

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине:

Основы научно-исследовательской работы

Электронное издание

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. Выбор темы и разработка методики научных исследований.....	5
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. Изучение этапов планирования эксперимента.....	22
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. Планирование экспериментальных исследований.....	29
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. Стандартная обработка опытной информации.....	58
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. Обработка результатов многофакторного эксперимента.....	71
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. Разработка отчета о результатах НИР.....	81
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. Требования к оформлению результатов исследований. Производственная проверка и внедрение результатов	107
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. Документы, закрепляющие право на интеллектуальную собственность.....	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	136
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	137

ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране накоплен огромный научно-технический потенциал, разработаны методы и способы ускоренного и целенаправленного нахождения оптимальных технических решений при создании сложных технических систем.

При разработке любого технического устройства его создателям приходится решать множество научно-технических задач, различных по уровню сложности и объему, но преобладающими являются два направления: выбор наиболее правильного технического решения и его проектно-конструкторское оформление.

В настоящее время молодые специалисты, а также студенты технических вузов, недостаточно подготовлены для поиска новых технических решений и их использования в производственной деятельности. Поэтому данный учебный комплекс по дисциплине «Основы научно-исследовательской работы» направлен на то, чтобы определенным образом устранить отмеченные недостатки при подготовке студентов в области разработки новых технических решений и познакомить их с основами научно-технической деятельности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ВЫБОР ТЕМЫ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: познакомиться с методикой выбора темы и разработки методики научных исследований.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Формулирование темы научного исследования

В научно-исследовательских разработках различают: научные направления, проблемы и темы.

Под научным направлением понимают сферу научных исследований научного коллектива, посвященных решению каких-либо крупных, фундаментальных теоретических и экспериментальных задач в определенной отрасли науки. Структурными единицами направления являются комплексные проблемы, проблемы, темы и вопросы. Комплексная проблема включает в себя несколько проблем.

Под *проблемой* понимают сложную научную задачу, которая охватывает значительную область исследования и имеет перспективное значение. Полезность таких задач и их экономический эффект иногда можно определить только ориентировочно. Решение проблем ставит общую задачу: сделать открытие; решить комплекс задач, обеспечивающих высокую техническую готовность автомобильной техники и т. д.

Проблема состоит из ряда тем. *Тема* – научная задача, охватывающая определенную область научного исследования. Она базируется на многочисленных исследовательских вопросах. Под научными вопросами понимают более мелкие научные задачи, относящиеся к конкретной области научного исследования. Результаты решения этих задач имеют не только теоретическое, но, главным образом, и практическое значение, поскольку можно сравнительно точно установить ожидаемый экономический эффект.

При разработке темы или вопроса выдвигается конкретная задача в исследовании: разработать новую конструкцию, прогрессивную технологию, новую методику и т. д.

Выбору тем предшествует тщательное ознакомление с отечественными и зарубежными источниками данной и смежной специальностей.

Постановка (выбор) проблем или тем является трудной, ответственной задачей, включает в себя ряд этапов.

Первый этап – формулирование проблем. На основе анализа противоречий исследуемого направления формулируют основной вопрос – проблему – и определяют в общих чертах ожидаемый результат.

Второй этап включает в себя разработку структуры проблемы. Выделяют темы, подтемы, вопросы. Композиция этих компонентов должна составлять древо проблемы (или комплексной проблемы). По каждой теме выявляют ориентировочную область исследования.

На третьем этапе устанавливают актуальность проблемы, то есть ценность ее на данном этапе для науки и техники. Для этого по каждой теме выставляют несколько возражений и на основе анализа, методом исследовательского приближения, исключают возражения в пользу реальности данной темы. После такой «чистки» окончательно составляют структуру проблемы и обозначают условным кодом темы, подтемы, вопросы.

При выборе важно уметь отличать псевдопроблемы от научных проблем. Псевдопроблемы (ложные, мнимые), какую бы не имели внешнюю форму, в основе своей имеют антинаучный характер.

При обосновании проблем их коллективно обсуждают на заседаниях ученых советов, кафедр в виде публичной защиты, на которой выступают оппоненты, и принимают окончательное решение.

После обоснования проблемы и установления ее структуры научный работник (или коллектив), как правило, самостоятельно приступает к выбору темы научного исследования. По мнению некоторых ученых, выбрать тему зачастую более сложно, чем провести само исследование. К теме предъявляют ряд требований.

Тема должна быть актуальной, то есть важной, требующей разрешения в настоящее время. Это требование одно из основных. Критерия для установления степени актуальности пока нет. Так, при сравнении двух тем теоретических исследований степень актуально-

сти может оценить крупный ученый данной отрасли или научный коллектив. При оценке актуальности прикладных научных разработок ошибки не возникают, если более актуальной окажется та тема, которая обеспечит большой экономический эффект.

