обозначение и его расшифровку. В конце каждой расшифровки ставят точку с запятой, а в конце последней – точку.

Обозначение физической величины в каждой расшифровке отделяют запятой от текста расшифровки, например:

Итак, получаем соотношение $Q = (Wc_B + G_M c_M) \Delta t$,

где Q – аккумулярующая способность нагревательного устройства, ГДж;

W – количество воды в прямом подающем трубопроводе, т;

c_B и c_M – удельная теплоемкость соответственно воды и металла, кДж/(кг.К);

G_M – масса металла отопительных систем, т;

Δt – изменение температуры сетевой воды на выходе из ТЭЦ, °С.

Перечисления

Перечисления следует нумеровать порядковой нумерацией арабскими цифрами со скобкой, например: 1), 2), 3) ... и печатать строчными буквами с абзацного отступа. В пределах одного пункта или подпункта не рекомендуется более одной группы перечислений.

Примечания

В диссертации примечания используют при необходимости пояснения содержания текста, таблицы или иллюстрации, размещая их непосредственно после текстового, графического материала или таблицы, к которым относятся эти примечания и печатают с прописной буквы с абзацного отступа.

Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и текст примечания печатают с прописной буквы. Одно примечание не нумеруется. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без точки. Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзацного отступа и не подчеркивать, т. е. так:

Примечание – Локально введенные коды обеспечивают ...

Несколько примечаний следует нумеровать в порядке их следования арабскими цифрами без точки, например:

Примечания

1 Силой резания называют ...

2 Аппроксимация (от лат. *proxima* – ближайшая) или приближение – научный метод, состоящий в замене одних объектов другими, близкими по смыслу, но более простыми.

При необходимости дополнительного пояснения в МД допускается использовать примечание, оформленное в виде сноски. Знак сноски ставят без пробела непосредственно после того слова, числа, символа, предложения, к которому дается пояснение. Знак сноски указывается надстрочно арабскими цифрами или звездочкой – *, а ее текст располагают с абзацного отступа в конце страницы, на которой приведено поясняемое слово (словосочетание или данные), отделив от текста короткой сплошной тонкой горизонтальной линией с левой стороны страницы.

Ссылки

Ссылки на источники указывают порядковым номером по списку источников, выделенных двумя квадратными скобками, например: [3], [27; 28].

Ссылки на разделы, подразделы, пункты, подпункты, иллюстрации, таблицы, формулы, уравнения, перечисления, приложения указывают их порядковым номером, например: «... в разделе 4», «... по пункту 3.2.4», «... в подпункте 2.3,5.1, перечисление 3», «... по формуле (6)», «... уравнение (3)», «... на рисунке 7», «... в приложении 5».

Ссылки на стандарты, технические условия, методические указания, инструкции и другие подобные материалы делают на документ в целом или на его разделы, приложения с указанием обозначения и наименования документа, номера и наименования раздела, приложения. Ссылки на отдельные подразделы, пункты и иллюстрации этих документов не допускаются.

Текст диссертации должен быть написан грамотным литературным языком с применением слов и словосочетаний, составляющих основу языка науки (приложение Л) и с соблюдением стандартов на технические термины (приложение М).

Готовая работа представляется в твердом переплете.

В качестве примера оформления МД можно использовать данное пособие.

VI ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ¹⁸

VI.1 Основные документы, представляемые в Государственную аттестационную комиссию

Защита магистерской диссертации в вузах, имеющих государственную аккредитацию, происходит публично на заседании Государственной аттестационной комиссии (ГАК). Основная задача ГАК – обеспечить профессиональную объективную оценку компетенций, научных знаний и практических навыков выпускников магистратуры, основываясь на экспертизе содержания магистерской диссертации и оценке умения соискателя представлять и защищать ее положения.

Полностью подготовленная к защите магистерская диссертация (на бумажном и электронном носителе), включающая пояснительную записку (ПЗ) и графические материалы, иллюстрирующие ее результаты, подписанные самим магистрантом, его научным руководителем, консультантами (при их наличии), преподавателем, осуществляющим нормоконтроль, заведующим кафедрой, передается на внешнее рецензирование.

Рецензент, назначенный из специалистов той области знания, по тематике которой выполнено диссертационное исследование, обязан провести квалифицированный анализ существа и основных положений рецензируемой диссертации, оценить актуальность избранной темы, самостоятельность подхода к ее раскрытию, наличие собственной точки зрения, умение пользоваться методами научного исследования,

¹⁸ К государственной итоговой аттестации допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший индивидуальный учебный план, если иное не установлено порядком проведения государственной итоговой аттестации по соответствующим образовательным программам – ст.38 Приказа Минобрнауки России от 06.04 2021 г. № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»

степень обоснованности выводов и рекомендаций, достоверность полученных результатов, их новизну и практическую значимость, а также отметить недостатки, если они имеются.

Рекомендуемый минимальный объем и примерный перечень сведений, излагаемых в рецензии, приведен в приложении Н «Памятка рецензенту магистерской диссертации».

Рецензия должна быть представлена в установленные до защиты МД сроки. Ее содержание обязательно полностью оглашается на заседании Государственной аттестационной комиссии (ГАК) при обсуждении результатов защиты.

Кроме того, рецензия на диссертационную работу заранее доводится до сведения ее автора с тем, чтобы он мог заранее подготовить ответы по существу сделанных рецензентом замечаний (принять или аргументированно их отвести).

После получения рецензии никакие исправления в диссертации не допускаются.

Свой письменный отзыв на МД в ГАК передает и научный руководитель магистранта. Пишется отзыв в произвольной форме, однако некоторые положения в нем рекомендуется отметить, а именно:

- соответствие выполненной диссертации специальностям и отрасли науки, по которым ГАК предоставлено право проведения защиты магистерских диссертаций;

- актуальность, теоретический уровень и практическую значимость, полноту, глубину и оригинальность решения поставленных вопросов;

- готовности МД к защите;

- степень соответствия диссертации требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам (ВКР) магистратуры.

Обязательной является также проверка ВКР на отсутствие заимствований (плагиата). Справка о результатах этой проверки, как и отзыв руководителя, прилагается к пояснительной записке.

Законченная ВКР (ПЗ в одном экземпляре, включающая утвержденное заведующим кафедрой задание и заверенная подписями, обозначенными на титульном листе и демонстрационно-графических материалах) и ее электронная версия (ПЗ в формате *.doc (*.docx) или *.pdf, программный продукт в форме дистрибутива и презентация доклада) вместе со справкой о выполнении индивидуального плана по профессиональной образовательной программе магистра, отзывом научного руководителя, рецензией специалиста и справкой о результатах проверки текстовой части ПЗ на наличие заимствований представляется в ГАК не позднее, чем за два календарных дня до защиты ВКР.

Выпускник может представить и другие материалы, характеризующие научную и практическую ценность диссертации (статьи, доклады, патенты, программные продукты, макеты, акты внедрения или промышленной апробации результатов работы и т. п.).

VI.2 Подготовка магистранта к выступлению на заседании ГАК

Основой подготовки магистранта к защите своей диссертации является написание тезисов доклада (речи) своего выступления на заседании ГАК. Составление этого документа – наиболее ответственный этап подготовки диссертации к защите, так как именно по содержанию доклада члены ГАК судят о качестве всей ВКР в целом.

Поэтому при работе над докладом необходимо учесть следующие рекомендации, выработанные практикой таких выступлений.

Доклад к защите магистерской диссертации (составляется автором обычно вместе с его научным руководителем), как и к любой другой ВКР, – это по сути дела ее автореферат объемом в среднем не более 5 машинописных страниц, исходя из отводимого времени (7–10 минут) на эту часть процедуры защиты.

В структурном отношении типовая речь на защиту магистерской диссертации состоит из вступительной части, краткой характеристики

ВКР в целом, основного раздела, рекомендаций и выводов по проделанной работе.

Во вступительной части магистрант приветствует членов комиссии, указывает название ВКР, собственное ФИО, данные о своем научном руководителе. Такое начало продиктовано необходимостью соблюдения выпускником магистратуры культурно-этических норм и является обязательным в ходе процесса защиты.

Далее излагаются общие сведения о магистерской диссертации, включающие ее суть и актуальность, цель и задачи исследования. В зависимости от темы работы, здесь могут быть приведены характеристики объекта, предмета исследования, а также научная гипотеза, на базе которой был составлен план ВКР. Дополнительно следует указать методы, при помощи которых получен фактический материал диссертационной работы, а также охарактеризовать ее состав и общую структуру. На эту информацию, учитывая ее важность, отводится не менее 3/4 страницы машинописного текста.

Основная часть (3–3,5 машинописных страницы) доклада посвящается краткому, но емкому представлению сути проведенного исследования, анализу и оценке полученных результатов с точки зрения их адекватности, эффективности и перспективы дальнейшего применения в исследуемой отрасли. Последовательность изложения этого раздела доклада должна совпадать с таковой магистерской диссертации: сначала следует общая характеристика методологии ВКР, затем сведения о выполненных теоретических и экспериментальных исследованиях, краткое описание полученных результатов, их анализ и, наконец, выводы по ним с критическим сопоставлением и оценкой с аналогами предшествующих работ.

В заключительной части доклада целесообразно перечислить только общие выводы, сформулированные в диссертации (без обобщений, сделанных при характеристике глав основной ее части), и основные рекомендации, разработанные по итогам практической апробации результатов ВКР, которые, в случае их внедрения в производство, могли

бы послужить развитию науки и практики той области, которой посвящена тема диссертации.

Здесь же желательно высказать свое представление о возможном направлении и способах дальнейшего развития исследований по теме.

Для наглядности наиболее важная информация доклада по магистерской диссертации сопровождается электронной презентацией. При этом все материалы, выносимые на схемы и чертежи, должны быть оформлены так, чтобы магистрант мог их свободно демонстрировать и они были читаемы всеми присутствующими на защите.