Тема должна решать новую научную задачу. Это значит, что тема в такой постановке никогда не разрабатывалась и в настоящее время не разрабатывается, то есть дублирование исключается. Дублирование возможно только в том случае, когда по заданию руководящих организаций одинаковые темы разрабатывают два конкурирующих коллектива в целях разрешения важнейших государственных проблем в кратчайшие сроки. Таким образом, оправданное дублирование тем (разработок) иногда может быть одним из требований.

Грань между научными и инженерными исследованиями с каждым годом все больше стирается. Однако при выборе тем новизна должна быть не инженерной, а научной – принципиально новой. Если разрабатывается пусть даже новая задача, но на основе уже открытого закона, то это область инженерно-экономических, а не научных разработок. Поэтому необходимо отличать научную задачу от инженерно-экономической. Все то, что уже известно, не может быть предметом научного исследования.

Тема должна быть экономически эффективной и должна иметь значимость. Любая тема прикладных исследований должна давать экономический эффект в народном хозяйстве. Это одно из важнейших требований.

На стадии выбора темы исследования ожидаемый экономический эффект может быть определен, как правило, ориентировочно. Иногда экономический эффект на начальной стадии установить вообще нельзя. В таких случаях для ориентировочной оценки эффективности можно использовать аналоги (близкие по названию и разработке темы).

При разработке теоретических исследований требование экономичности может уступать требованию значимости. Значимость, как главный критерий темы, имеет место при разработке исследований, определяющих престиж отечественной науки или составляющих фундамент для прикладных исследований, или направленных на совершенствование общественных и производственных отношений.

Тема должна соответствовать профилю научного коллектива. Каждый научный коллектив по сложившимся традициям имеет свой

профиль, квалификацию, компетентность. Такая специализация, способствующая накоплению опыта исследований, дает свои положительные результаты, повышается теоретический уровень разработок, качество и экономическая эффективность, сокращается срок выполнения исследования. Однако нельзя впадать в крайность, применяя этот принцип. Если допускать монополию в науке, то исключается соревнование идей. Это может снизить эффективность научных исследований. Заказчику будет предоставляться научная продукция, которая не всегда может отражать наилучшие показатели.

Выполняя длительное время работу по узкоспециализированной тематике с устоявшейся методикой, некоторые научные работники теряют к ней интерес. Поэтому в коллективе может быть несколько (до 10 %) непрофильных тем, не отличающихся резко от основной тематики коллектива. Это может вызвать энтузиазм, инициативу и прилив творческих сил в коллективе.

Важной характеристикой темы является ее осуществимость или внедряемость. При разработке темы следует оценить возможность ее окончания в плановый срок и внедрения в производственных условиях заказчика. Если это нельзя осуществить вообще или осуществить в сроки, которые не устраивают заказчика, то заведомо планируют разработку бросовых, неэффективных тем.

Обосновывая тему, научный работник должен хорошо знать производство и его запросы на данном этапе. Для этого необходимо организовывать командировки в крупные производственные объединения, управления, предприятия, занимающиеся внедрением.

Большое значение имеет посещение отраслевых и академических институтов, кафедр родственных вузов. Особую роль приобретают беседы с ведущими научными работниками, крупными специалистами-производственниками.

Существенно упрощается методика выбора тем в научном коллективе, имеющем научные традиции (свой профиль) и разрабатывающем комплексную проблему. В таких коллективах научные исследования выполняют не одиночки, а группы, специализирующиеся на разработке тем или вопросов. Здесь начинающий работник, как правило, получает тему, которая была обоснована ранее. Вероятность получить не актуальную, не новую, не эффективную тему исключена. При коллективной разработке научных исследований большую роль приобретают критика, дискуссия, обсуждение проблем и тем. В про-

цессе дискуссии выявляются новые, еще не решенные актуальные задачи разной степени важности, объема, сроков разработки.

Все это создает благоприятные условия для участия студентов в научно-исследовательской работе. Выбор тем для магистерской работы не представляет какой-либо сложности.

После ознакомления с темой научный работник делает доклад руководителю и коллективу, в котором обосновывает постановку вопроса и его состояние на момент получения темы. Эффективно на этом этапе подготовить 1–2 реферата, провести поисковый эксперимент, консультации с работниками НИИ и производства. Это позволит шире и глубже представить научно-исследовательскую тему.

Большое значение для выбора тематики имеет четкая формулировка общих задач заказчиком (министерством, ведомством и пр.).

Научный руководитель коллектива должен с большим вниманием отнестись к предложениям сотрудников, которые могут выставить ряд тем и вопросов. Перед окончательным решением целесообразно организовать широкую дискуссию.