В качестве заключительной фразы, свидетельствующей, что магистрант заканчивает доклад, можно рекомендовать предложение: «Диссертация заканчивается списком литературы, насчитывающим ... названий и ... приложений».

Кроме того, важно не забыть выразить благодарность членам ГАК за внимание к Вашему выступлению. Это тоже норма этики.

VI.3 Процедура публичной защиты магистерской диссертации¹⁹

Порядок и продолжительность защиты магистерской диссертации устанавливается ученым советом высшего учебного заведения, однако общие принципы этой процедуры везде одинаковы. Основные из них следующие:

1 Объявление председательствующего о защите диссертации с указанием ее названия, фамилии, имени и отчества ее автора, наличия необходимых в деле документов и представление ее автора, включающее сведения об его успеваемости, публикациях и выступлениях на

¹⁹ *Магистрант не допускается к защите ВКР, если она не соответствует выданному заданию; не прошла нормоконтроль (оформление ПЗ и графических разработок не соответствует действующим стандартам); не прошла проверку на наличие заимствований и в ней не раскрыта ее тема, а также в случае установления факта самостоятельного выполнения отдельных разделов или всей ВКР. Окончательное решение о допуске к защите принимает заведующий выпускающей кафедрой. Допуск к защите фиксируется его подписью на титульном листе ПЗ.*

тему диссертации на конференциях и заседаниях научных обществ, научных кружков и т. п.

2 Выступление научного руководителя ВКР, в котором оценивается отношение магистранта к работе над диссертацией, могут быть затронуты и другие стороны его личности.

3 Доклад магистранта в течение 7–10 мин.

4 Оглашение отзывов руководителя ВКР, если не было предусмотрено его выступление перед докладом магистранта, и рецензента, ответы автора МД на замечания в них.

5 Вопросы членов ГАК и ответы магистранта на эти вопросы.

Защита магистерской диссертации проходит в форме устной дискуссии с соблюдением этических норм, в процессе которой магистранту могут быть заданы любые вопросы по проблемам, затронутым в МД, методам исследования, уточняющие результаты и процедуру экспериментальной работы и т. п. При этом особое внимание обращается на достоверность и обоснованность всех выводов и рекомендаций научного и практического характера, содержащихся в диссертации. Право на участие в обсуждении ВКР имеют все присутствующие на защите.

По завершении дискуссии по желанию магистранта ему может быть предоставлено заключительное слово. Этим заканчивается основная часть процедуры защиты магистерской диссертации.

Подведение итогов всех защит, запланированных на конкретное заседание, и принятие решения об их оценке²⁰ осуществляется на закрытом совещании членов ГАК.

Это решение по каждой защите принимается простым большинством голосов членов комиссии, участвующих в заседании. При равном числе голосов голос председателя является решающим. После чего

²⁰ В соответствии с Положением об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений в Российской Федерации результаты защиты определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», которые объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке предусмотренного процедурой защиты протокола.

председатель объявляет эту оценку и, если она положительная, сообщает, что защитившемуся присуждается академическая степень магистра. В противном случае защита МД признается неудовлетворительной, а ГАК устанавливает, может ли магистрант представить к повторной защите ту же работу с доработкой, определяемой комиссией, или же обязан разработать новую тему, которая определяется выпускающей кафедрой, и закрывает совещание.

После оформления протоколов рабочего заседания результаты защит ВКР объявляет председатель ГАК на открытом заседании в конце работы комиссии.

Магистрант, получивший при защите МД неудовлетворительную оценку, отчисляется из университета и направляется на работу в порядке, установленном для молодых специалистов. Он допускается к повторной защите диссертации в течение трех лет после окончания вуза при представлении положительной характеристики с места работы, отвечающей профилю подготовки в вузе (по приказу ректора).

Магистрантам, не защитившим МД по уважительно причине (документально подтвержденной), ректор вуза может увеличить срок обучения до следующей сессии ГАК, но не более одного года.

VII ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ НАПИСАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

VII.1 Научно-техническая информация

Исходная информация должна всестороннее и исчерпывающе характеризовать объект (предмет) предстоящего исследования – устройство (машину, аппарат, прибор и т. п.) или способ (технологический процесс или технологическую операцию). Эту информацию подбирают, изучают, анализируют и обобщают в течение всего периода обучения в магистратуре, предшествующего написанию диссертации. Используемая при этом руководящая и справочная информация включает научно-техническую, в том числе информацию, полученную в результате патентных исследований²¹, стандарты всех уровней на технологические процессы и методы управления ими, методы испытаний и контроля, технологические нормативы по расходу материалов, выбору и расчету режимов обработки, нормированию технологических процессов и операций и др., а также материалы исследований, выполненных ранее по теме диссертации.

Самые значительные базы данных научно-технической информации (НТИ) по машиностроению сформированы:

- в Российской национальной библиотеке (РНБ) – держателе реферативной русскоязычной базы данных (БД) по естественным, точным и техническим наукам (<http://nlr.ru/>). Включает материалы рефе-

²¹ *Патентные исследования* – прикладные комплексные научные исследования в сфере интеллектуальной собственности, включающие поиск, анализ и систематизацию патентной и иной информации в целях выявления уровня техники, патентоспособности, патентной чистоты результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и объектов интеллектуальной собственности, постановки продукции на производство, а также определения тенденций развития продукции и ее конкурентоспособности (эффективности использования по назначению).

ративных журналов (РЖ) Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ)²² с 1981 г. Частичный доступ к реферативным журналам можно получить на сайте www.elibrary.ru;

- Российской государственной библиотеке (РГБ), основной фонд которой содержит отечественные, докторские и кандидатские диссертации по всем отраслям знания, кроме медицины и фармации. Издания фонда отражены в каталогах отдела диссертаций (ОД), в едином электронном каталоге (ЭК), в электронной библиотеке (ЭБ) РГБ;

- Государственной публичной научно-технической библиотеке (ГПНТБ) России – центральном органе НТИ, государственном депозитарии отечественной и зарубежной научно-технической литературы, автоматизированном информационном центре и др., координационном центре по методологии комплектования, МБА, книгообмену среди научно-технических библиотек страны, головной организацией по ведению и развитию автоматизированной системы Российского сводного каталога по научно-технической литературе и Автоматизированной системы интегрированного сводного каталога НТИ;

– **Интегрированном сводном каталоге (ИСК)** – многофункциональной информационно-библиотечной сетевой системе взаимодействия библиотек, органов НТИ, библиотечных и информационных сетей и организаций, имеющих свои фонды НТИ и базы данных (БД).

Кроме того, изучается и периодика, например:

²²Список сводных томов и отдельных выпусков РЖ по тематике учебной и научной деятельности технических направлений Курганского государственного университета имеет следующий примерный состав:

01 Автоматика и вычислительная техника; 35 Вопросы технического прогресса и организации производства в машиностроении; 93 Вычислительные науки; 59 Информатика; 48 Машиностроительные материалы, конструкции и расчет деталей машин. Гидропривод; 32 Метрология и измерительная техника; 16 Механика; 98 Риск и безопасность; 37 Робототехника; 84 Системы, приборы и методы контроля качества окружающей среды; 78 Тепло- и массообмен; 81 Техническая кибернетика; 14 Технология машиностроения; Электроника; 21 Электротехника.

- «Вестник машиностроения» – научно-технический и производственный журнал издательства «Машиностроение»;

- «Известия высших учебных заведений. Серия машиностроение» – российский научный журнал. Издаётся с 1957 года и содержит следующие основные разделы: расчет и конструирование машин, транспортное и энергетическое машиностроение, технологии машиностроения, экономика, нанотехнологии, компьютерные технологии; разное;

- «Проблемы машиностроения и надежности машин». Журнал основан в 1965 г. и освещает общие вопросы машиноведения, механику машин, надежность, прочность, износостойкость машин и конструкций, новые прогрессивные технологии, автоматизацию и управление в машиностроении, мехатронику, техногенную безопасность машин и конструкций;

- «Сборка в машиностроении и приборостроении» – издание, посвященное процессам сборки, монтажа и производственной технологии в области машиностроения и приборостроения. Журнал информирует о новейших методах и технологиях, используемых в сфере сборки и монтажа различных механических и электронных устройств;

- СТИН (СТанки ИНструмент) – это обработка металлов резанием, автоматизация производства, технология машиностроения, металлорежущие станки и инструмент, системы управления, робототехника, информатика, гибкие производственные системы, мехатроника, современные методы обработки металлов, открытия, изобретения, новая техника, нанотехнологии в станкостроении.

VII.2 Патентные исследования

Учитывая особую важность патентных исследований (ПИ) в условиях рыночной экономики, а также издание в последнее время не-

скольких директивных документов в этой области, остановимся на вопросах ПИ более подробно.

Имущественные, а также связанные с ними личные неимущественные отношения, возникающие в связи с созданием, правовой охраной и использованием изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, регулируются частью 4 Гражданского кодекса Российской Федерации от 18 декабря 2006 г. № 230-ФЗ (*вступил в силу с 1 января 2008 г.*), регламентирующей правоотношения в области патентных прав.

Эта часть Кодекса, в частности раздел 7, посвящена правам на охраняемые результаты интеллектуальной деятельности (РИД) и средства индивидуализации.

Согласно статье 1225 этого раздела в перечень таких результатов интеллектуальной деятельности входят изобретения; полезные модели; промышленные образцы; программы для электронных вычислительных машин (программы для ЭВМ).

Именно результаты этих классов преимущественно получают в ходе выполнения квалификационных работ выпускники магистратуры технических направлений. Они могут претендовать на признание на них интеллектуальных прав, которые включают исключительное право, являющееся имущественным правом, а в случаях, предусмотренных настоящим Кодексом, также личными неимущественными правами и иными правами (право следования, право доступа и другие).

В этой же части:

1) даются определения:

- автора результата интеллектуальной деятельности – гражданин, творческим трудом которого создан такой результат.

- объекта патентных прав – результат интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, отвечающий требованиям к изобретениям и полезным моделям;

- патента (от лат. patens – открытый, ясный, очевидный) – охран- ный документ, удостоверяющий исключительное право, авторство и приоритет изобретения, полезной модели, промышленного образца либо селекционного достижения;

- изобретения – решение технической задачи, относящееся к ма- териальному объекту – продукту или процессу (способу) осуществле- ния действий над материальным объектом с помощью материальных средств;

- полезной модели – конструктивное выполнение средств произ- водства и предметов потребления, а также их составных частей;

- промышленного образца – художественно-конструкторское ре- шение изделия, определяющее его внешний вид;

2) описываются:

- правила получения патентов;

- условия предоставления изобретению правовой охраны и др.

В качестве объектов изобретений могут выступать: устройство, способ, вещество, штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных, а также применение известного ранее устройства по но- вому назначению.

Патент на изобретение действует в течение 20 лет, свидетельство на полезную модель – в течение 10 лет, патент на промышленный об- разец — в течение 5 лет, считая со дня поступления заявки в федераль- ный орган исполнительной власти по интеллектуальной собствен- сти [ст. 1363 ГК РФ (часть четвертая) от 18.12.2006 № 230-ФЗ (ред. от 30.01.2024)].

VII.2.1 Содержание патентных исследований

Патентные исследования, проводимые в Российской Федерации, регламентированы ГОСТ Р 15.011–2024 Интеллектуальная собствен- ность Патентные исследования. Содержание и порядок проведения [29].

Этот стандарт устанавливает понятие объекта ПИ²³, единые требования к организации, проведению, оформлению и использованию результатов ПИ и применяется во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и в учреждениях высшего образования.

При работе над МД результаты ПИ используют чаще всего для квалифицированного решения следующего комплекса вопросов:

- выявления существа и уровня научных, технических, конструкторских решений в избранной области знаний;
- постановки цели и задач предстоящих исследований;
- оценки научно-технического уровня и новизны предлагаемых в МД решений;
- разработки научно-технической, конструкторской, технологической, проектной документации;
- разработки документации, связанной с обеспечением охраны объектов промышленной собственности в стране и за границей (изобретения и заявки на получение патентов, полезные модели, промышленные образцы).

При написании МД наибольший интерес могут представлять следующие виды патентных исследований, предусмотренные ГОСТ Р 15.011–2024:

²³ **Объект патентных исследований** – объект научной, научно-технической, инновационной и хозяйственной деятельности (в том числе охраноспособный/охраняемый результаты интеллектуальной деятельности и права на них), а также хозяйственная деятельность (включая использование объектов интеллектуальной собственности и распоряжение правами на них) или продукция (работы/услуги)*, в том числе с использованием объектов интеллектуальной собственности, охарактеризованные в исходных данных, предоставленных для проведения исследования.

* Например, технологии, ее элементы, машины, приборы, оборудование, материал, объекты капитального строительства, научно-техническая продукция, способ осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств, технологические процессы, включая химические процессы, биотехнологические, сельскохозяйственные, медицинские препараты, способы лечения людей и животных и т. п.

1 На уровень техники²⁴ и определение тенденций развития (глубина поиска не менее 10 лет), включающий:

- анализ уровня техники в ведущих областях по техническому решению и главной функции объекта исследований и выявление тенденций его развития;

- выявление типичных и наиболее близких к объекту исследования технических решений, решаемых технических задач и требуемых технических результатов;

- проверку (при необходимости) наличия на интересующей территории патентов, которыми можно ограничивать ведение хозяйственной деятельности в той области, к которой относится объект исследования.

2 На патентоспособность²⁵ (глубина поиска не менее 20 лет) с целью:

- выявления аналогов и прототипа объекта исследований и/или его составных частей;

- выявления наличия или отсутствия в составе объекта исследований технического решения, решения внешнего вида изделия, которое может быть признано соответствующим критериям патентоспособности;

- подготовки предложений по выбору и обоснованию предпочтительного способа правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности РИД.

3 На патентную чистоту²⁶ (глубина поиска на срок действия патента в стране поиска):

²⁴ **Уровень техники** – любые сведения, ставшие общедоступными в мире до даты проведения патентного/информационного поиска в рамках патентных исследований (см.ч.4 ГК РФ № 230-ФЗ статьи 1350 и 1351).

²⁵ **Патентоспособность** – соответствие предполагаемого объекта промышленной собственности критериям, необходимым для получения правовой охраны по патентному законодательству конкретной страны (региона) [ГОСТ 34888-2022, статьи 67, 11].

²⁶ **Патентная чистота** – юридическое свойство объекта техники (технологии, ее элемента, изобретения, полезной модели, промышленного образца, селекционного достижения), заключающееся в том, что он может использоваться в данной стране без нарушения на ее

- для выявления действующих охранных документов (охранных документов, прекративших свое действие, но права на которые могут быть восстановлены; обнародованных патентных заявок) на решения, схожие с объектом исследования и/или его составными частями;

- проведения сопоставительного анализа объекта исследования с выявленными охранными документами;

- анализа патентной чистоты объекта исследования на предмет вероятности нарушения исключительных прав третьих лиц на данной территории.

При необходимости могут быть выполнены патентные исследования и с другими целями, так называемые целевые ПИ, к которым, например, относят:

- анализ стратегии охраны РИД и использования объектов интеллектуальной собственности²⁷ ОИС (патентной политики), в том числе в контексте направлений научно-исследовательской, научно-технической и инновационной деятельности организаций;

- анализ качества ОИС, оценку их текущей эффективности и перспектив использования;

- анализ средств индивидуализации на потенциальную охраноспособность, различительную способность, сходность до степени смешения и возможность правовой охраны (проверка на соответствие обозначения абсолютным или относительным основаниям для отказа в регистрации);

- анализ сложного ОИС, в том числе технологии, базы данных (БД) на выявление охраняемых и охраноспособных РИД в их составе;

- выявление лидеров (стран, компаний, изобретателей), внесших

территории охраняемых прав третьих лиц на объекты промышленной собственности, подтверждаемое на основании патентных исследований и отражаемое в патентном формуляре [ГОСТ 34888-2022, статья 67.12].

²⁷ **Объект интеллектуальной собственности** – охраняемый результат интеллектуальной деятельности в любой области творчества и приравненные к ним средства индивидуализации [ГОСТ 34888-2022, статья 2].

наиболее существенный вклад в развитие объектов исследования и (или) характеризующихся наиболее широкой географией патентной охраны РИД и их использования;

- анализ количества и географии полученных патентов-аналогов или заявок, поданных на основе первоначальной заявки;

- анализ патентно-лицензионной ситуации и выявление фактов распоряжения правами на охраняемые РИД и т. п.;

- исследование технического уровня объектов хозяйственной деятельности, выявление тенденций, обоснование прогноза их развития;

- исследование состояния рынков данной продукции, сложившейся патентной ситуации, характера национального производства в странах исследования;

- исследование требований потребителей к продукции и услугам;

- анализ деятельности хозяйствующего субъекта для определения оптимальных направлений развития его научно-технической, производственной и коммерческой деятельности, патентной и технической политики и обоснования мероприятий по их реализации;

- обоснование конкретных требований по совершенствованию существующей и созданию новой продукции и технологии, а также организации выполнения услуг;

- обоснование конкретных требований по обеспечению эффективности применения и конкурентоспособности продукции и услуг, обоснование проведения необходимых для этого работ и требований к их результатам;

- технико-экономический анализ и обоснование выбора технических, художественно-конструкторских решений (из числа известных объектов промышленной собственности), отвечающих требованиям создания новых и совершенствования существующих объектов техники и услуг;

- обоснование предложений о целесообразности разработки новых объектов промышленной собственности для использования в объ-

ектах техники, обеспечивающих достижение технических показателей, предусмотренных в техническом задании (тактико-техническом задании);

- выявление технических, художественно-конструкторских, программных и других решений, созданных в процессе выполнения научно-исследовательских работ (НИР) и опытно-конструкторских работ (ОКР), с целью отнесения их к охраноспособным объектам интеллектуальной собственности, в том числе промышленной;

- обоснование целесообразности правовой охраны объектов интеллектуальной собственности (в том числе промышленной) в стране и за рубежом, выбор патентования, регистрации;

- исследование патентной чистоты объектов техники (экспертиза объектов техники на патентную чистоту, обоснование мер по обеспечению их патентной чистоты и беспрепятственному производству и реализации объектов техники в стране и за рубежом).

VII.2.2 Порядок проведения патентных исследований

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.011-2024 порядок проведения ПИ включает следующие этапы:

- а) определение объекта исследований, цели, вида и задач ПИ;
- б) определение ответственного за ПИ (исполнителя ПИ) и сроков выполнения ПИ;
- в) формирование задания на проведение ПИ;
- г) определение требований к проводимому в рамках ПИ поиску и составление регламента поиска;
- д) проведение патентного и информационного поиска согласно регламенту поиска и составление отчета о поиске;
- е) анализ полученной в результате поиска информации;
- ж) подготовку выводов и рекомендаций на основе результатов поиска и проведенного анализа;

и) подготовку и оформление отчета о ПИ.

Поиск и отбор патентной информации ведут на основе изучения фондов опубликованных описаний изобретений и заявок. Классификационные рубрики, определяющие область поиска, находят по международной патентной классификации (МПК), международной (МКИ) и национальным (НКИ) классификациям изобретений.

Эти классификации распространяются на все области знаний, объекты которых могут подлежать защите охранными документами, и представляют собой единую систему классификации, охватывающую патенты на изобретения, включая патентные заявки, авторские свидетельства, полезные модели и свидетельства о полезности (именуемые общим термином «патентные документы»). МПК представляет собой эффективный инструмент для патентных ведомств и других потребителей (например, студентов), осуществляющих поиск патентных документов с целью установления новизны и оценки вклада изобретателя в заявленное техническое решение (включая оценку технической прогрессивности и полезного результата или полезности). МПК разделена на восемь разделов, обозначенных заглавными буквами латинского алфавита от А до Н. Каждый раздел делится на классы, а классы – последовательно на подклассы, группы и подгруппы.

Тематике МД, выполняемых студентами по магистерской программе 15.04.01, 15.04.05 и 27.04.06, более всего соответствует раздел «В» МПК – «Различные технологические процессы; транспортирование».

Все изобретения в Классификаторе сконцентрированы по целевому назначению в зависимости от области их применения. Обычно глубину поиска (ретроспективность) устанавливают для промышленных образцов 5 лет, полезных моделей – 10, изобретений – 20, а число стран ограничивают тремя–пятью, при этом обязательно включают изучение авторских свидетельств и патентов СССР и России.

В классификаторе также указаны индексы универсальной десятичной классификации (УДК).

Наиболее полными источниками патентной информации²⁸ на русском языке являются следующие издания:

- Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент). Сайт журнала: https://www1.fips.ru/publication_web/bulletins/IZPM;

²⁸ Для облегчения и ускорения поиска патентной информации рекомендуется использовать «Путеводитель по фондам патентной документации Центра «Всероссийская патентно-техническая библиотека (ВПТБ)» Федерального института промышленной собственности (ФИПС) и Интернет-ресурсам / составитель центр ВПТБ ФИПС. – Текст: электронный // ФИПС: официальный сайт. – URL: <https://new.fips.ru/about/vptb-otdelenievserossiyskaya-patentno-tekhnicheskaya-biblioteka/putevoditel-po-fondam-otdeleniya-vptb-fips-iinternet-resursam.php>.

ВПТБ ФИПС является крупнейшим центром патентной информации, главным хранилищем Государственного патентного фонда (ГПФ). ГПФ представляет собой совокупность систематизированных и снабженных справочно-поисковым аппаратом источников информации, относящихся к объектам промышленной собственности (изобретениям, полезным моделям, промышленным образцам, товарным знакам, знакам обслуживания и наименованиям мест происхождения товаров), а также зарегистрированным программам для ЭВМ, базам данных и топологиям интегральных микросхем. Фонд включает массивы патентной документации на бумаге, микроносителях, электронных носителях, а также ресурсы глобальной информационно-сетевой Интернет.

В настоящее время для экспертов и посетителей Центра ВПТБ доступна отечественная многофункциональная автоматизированная патентно-информационная система ИС «Поисковая платформа».

Материал расположен по странам и систематизирован в соответствии с основными разделами: 1 Изобретения; 2 Полезные модели; 3 Промышленные образцы; 4 Товарные знаки и наименования мест происхождения товаров; 5 Фирменные наименования; 6 Селекционные достижения; 7 Программы для ЭВМ и базы данных; 8 Топологии интегральных микросхем; 9 Авторское право и смежные права; 10 Открытия; 11 Рационализаторские предложения.

В начале каждого раздела Путеводителя размещен подраздел «Поисковые системы», который состоит из двух пунктов: 1) «Бесплатный патентный поиск в Интернете»; 2) «Поисковые системы и БД, доступ к которым предоставляется в ВПТБ».

Подраздел содержит общую информацию о БД национальных патентных ведомств, поисковых системах: ИС «Поисковая платформа», Espacenet, Patentscope, ЕАПАТИС, DesignView, Hague Express, TMview, Madrid Monitor, Lisbon Express.

Более подробная информация о составе и охвате данных (виды документов и периоды времени) представлена по каждой стране отдельно.

- Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент). Сайт журнала: <https://www1.fips.ru/publication-web/bulletins/PrEVM>;

- «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки» – Официальный Бюллетень государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий;

- бюллетень «Изобретения за рубежом» – объединенные издания бюллетеней патентных ведомств Великобритании, США, Франции, ФРГ, Японии;

- реферативный журнал «Изобретения стран мира» – серия журналов, содержащая патентную информацию на русском языке, опубликованную в официальных бюллетенях ВОИС, ЕПВ, ЕАПВ, России. В каждый выпуск включены следующие страны: DE (Германия); FR (Франция); GB (Англия); EP (Европейское патентное ведомство); WO (Всемирная организация интеллектуальной собственности); RU (Россия); ЕПВ (Евразийское патентное ведомство);

- электронные базы данных: Европейского патентного ведомства (<http://ru.espacenet.com>); Американского патентного ведомства (<http://www.uspto.gov>); JPO JPDL Японии (<http://www.ipdl.inpit.go.jp>); PATENTSCOPE^R search service ВОИС (Всемирная организация интеллектуальной собственности) <http://www.wipo.int/pctdb>;

- реферативный журнал (РЖ), раздел 14 «Технология машиностроения»;

- описания изобретений в региональных библиотеках, центрах стандартизации научно-технической информации, организациях и фирмах, занимающихся сбором, изучением и распространением информации;

- патентные формуляры и карты технического уровня спроектированных изделий (машин, приборов и др.).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – Москва : Наука, 1976. – 279 с.

2 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/271247> (дата обращения: 13.06.2023).

3 Боровский Г. В. Справочник инструментальщика / Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов ; под общ. ред. А. Р. Маслова. – Москва : Машиностроение, 2005. – 464 с.

4 Васильев А. С. Выбор заготовок в машиностроении : учеб. пособие / А. С. Васильев, А. И. Кондаков. – Москва : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 80 с.

5 Ведмидь П. А. Основы NX САМ / П. А. Ведмидь. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 216 с.

6 Ведмидь П. А. Программирование обработки в NX САМ / П. А. Ведмидь, А. В. Сулинов. – Москва : ДМК Пресс, 2014. – 304 с.

7 Гончаров П. С. NX для конструктора машиностроителя + CD / П. С. Гончаров, М. Ю. Ельцов, С. Б. Коршиков. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 504 с.

8 Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 431 с.

9 Гречишников В. А. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства : учеб. для вузов / В. А. Гречишников, А. Р. Маслов, Ю. М. Соломенцев. – Москва : Высшая школа, 2001. – 271 с.

10 Григорьев С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : справ. / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под ред. А. Р. Маслова. – Москва : Машиностроение, 2006. – 544 с.

11 Гузеев В. И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справ. / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. – Москва : Машиностроение, 2005. – 368 с.

12 Гусев А. А. Технологическая оснастка : учеб. пособие для вузов / А. А. Гусев, И. А. Гусева. – Москва : Изд-во МГТУ «СТАНКИН» ; Янус-К, 2007. – 372 с.

13 Каталог фирмы KIPP. Зажимные приспособления. 2021. – URL: https://www.kipp.com/ru/ru/KIPP-Clamping-Technology_2021-RU-web (дата обращения: 15.05.2024).

14 Каталоги фирмы Mitsubishi // Mitsubishi Materials : интернет-каталог. – URL: <http://www.mitsubishicarbide.net/mmus/enus/> (дата обращения: 15.05.2024).

15 Каталоги фирмы Сандвик. Инструмент SANDVIK Coromant // Columbuss : интернет-каталог. – URL: <http://www.columbuss.ru> (дата обращения: 13.04.2024).

16 Ковшов А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 320 с.

17 Кожевников Д. В. Режущий инструмент : учеб. для вузов / Д. В. Гречишников, С. В. Кирсанов, В. И. Кокарев, А. Г. Схиртладзе ; под ред. С. В. Кирсанова. – Москва : Машиностроение, 2005. – 528 с.

18 Кондратьева М. Н. Экономика, организация производства и управление промышленным предприятием : учеб. пособие / М. Н. Кондратьева, А. П. Пинков, Т. Н. Рогова. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2015. – 235 с.

19 Крупенников О. Г. Высокие технологии в машиностроении : учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины и выполнению курсового проекта / О. Г. Крупенников, О.И. Морозов. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2018. – 79 с.

20 Маслов А. Р. Приспособления для металлообрабатывающего инструмента : справ. / А. Р. Маслов. – Москва : Машиностроение, 2008. – 319 с.

21 Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 512 с.

22 Михайлов А. В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств : учеб. пособие / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. – Старый Оскол : ТНТ, 2012. – 333 с.

23 Муслина Г. Р. Выпускная квалификационная работа. Магистратура : учеб. пособие / Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков, В. П. Табаков. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2023. – 94 с.

24 Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – Москва : Машиностроение : Машиностроение-1, 2004. – 784 с.

24 Правиков Ю. М. Метрология и метрологическое обеспечение производства : учеб. пособие / Ю. М. Правиков, Г. Р. Муслина. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2020. – 265 с.

25 Принципы формирования и технологии нанесения износостойких покрытий режущего инструмента : учеб. пособие / В. П. Табаков, А. С. Верещака, С. Н. Григорьев, А. А. Верещака. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2023. – 215 с.

26 Размерный анализ в машиностроении / С. Г. Емельянов, А. М. Рудской, П. Н. Нечаев [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2012. – 330 с.

27 Расчеты экономической эффективности новой техники : справ. / под общ. ред. К. М. Великанова. – Ленинград : Машиностроение, 1990. – 448 с.

28 Режущие инструменты : учеб. пособие / В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Г. Схиртладзе, В. А. Иванов, В. К. Перевозников. – Старый Оскол : ТНТ, 2008. – 388 с.

29 Рыжков И. Б. Основы научных исследований и изобретательства : учеб. пособие / И. Б. Рыжков. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 224 с.

30 Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием : справ. / под общ. ред. Л. В. Худобина. – Москва : Машиностроение, 2006. – 544 с.

31 Смольянинов А. В. Подготовка магистерской диссертации и ее защита : метод. рекомендации / А. В. Смольянинов, В. Ф. Лапшин. – Екатеринбург : УрГУПС, 2010. – 100 с.

32 Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова : в 2 т. Т. 1. – Москва : Машиностроение-1, 2001. – 912 с.

33 Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова : в 2 т. Т. 2. – Москва : Машиностроение-1, 2001. – 944 с.

34 Справочник технолога / А. Г. Сулов, В. Ф. Безъязычный, Б. М. Базров [и др.] ; под общ. ред. А. Г. Сулова. – Москва : Инновационное машиностроение, 2019. – 800 с.

35 Технология обработки металлов резанием : учеб. пособие / Sandvik Coromant, 2017. – 391 с.

36 Тимирязев В. А. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств : учеб. / В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, Н. П. Солнышкин, С. И. Дмитриев. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 384 с.

37 Харламов Г. А. Припуски на механическую обработку : справ. / Г. А. Харламов, А. С. Тарапанов. – Москва : Машиностроение, 2013. – 255 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Уровень высшего образования магистратура – направление подготовки 15.04.01 Машиностроение, направленность: Технология, оборудование и компьютерный инжиниринг автоматизированного машиностроения. Утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14 августа 2020 г. № 1025. – URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-15-04-01-mashinostroenie-1025> (дата обращения: 16.05.2024).

2 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Уровень высшего образования магистратура – направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, направленность: Технология машиностроения. Утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 17 августа 2020 г. № 1845.

3 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Уровень высшего образования магистратура – направление подготовки 27.04.06 Организация и управление наукоемкими производствами. Утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 11 августа 2020 г. № 940.

4 Аверченков В. И. Основы научного творчества : учеб. пособие / В. И. Аверченков, Ю. А. Малахов. – Москва : Флинта, 2011. – 156 с.

5 ГОСТ 24026-80 «Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения». – Москва, 1980 // Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/cataloginter> (дата обращения: 16.05.2024).

6 ГОСТ Р 50.1.040-2002 «Статистические методы. Планирование экспериментов. Термины и определения». – Москва, 2002 //

GOSTRF.com : ГОСТы. Нормативы <http://gostrf.com/normadata/1/4294845/4294845336.htm> (дата обращения: 16.05.2024).

7 Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках / А. М. Гильман, Л. А. Брахман, Д. И. Батищев [и др.] ; под ред. М. И. Клушина. – Москва : Машиностроение, 1972. – 188 с.

8 Васильев В. И. Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении / В. И. Васильев. – Москва : Машиностроение, 1964. – 203 с.

9 Реброва И. А. Планирование эксперимента: учебное пособие / И. А. Реброва. – 2-е изд., доработанное, исправленное. – Омск : СибАДИ, 2022.

10 Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. – 2-е изд., переработанное и дополненное. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 495 с.

11 Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента : учебное пособие / Н. А. Спиринов, В. В. Лавров, Л. А. Зайнуллин [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Спирина. – Екатеринбург : ООО «УИНЦ», 2015. – 290 с.

12 Воронина О. А. Эксперимент при конструировании и технологии электронных средств: планирование, проведение, анализ : учебное пособие / О. А. Воронина, В. А. Лобанова. – Орёл : ОГУ имени И. С. Тургенева, 2019. – 282 с.

13 Зедгенидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгенидзе. – Москва : Наука, 1976. – 390 с.

14 Любомудров В. Н. Абразивные инструменты и их изготовление / Любомудров В. Н. [и др.]. – Москва ; Ленинград : Машгиз, 1953. – 376 с.

15 Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – Москва : Наука, 1976. – 279 с.

16 Алабин М. А. Корреляционно-регрессионный анализ статистических данных в двигателестроении / М. А. Алабин, А. Б. Ройтман. – Москва : Машиностроение, 1974. – 122 с.

17 Ашмарин И. П. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов / И. П. Ашмарин, Н. М. Васильев, В. А. Алебасов. – Ленинград : Изд-во ун-та, 1974. – 76 с.

18 Оценка экономической эффективности проектных решений : методические указания к расчету экономической эффективности технологической и конструкторской разработок дипломных проектов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / ИВГПУ ; сост. : Н. В. Дудкова, А. В. Маркелов, В. А. Масленников. – Иваново, 2014. – 35 с.

19 Викторова А. Н. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов научно-исследовательского профиля : метод. указания / сост. А. Н. Викторова. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 36 с.

20 Техничко-экономическое обоснование создания автоматизированных систем и программных продуктов : метод. указания / сост. В. П. Куренкова. – Самара : Изд-во СГАУ, 2006. – 48 с.

21 Экономическая эффективность технических решений : учебное пособие / С. Г. Баранчикова [и др.] ; под общ. ред. проф. И. В. Ершовой. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 140 с.

22 Расчеты экономической эффективности новой техники : справочник / К. М. Великанов [и др.] ; под ред. К. М. Великанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1990. – 445 с.

23 Алиакберова Л. Ф. Современные программные продукты для анализа данных / Л. Ф. Алиакберова // Молодой ученый. – 2021. – № 37 (379). – С. 13-17. – URL: <https://moluch.ru/archive/379/83970/> (дата обращения: 03.05.2024).

24 ГОСТ 7.32-2017 СИБИБД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

25 ГОСТ 7.32-2017 Межгосударственный стандарт. Система

стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

26 ГОСТ Р 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

27 Худобин Л. В. Магистратура и магистерская диссертация по технологии машиностроения : учебное пособие / Л. В. Худобин. – Ульяновск : УлГТУ, 2001. – 89 с.

28 Требования к разработке, оформлению и защите магистерских диссертаций : учеб.-метод. пособие к выполнению магистерских диссертаций / сост. Е. П. Горбанева. – Воронеж, 2020. – 50 с

29 ГОСТ Р 15.011-2024 «Интеллектуальная собственность. Патентные исследования Содержание и порядок проведения». – Москва, 2024 // Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational> (дата обращения: 16.05.2024).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Термины и определения, используемые в профессиональных стандартах

1 Область профессиональной деятельности – совокупность видов трудовой деятельности, имеющая общую интеграционную основу и предполагающая схожий набор компетенций для их выполнения. Корреспондируется с одним или несколькими видами экономической деятельности.

2 Вид профессиональной (трудовой) деятельности – совокупность обобщенных трудовых функций, имеющих близкий характер, результаты и условия труда.

3 Обобщенная трудовая функция – совокупность связанных между собой трудовых функций, сложившаяся в результате разделения труда в конкретном производственном или бизнес-процессе.

4 Трудовая функция – система трудовых действий в рамках обобщенной трудовой функции, представляющая собой интегрированный и относительно автономный набор трудовых действий, определяемых бизнес-процессом и предполагающих наличие необходимых компетенций для их выполнения.

5 Трудовое действие – процесс взаимодействия работника с предметом труда, при котором достигается определенная задача.

6 Единица профессионального стандарта – структурный элемент профессионального стандарта, содержащий развернутую характеристику конкретной трудовой функции, которая является целостной, завершенной, относительно автономной и значимой для данного вида трудовой деятельности.

7 Уровень квалификации/Квалификационный уровень –

1) обобщенные требования к знаниям, умениям и широким компетенциям работников, дифференцируемые по параметрам сложности, нестандартности трудовых действий, ответственности и самостоятельности; 2) критерии результата обучения, что в настоящее время становится доминирующим принципом, поскольку только на его основе можно построить сопоставимые рамки квалификации.

8 Квалификация – это:

1) готовность работника к качественному выполнению конкретных функций в рамках определенного вида трудовой деятельности;

2) официальное признание (в виде сертификата) освоения компетенций, соответствующих требованиям к выполнению трудовой деятельности в рамках конкретной профессии (требований профессионального стандарта).

9 Компетенция – совокупность знаний, умений, опыта и отношений/ценностных установок.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень

профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу магистратуры

1 Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение», направленность: «Технология, оборудование и компьютер- ный инжиниринг автоматизированного машиностроения»

Выпускник данного направления может работать на должности, требующей по соответствующему профстандарту квалификации специалиста:

по автоматизации и механизации технологических процессов механо-сборочного производства – профстандарт 28.003 (Приказ Минтруда России от 31.03.2022 года № 190н);

технологиям и программам для станков с числовым программным управлением – профстандарт 40.013 (Приказ Минтруда России от

технологиям заготовительного производства – профстандарт 40.014 (Приказ Минтруда России от 12 декабря 2016 года № 727н);

- технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении – профстандарт 40.031 (Приказ Минтруда России от 13 марта 2017 года № 274н);

- проектированию технологической оснастки механосборочного производства – профстандарт 40.052 (Приказ Минтруда России от 13 марта 2017 года № 271н);

- наладке и испытаниям технологического оборудования термического производства – профстандарт 40.068 (Приказ Минтруда России от 2 июля 2019 года № 469н)

- автоматизированному проектированию технологических

процессов – профстандарт 40.083 (Приказ Минтруда России от 3 июля 2019 года № 478н);

- автоматизированной разработке технологий и программ для станков с числовым программным управлением – профстандарт 40.089 (приказ Минтруда России от 2 июля 2019 года № 463н);

- качеству механосборочного производства – профстандарт 40.090 (приказ Минтруда России от 15 июля 2019 года № 497н);

инструментальному обеспечению механосборочного производства – профстандарт 40.100 (приказ Минтруда России от 23 апреля 2018 года № 280н).

**2 Направление подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»,
направленность: «Технология машиностроения»**

Выпускник направления 15.04.05 может работать на должности, требующей, по соответствующему профстандарту, квалификации специалиста:

- по автоматизации и механизации механосборочного производства – профстандарт 28.003 (приказ Минтруда России от 18 июля 2019 года № 503н);

- оптимизации производственных процессов в тяжелом машиностроении – профстандарт 28.006 (приказ Минтруда России от 31 января 2017 года № 104н);

- оптимизации производственных процессов в станкостроении – профстандарт 28.007 (приказ Минтруда России от 31 января 2017 года № 105н);

- научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам – профстандарт 40.011(приказ Минтруда России от 4 марта 2014 года № 121н);

- разработке технологий и программ для станков с числовым программным управлением – профстандарт 40.013 (приказ Минтруда России от 13 марта 2017 года № 277н);

- технологиям заготовительного производства – профстандарт 40.014 (приказ Минтруда России от 11 апреля 2014 года № 221н);

- технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении – профстандарт 40.031 (приказ Минтруда России от 13 марта 2017 года № 274н);

- проектированию технологической оснастки механосборочного производства – профстандарт 40.052 (приказ Минтруда России от 13 марта 2017 года № 271н);

- наладке и испытаниям технологического оборудования термического производства – профстандарт 40.068 (приказ Минтруда России от 2 июля 2019 г. № 469н);

- наладке и испытаниям технологического оборудования механосборочного производства – профстандарт 40.069 (приказ Минтруда России от 11 декабря 2014 года № 1025н);

- проектированию нестандартного оборудования литейного производства – профстандарт 40.073 от 15 декабря 2014 года № 1039н);

- инструментальному обеспечению литейного производства – профстандарт 40.075 (приказ Минтруда России от 25 декабря 2014 года № 1116н);

- автоматизированному проектированию технологических процессов – профстандарт 40.083 (приказ Минтруда России от 3 июля 2019 года № 478н);

- инструментальному обеспечению кузнечного производства – профстандарт 40.088 (приказ Минтруда России от 25 декабря 2014 года. № 1154н);

- автоматизированной разработке технологий и программ для станков с числовым программным управлением – профстандарт 40.089 (приказ Минтруда России от 2 июля 2019 года № 463н);

- качеству механосборочного производства – профстандарт 40.090 (приказ Минтруда России от 15 июля 2019 года № 497н);

- инструментальному обеспечению механосборочного производства – профстандарт 40.100 (приказ Минтруда России от 23 апреля 2018 года № 280н);

- электрохимическим и электрофизическим методам обработки материалов – профстандарт 40.139 (приказ Минтруда России от 21 апреля 2016 года № 194н);

- проектированию гибких производственных систем в машиностроении – профстандарт 40.152 (приказ Минтруда России от 1 февраля 2017 года № 117н).

**3 Направление подготовки 27.04.06 «Организация и управление наукоемкими производствами,
направленность: «Менеджмент высоких технологий»**

Выпускник, получивший квалификацию (степень) магистра этого направления подготовки, может работать по соответствующему профстандарту на должности:

- руководитель проектов в области информационных технологий – профстандарт 06.016 (приказ Минтруда России от 18 ноября 2014 года № 893н);

- руководитель управляющей организации в атомной отрасли – профстандарт 24.035 (приказ Минтруда России от 27 июля 2015 года № 516н).

- инженер-исследователь в области судостроения и судоремонта – профстандарт 30.024 (приказ Минтруда России от 29 декабря 2015 года № 1175н).

Выпускник направления 27.04.06 может занимать также должности, требующие по соответствующему профстандарту квалификации специалиста:

- по менеджменту космических продуктов, услуг и технологий – профстандарт 25.004 (приказ Минтруда России от 12 февраля 2018 года № 74н);

- управлению проектами и программами в ракетно-космической промышленности – профстандарт 25.037 (приказ Минтруда России от 24 июля 2018 г. № 486н);

- инжинирингу машиностроительного производства – профстандарт 28.008 (приказ Минтруда России от 1 марта 2017 года № 218н);

- промышленному инжинирингу в автомобилестроении – профстандарт 31.001 (приказ Минтруда России от 13 октября 2014 года № 712н);

- управлению авиационными программами – профстандарт 32.005 (приказ Минтруда России от 21 декабря 2015 года № 1045н);

- управлению цепью поставок в авиастроении – профстандарт 32.007 (приказ Минтруда России от 21 декабря 2015 года № 1055н)

- стратегическому и тактическому планированию и организации производства – профстандарт 40.033 (приказ Минтруда России от 8 сентября 2014 года № 609н);

- по проектному управлению в области разработки и постановки производства полупроводниковых приборов и систем с использованием нанотехнологий – профстандарт 40.034 (приказ Минтруда России от 25 сентября 2014 года № 658н);

- организации сетей поставок машиностроительных организаций – профстандарт 40.084 (приказ Минтруда России от 25 декабря 2014 года № 1142н).

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Перечень наименований отраслей наук, ученых степеней и званий и их сокращений

Наименование	Сокращение
Архитектура	архит.
Биологические науки	биол.
Ветеринарные науки	вет.
Географические	геогр.
Геолого-минералогические	геол.-минерал.
Искусствоведение	иск.
Исторические науки	ист.
Культурология	культ.
Медицинские науки	мед.
Педагогические науки	пед.
Политические науки	полит.
Психологические науки	психол.
Сельскохозяйственные науки	с.-х.
Социологические науки	социол.
Технические	техн.
Фармацевтические науки	фарм.
Физико-математические	физ.-мат.
Филологические	филол.
Философские науки	филос.
Химические	хим.
Теология	теол.
Экономические науки	экон.
Юридические науки	юр.
Академик	акад.
Доктор	д-р наук
Доцент	доц.
Кандидат наук	канд. наук
Старший (младший) научный сотрудник	ст. (мл.) науч. сотр.
Член-корреспондент	чл.кор.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Классификатор областей науки и групп научных специальностей в соответствии с отраслями науки, по которым присуждаются ученые степени

Шифр и наименование области науки	Шифр и наименование группы научных специальностей	Наименование отраслей науки, по которым присуждаются ученые степени
1 Естественные	1.1 Математика и механика	Физико-математические Технические Биологические
	1.2 Компьютерные науки и информатика	Физико-математические Технические
	1.3 Физические науки	Физико-математические Технические Химические
	1.4 Химические науки	Химические Технические Физико-математические Биологические Медицинские
	1.5 Биологические науки	Биологические Медицинские Физико-математические Ветеринарные Фармацевтические Психологические Технические Сельскохозяйственные
	1.6 Науки о Земле и окружающей среде	Геолого-минералогические Технические Экономические Сельскохозяйственные Географические Биологические
2 Технические	2.1 Строительство и архитектура	Архитектура Технические

		Искусствоведение Технические Физико-математические
	2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь	Технические Физико-математические
	2.3 Информационные технологии и телекоммуникации	Технические Физико-математические
	2.4 Энергетика и электротехника	Технические
	<p>2.5 Машиностроение (2.5.1 Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий; 2.5.2 Машиноведение; 2.5.3 Трение и износ в машинах; 2.5.4 Роботы, мехатроника и робототехнические системы; 2.5.5Технология и оборудование механической и физико-технической обработки; 2.5.6 Технология машиностроения; 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением; 2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии и др. вплоть до 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства</p>	Технические

	2.6 Химические технологии, науки о материалах, металлургия	Химические Технические Физико-математические
	2.7 Биотехнологии	Биологические Технические Сельскохозяйственные
	2.8 Недропользование и горные науки	Технические Геолого-минералогические
	2.9 Транспортные системы	Технические
	2.10 Техносферная безопасность	Технические Химические
3 Медицинские	3.1 Клиническая медицина	Медицинские Биологические Сельскохозяйственные Ветеринарные
	3.2 Профилактическая медицина	Медицинские Технические Химические Биологические Ветеринарные
	3.3 Медико-биологические науки	Медицинские Биологические Фармацевтические
	3.4 Фармацевтические науки	Фармацевтические Биологические Химические
4 Сельскохозяйственные	4.1 Агронимия, лесное и водное хозяйство	Сельскохозяйственные Биологические Химические Технические
	4.2 Зоотехния и ветеринария	Ветеринарные Биологические Сельскохозяйственные
	4.3 Агроинженерия и пищевые технологии	Сельскохозяйственные Технические Биологические Химические

5 Социальные и гуманитарные	5.1 Право	Юридические
	5.2 Экономика	Экономические Социологические Физико-математические Исторические
	5.3 Психология	Психологические Биологические Медицинские Технические
	5.4 Социология	Социологические Экономические Политические
	5.5 Политические науки	Политические Исторические
	5.6 Исторические науки	Исторические Философские Физико-математические Химические Биологические Геолого-минералогические Технические Географические Сельскохозяйственные Медицинские Ветеринарные Архитектура Культурологические Искусствоведение
	5.7. Философия	Философские Исторические
	5.8 Педагогика	Педагогические
	5.9 Филология	Филологические Философские Социологические Политические

5.10 Искусство- ведение и культурология	Философские Культурология Искусствоведение Исторические Технические Культурология Педагогические Филологические
5.11 Теология	Теология
5.12 Когнитивные науки	Философские Психологические Биологические Медицинские Философские Филологические Физико-математические Технические

Примечание. *Выдержка из приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093 (с изменениями на 11 мая 2022 года).*

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Десять заповедей молодому ученому

Полезная работа избавляет от трех зол:

скуки, порока, нужды.

Вольтер

1 Записи лекций, конспект книги или статьи делать на одной стороне листа.

2 Схематизируй записи и материалы по наиболее удобной для данной отрасли схеме. Например, в машиностроительных конструкциях: расчетная модель; нагрузки и реакции, внутренние напряжения; условия надежности (прочность, устойчивость, трещиностойкость).

3 Необходимо соблюдать этапы изучения материала:

- ознакомление, перелистывание, чтение, выводы;
- материал изучают с пометками;
- изучение с карандашом в руке, конспектирование;
- самопроверка усвоенного, самостоятельные выводы.

4 О консультациях:

- слушатель что-то не понимает, просит разъяснить;
- слушатель проработал этот вопрос по лекциям, книгам и там что-то логически не вяжется;
- слушатель не согласен с оппонентом, лектором, книгой и думает по-другому.

5 Ничего не фетишируй, не принимай на веру.

6 Основы науки надо знать! В каждой области науки есть такие фундаментальные вещи, которые специалист не имеет права забыть или не знать!

7 Нет истины в последней инстанции, наука безбрежна!

8 В науке отрицательный вывод не менее ценен, чем положительный вывод.

9 Не надо быть односторонним. Пытайся искать несколько подходов к решению задачи.

10 Ежедневно подводи итог тому, что сделал сегодня и что нужно сделать завтра.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Форма индивидуального плана работы магистранта

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МАГИСТРАТУРА

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

" ___ " _____ 20__ г.

1. Индивидуальный план работы студента _____
2. Институт _____
3. Кафедра _____
4. Научный руководитель _____
5. Период обучения в магистратуре _____
6. Наименование профессионально-образовательной программы (направленности) _____
7. Тема магистерской диссертации _____
8. Срок представления студентом диссертации _____
9. Срок сдачи государственного экзамена по направлению _____
10. Содержание ОПП _____

№ п/п	Наименование дисциплин, практик	Число аудиторных часов	Форма аттестации	Плановый срок аттестации	Оценка руководителя об итогах аттестации
1					
2					
3					
...					

Магистрант _____ (Фамилия, И.О.)

Научный руководитель _____ (Фамилия, И.О.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Примеры оформления источников в библиографическом списке

Нормативно-технические документы

1 Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности : ГОСТ 18097-93 : Взамен ГОСТ 18097-88 : Введ. 1996–07–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1996. – 20 с.

2 Станки токарные с числовым программным управлением и токарные обрабатывающие центры. Условия испытаний. Часть 1. Геометрические испытания станков с горизонтальным шпинделем для крепления заготовки : ГОСТ ISO 13041-1-2017 : Введ. 2019–03–01. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 36 с.

Справочные издания

1 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. Т.1/ В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – Москва : Машиностроение, 2006. – 920 с.; ил.

Учебная литература

1 Металлорежущие станки : учеб. : в 2 т. Т. 1 / Т. М. Аврамова, В. В. Бушуев, Л. Я. Гиловой [и др] ; под ред. В. В. Бушуева. – Москва : Машиностроение, 2012. – 608 с.; ил.

2 Курдюков В. И. Оборудование машиностроительных производств : метод. указания к выполнению практ. работ / В. И. Курдюков, В. Л. Рохин, А. А. Андреев. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2014. – 98 с.

3 Курдюков В. И. Основы абразивной обработки : учеб. пособие / В. И. Курдюков. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2014. – 195 с.

Монографии

1 Курдюков В. И. Научные основы проектирования абразивных инструментов : моногр. / В. И. Курдюков. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2005. – 159 с.

Статьи из журналов

1 Kurdyukov V. I., Andreev A. A. Calculation of the Structural Parameters of Silicon-Carbide Ceramic Composites in the System Abrasive Grains –

Binder – Pores // *Glass and ceramics*. 2020. vol. 77. no. 1 (77), pp. 62–66.

2 Курдюков В. И. Инструмент для шлифования зубчатых колес повышенной степени точности методом копирования / В. И. Курдюков, А. А. Андреев, Н. Л. Костырева // *СТИН*. – 2011. – № 6. – С. 11–14.

3 Курдюков В. И. Проектирование оптимального инструментального оснащения шлифовальных операций / В. И. Курдюков // *СТИН*. – 2018. – № 1. – С. 23–29.

Статья из сборника

1 Шарабаев А. В. Способ и устройство дозирования и укладки формовочной массы / А. В. Шарабаев, М. А. Шарабаев // *Шлифабразив 1999* : сб. науч. тр. – Волжский : Изд-во ВолжскИСИ, 1999. – С. 54–57.

Патентные документы

1 Приемопередающее устройство : пат. 2187888 Рос. Федерация : Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00/ Чугаева В. И. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09 : заявл. 18.12.00 : опубл. 20.08.02. – 3 с.

2 Одноразовая ракета-носитель : заявка 1095735 Рос. Федерация : В 64 G 1/00 / Тернер Э. В. (США) ; заявитель Спейс Системз/Лорал, инк. ; пат. поверенный Егорова Г. Б. – № 2000108705/28 ; заявл. 07.04.00 ; опубл. 10.03.01. – 5 с.

3 Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов : а. с. 1007970 СССР, В 25 J 15/00 / Ваулин В. С., Кемайкин В. Г. – № 3360585/25-08 : заявл. 23.11.81 : опубл. 30.03.83. – 2 с.

Диссертации

1 Курдюков В. И. Научные основы проектирования, изготовления и эксплуатации абразивного инструмента : спец. 05.03.01 : дис. ... д-ра. техн. наук / Курдюков Владимир Ильич. – Курган, 2000. – 496 с.

Авторефераты

1 Курдюков В. И. Научные основы проектирования, изготовления и эксплуатации абразивного инструмента : спец. 05.03.01 : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Курдюков Владимир Ильич. – Курган, 2000. – 39 с.

Электронные ресурсы

1 Большой энциклопедический политехнический словарь // Академик : словари и энцикл. – URL: <https://dic.academic.ru/contents.nsf/polytechnic/> (дата обращения: 12.04.2023).

2 Сычев С. А. История развития лизинга / С. А. Сычев // Киберленинка : науч. электрон. б-ка. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-gazvitiya-lizinga> (дата обращения: 08.04.2023).

3 Нечаев А. С. Методика расчета платежей при различных формах кредитования / А. С. Нечаев // Вестник УГТУ–УПИ. – 2009. – № 3. – С. 118–132. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54072/1/vestnik_2009_3_011.pdf (дата обращения: 06.03.2023).

4 Толстой Л. Разговор о науке / Л. Толстой // Bookland : книж. интернет-магазин. – URL: <http://www.bookland.com/rus/books/1142508> (дата обращения: 25.01.2023).

Интернет-источники

1 Система автоматизированного проектирования // Википедия : свободная энцикл. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования (дата обращения: 15.03.2023).

2 RedCrab – бесплатный многофункциональный калькулятор // RadioStorage.net : радиоэлектроника, схемы и статьи радиолюбителям // URL: <https://radiostorage.net/3082-redcrab-besplatnyj-mnogofunkcionalnyj-kalkulyator.html> (дата обращения: 10.04.2023).

3 Что такое 3D-графика и как она устроена // Skillbox : Образовательная платформа. – URL: https://skillbox.ru/media/gamedev/что_такое_3d_grafika_i_kak_ona_ustroena/ (дата обращения: 07.04.2023).

Примечание – *Не допускается включения в материалы работы заимствованных копий фрагментов текстовой или графической информации.*

ПРИЛОЖЕНИЕ И
Пример оформления титульного листа
магистерской диссертации

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МАГИСТРАТУРА

УДК 6217923

На правах рукописи

ВАСИЛЬЕВ ПЕТР ИВАНОВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ЗАГОТОВОК
ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРАВКИ
АБРАЗИВНОГО КРУГА АЛМАЗНЫМ РОЛИКОМ

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени магистра

Направление 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств, направленность: Технология машино-
строения

Научный руководитель – профессор, доктор
технических наук И. В. ПЕТРОВ

Курган 2024

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Пример оформления перечня терминов и определений, сокращений и обозначений, символов и единиц

Перечень терминов и определений, сокращений и обозначений, символов и единиц

АЗ – абразивное зерно.

АЭ – акустическая эмиссия.

ВАЭ – высокочастотная акустическая эмиссия.

НАК – низкочастотные акустические колебания.

СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость.

СОТС – смазочно-охлаждающее технологическое средство.

ТСМ – твердый смазочный материал.

ШК – шлифовальный круг.

АЗН – амплитудное значение эффективного напряжения исследуемого звукового давления, В.

В – ширина обработанной поверхности образца, мм.

с – скорость распространения звука в среде, м/с.

Сн – скорость распространения изгибной волны, м/с.

D – диаметр посадочного отверстия в шлифовальном круге, мм.

D – диаметр шлифовального круга (пластины), мм.

D1, D2 – диаметр шлифовального круга соответственно до и после шлифования, мм.

Ем – чувствительность микрофона, В • м²/Н.

f – частота звуковых колебаний, Гц.

Н – высота круга, мм.

I – интенсивность звука (сила звука), Вт/м².

K – комплексный критерий, (кВт • мкм).

Kр – коэффициент режущей способности шлифовального круга.

Kу – коэффициент усиления звукового сигнала анализатором спектра.

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Слова и словосочетания, составляющие основу языка науки (терминологические понятия)

Автореферат диссертации – научное издание в виде брошюры, содержащее составленный автором реферат проведенного им исследования, представляемого на соискание ученой степени.

Аналогия – рассуждение, в котором из сходства двух объектов по некоторым признакам делается вывод об их сходстве и по другим признакам.

Актуальность темы – степень ее важности в данный момент и в данной ситуации для решения данной проблемы (задачи, вопроса).

Аспект – точка зрения (одна из сторон), с которой рассматривается объект (предмет) исследования.

Гипотеза – научное предположение, выдвигаемое для объяснения каких-либо явлений.

Дедукция – вид умозаключения от общего к частному, когда из массы частных случаев делается обобщенный вывод о всей совокупности таких случаев.

Диссертация – квалификационная работа, представленная на соискание ученой степени, в форме рукописи, научного доклада, опубликованной монографии или учебника, показывающая научно-практический уровень выполненного исследования.

Дисциплина научная – раздел науки, который на данном уровне ее развития, в данное время освоен и внедрен в учебный процесс высшей школы.

Доклад научный – документ, содержащий изложение научно-исследовательской или опытно-конструкторской работы, опубликованный в печати или прочитанный в аудитории.

Задание исследовательское – элементарно организованный комплекс исследовательских действий в границах определенной исследова-

тельской темы, сроки исполнения которых устанавливаются с достаточной степенью точности.

Идея – определяющее положение в системе взглядов, теорий и т. п.

Индукция – вид умозаключения от частных фактов, положений к общим выводам.

Информация:

– обзорная – вторичная информация, содержащаяся в обзорах научных документов;

– релевантная – информация, заключенная в описании прототипа научной задачи;

– реферативная – вторичная информация, содержащаяся в первичных научных документах;

– сигнальная – вторичная информация различной степени свертывания, выполняющая функцию предварительного оповещения;

– справочная – вторичная информация, представляющая собой систематизированные краткие сведения в какой-либо области знаний.

Исследование научное – процесс выработки новых научных знаний, один из видов познавательной деятельности. Характеризуется объективностью, воспроизводимостью, доказательностью и точностью.

Историография – научная дисциплина, изучающая историю исторической науки.

Категория – форма логического мышления, в которой раскрываются внутренние, существенные стороны и отношения исследуемых предметов.

Концепция – система взглядов на что-либо, основная мысль, когда определяются цели и задачи исследования и указываются пути его ведения.

Конъюнктура – создавшееся положение в какой-либо области общественной жизни.

Краткое сообщение – научный документ, содержащий сжатое изложение результатов (иногда предварительных), полученных в итоге

научно-исследовательской или опытно-конструкторской работы. Назначение такого документа – оперативно сообщить о результатах выполненной работы на любом ее этапе.

Ключевое слово – слово или словосочетание, наиболее полно и специфично характеризующее содержание научного документа или его части.

Метод исследования – способ применения старого знания для получения нового знания. Является орудием получения научных фактов.

Методология научного познания – учение о принципах, формах и способах научно-исследовательской деятельности.

Направление научно-исследовательской работы – самостоятельная техническая задача, обеспечивающая в дальнейшем решение проблемы.

Наука – сфера человеческой деятельности, функцией которой является выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности. Одна из форм общественного сознания.

Обзор – научный документ, содержащий систематизированные научные данные по какой-либо теме, полученные в итоге анализа первоисточников. Знакомит с современным состоянием научной проблемы и перспективами ее развития.

Объект исследования – процесс или явление, порождающие проблемную ситуацию и избранные для изучения.

Определение (дефиниция) – один из самых надежных способов, предохраняющих от недоразумений в общении, споре и исследовании. Цель определения – уточнение содержания используемых понятий.

Отчет научный – документ, содержащий подробное описание методики, хода исследования (разработки), результаты, а также выводы, полученные в итоге научно-исследовательской или опытно-конструкторской работы. Назначение этого документа – исчерпывающе осветить выполненную работу по ее завершении или за определенный промежуток времени.

Понятие – есть мысль, в которой отражаются отличительные свойства предметов и отношения между ними.

Постановка вопроса при логическом методе исследования включает в себя, во-первых, определение фактов, вызывающих необходимость анализа и обобщений; во-вторых, выявление проблем, которые не разрешены наукой. Всякое исследование связано с определением фактов, которые не объяснены наукой, не систематизированы, выпадают из ее поля зрения. Обобщение их составляет содержание постановки вопроса. От факта к проблеме – такова логика постановки вопроса.

Предмет исследования – все то, что находится в границах объекта исследования в определенном аспекте рассмотрения.

Принцип – основное, исходное положение какой-либо теории, учения, науки.

Проблема – крупное обобщенное множество сформулированных научных вопросов, которые охватывают область будущих исследований. Различают следующие виды проблем:

– исследовательская – комплекс родственных тем исследования в границах одной научной дисциплины и в одной области применения;

– комплексная научная – взаимосвязь научно-исследовательских тем из различных областей науки, направленных на решение важнейших народно-хозяйственных задач;

– научная – совокупность тем, охватывающих всю научно-исследовательскую работу или ее часть; предполагает решение конкретной теоретической или опытной задачи, направленной на обеспечение дальнейшего научного или технического прогресса в данной отрасли.

Познание научное – исследование, которое характеризуется своими особыми целями, а главное – методами получения и проверки новых знаний.

Специальность научная (часто именуемая как направление исследования) – устойчиво сформировавшаяся сфера исследований, включающая определенное количество исследовательских проблем из одной научной дисциплины, включая область ее применения.

Суждение – мысль, с помощью которой что-либо утверждается или отрицается. Такая мысль, заключенная в предложение, содержит три элемента: субъект, предикат и связку – «есть» или «не есть» (слова, выражающие связку, в русском языке обычно не употребляются).

Теория – учение, система идей или принципов. Совокупность обобщенных положений, образующих науку или ее раздел. Она выступает как форма синтетического знания, в границах которой отдельные понятия, гипотезы и законы теряют прежнюю автономность и становятся элементами целостной системы.

Тема научная – задача научного характера, требующая проведения научного исследования. Является основным планово-отчетным показателем научно-исследовательской работы.

Теория научная – система абстрактных понятий и утверждений, которая представляет собой не непосредственное, а идеализированное отображение действительности.

Умозаключение – мыслительная операция, посредством которой из некоторого количества заданных суждений выводится иное суждение, определенным образом связанное с исходным.

Факт научный – событие или явление, которое является основанием для заключения или подтверждения. Является элементом, составляющим основу научного знания.

Фактографический документ – научный документ, содержащий текстовую, цифровую, иллюстративную и другую информацию, отражающую состояние предмета исследования или собранную в результате научно-исследовательской работы.

Формула изобретения – описание изобретения, составленное по утвержденной форме и содержащее краткое изложение его сущности.

Формула открытия – описание открытия, составленное по утвержденной форме и содержащее исчерпывающее изложение его сущности.

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Стандарты на терминологию в области технологии машиностроения

- 1 ГОСТ 2.309-73* ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей.
- 2 ГОСТ 3.1109-82* ЕСТД. Термины и определения основных понятий.
- 3 ГОСТ 3.1702-79* ЕСТД. Правила записи операций и переходов обработки резанием.
- 4 ГОСТ 8.417-81* ГСИ. Единицы физических величин.
- 5 ГОСТ 14.004-83 ЕСТПП. Термины и определения основных понятий.
- 6 ГОСТ 14.318-83 ЕСТПП. Виды технического контроля.
- 7 ГОСТ 2789-73* Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
- 8 ГОСТ 16504-81 СГИП. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
- 9 ГОСТ 16887-71 Разделение жидких неоднородных систем методами фильтрования и центрифугирования.
- 10 ГОСТ 21445-84 Материалы и инструменты абразивные. Термины и определения.
- 11 ГОСТ 23505-79* Обработка абразивная. Термины и определения.
- 12 ГОСТ 25142-82 Шероховатость поверхности. Термины и определения.
- 13 ГОСТ 25751-83 Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий.
- 14 ГОСТ 25761-83 Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий.
- 15 ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий.
- 16 ГОСТ 26070-83 Фильтры и сепараторы для жидкостей. Термины и определения.
- 17 ГОСТ 26098-84 Нефтепродукты. Термины и определения.
- 18 РДМУ 109-77 Методические указания. Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов.
- 19 РД 50-426-83 Методические указания. Цепи размерные. Расчет динамических размерных цепей.
- 20 РД 50-635-87 Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей.

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Памятка рецензенту магистерской диссертации

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПАМЯТКА

рецензенту магистерских диссертаций

Настоящая памятка рекомендует минимальный объем и примерный перечень сведений, излагаемых в рецензии для Государственной аттестационной комиссии (ГАК).

Рецензент осуществляет квалифицированный анализ существа и основных положений рецензируемой диссертации, а также оценивает актуальность избранной темы, самостоятельность подхода к ее раскрытию, наличие собственной точки зрения, умение пользоваться методами научного исследования, степень обоснованности выводов и рекомендаций, достоверность полученных результатов, их новизну и практическую значимость.

Наряду с положительными сторонами магистерской диссертации отмечаются и ее недостатки, в частности, указываются отступления от логичности и грамотности изложения материала, выявляются ошибки и т. п. Объем рецензии составляет обычно от двух до пяти страниц машинописного текста.

Рецензент изучает содержание диссертации, проводит беседу с магистрантом с целью выяснения существа его решений и пишет текст рецензии, где отмечает следующее:

- 1) соответствие состава и объема диссертации утвержденному плану;
- 2) актуальность избранной темы диссертации, ее соответствие современному состоянию науки и техники;
- 3) наличие признаков научной новизны диссертации, которое дает

право автору на использование понятия «впервые» при характеристике полученных им результатов и проведенного исследования в целом;

4) полноту разработки как диссертации в целом, так и отдельных ее частей;

5) степень оригинальности научных, технических, экономических и экологических разработок, предложенных в диссертации и самостоятельности их выполнения;

6) использование электронно-вычислительной техники при решении научно-исследовательских и инженерно-технических задач по оригинальным и типовым программам:

7) научно-техническая и общая грамотность изложения диссертации и тщательность ее оформления;

8) умение магистранта работать с научно-технической литературой и использовать свои знания при решении задач теоретического и прикладного характера;

9) наличие у магистранта публикаций, патентов и заявок на изобретения;

10) рекомендации и предложения Государственной аттестационной комиссии, университету, кафедре или магистранту (по сути его диссертации);

11) уровень квалификации магистранта и соответствие диссертации современным требованиям к работам на соискание степени магистра техники и технологии;

12) оценку диссертации по четырехбалльной системе (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

В конце рецензии указывается ФИО, ученая степень и ученое звание (при наличии), должность и место работы рецензента, ставится подпись рецензента и дата.

Примечание – Рецензия в запечатанном конверте, адресованном ГАК, передается магистранту вместе с диссертацией для представления директору института для ознакомления с ее содержанием заведующего кафедрой, магистранта и его научного руководителя и направляет диссертацию с рецензией.

Учебное издание

Курдюков Владимир Ильич
Андреев Андрей Анатольевич

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
(ПОДГОТОВКА И ЗАЩИТА)

Учебно-методическое пособие

Редакторы О. Г. Алексеева, Н. М. Быкова

Подписано в печать 30.10.2024	Формат 60×84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 12,5	Уч.-изд. л. 12,5
Заказ 45	Тираж 100	

Библиотечно-издательский центр КГУ.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.