При составлении общей программы исследований необходимо иметь в виду, что в процессе научных разработок возможны некоторые изменения в тематике. Определенная роль в этом принадлежит заказчику, который в зависимости от складывающейся производственной обстановки вносит коррективы, выдвигая на первое место первоочередные темы.

Важное значение при разработке общей программы исследования имеет выделение долгосрочных и краткосрочных исследований, фундаментальных и прикладных. Соотношение между ними зависит от многих факторов: требований заказчика, научного потенциала коллектива, наличия современного экспериментального оборудования, научного задела коллектива и его работоспособности и т. д.

Приведенные выше требования (критерии), предъявляемые к выбору тем, позволяют всесторонне оценить и установить пригодность их для данной научно-исследовательской организации.

Однако в период бурной НТР в процессе разработки тем, особенно долгосрочных, актуальность их и экономичность иногда могут изменяться в худшую сторону, а так как затраты на выполнение НИР возросли, то очень важным критерием при выборе тем является их перспективность, а следовательно, стабильность.

В данном случае одних субъективных методов оценки недостаточно. Первостепенное значение приобретают численные методы.

Для оценки перспективности тем применяют два метода: математический и экспертных оценок.

Математический метод основан на использовании различных показателей, определяющих перспективность исследований. Наиболее часто в прикладных темах применяют показатель перспективности K_n , в основе которого лежат экономические показатели. В последние годы при выборе тем все шире применяют методы экспертных оценок. Суть этого метода заключается в том, что планируемую тему оценивают специалисты-эксперты. Каждому эксперту выдается оценочная балльная шкала, с помощью которой он устанавливает баллы по теме.

После ответа экспертов на вопросы результаты обрабатывают различными методами. Наиболее простым является метод максимального балла – отдают предпочтение той теме, которая набирает наибольший суммарный балл. В данном случае тема является перспективной, если сумма баллов положительная. После всего этого тема еще раз рассматривается, обсуждается на заседании научного совета кафедры, факультета, лаборатории, НИИ, вуза и др., утверждается и принимается решение о работе над ней.

2. Формулирование цели и задач исследования

Каждое научное исследование после выбора темы начинают с тщательного изучения научно-технической информации.

Цель поиска, проработки, анализа информации: всестороннее освещение состояния вопроса по теме, уточнение ее (если это необходимо), обоснование цели и задач научного исследования.

В зависимости от оснащённости организации поиск производят самостоятельно (ручной способ, по перфокартам, электронные ресурсы) или механизированно-автоматизированным отбором с привлечением специалистов НТИ.

Следует уделить внимание изучению различных литературных источников, как в оригинале, так и по переводным изданиям. Анализ иностранной информации позволит исключить дублирование по исследуемой теме. Это требует от научного работника знания одного или двух иностранных языков (предпочтительны английский, немецкий, французский).

Без личного ознакомления с оригиналом или квалифицированным переводом базироваться на литературном анализе иностранной

информации других авторов не рекомендуется, поскольку каждый автор прорабатывает литературу применительно к своей теме исследования. Решение этого вопроса в последнее время упрощается, поскольку из ЦНИИПИ и ВИНТИ можно получать обзоры, новости техники, экспресс-информацию по зарубежным исследованиям с высоким качеством переводов. Кроме непосредственно относящейся к теме информации, необходимо проработать основную литературу по родственным специальностям.

Так, при разработке темы по обоснованию режимов профилактических работ автомобилей, нужно проработать литературу по вопросам обоснования режимов профилактики железнодорожного, авиационного и других видов транспорта.

Очень важно ознакомиться с циклом дисциплин, близких к теме, анализ которых может быть полезен при разработке отдельных вопросов темы. Например, при разработке режимов профилактики автомобильной техники полезно ознакомиться с вопросами по физике (физика твердых тел, диффузия жидкости, газов и паров и т. д.), прикладной механике (анализ нагрузок, напряжений, деформаций) и др.

Для всестороннего анализа информационного материала необходимо ознакомиться с тематикой научных исследований, которые проводятся в автомобильно-дорожных вузах и факультетах, в отраслевых НИИ автомобильного транспорта. Прорабатывая архивный материал этих организаций, нужно делать записи лишь необходимого по теме материала с указанием номера отчета, года, темы, исполнителей.

На стадии сбора и анализа информации полезны командировки в проектные учреждения, особенно на крупные передовые предприятия. Такие командировки позволяют выяснить, в какой степени исследуемая тема решается на производстве, на какие стороны темы следует обратить особое внимание, какие вопросы представляют первоочередной практический интерес. Желательно иметь мнение производственных коллективов по теме научного исследования.

После сбора литературных, архивных, производственных и других информационных данных и их обобщения полезно узнать мнение крупных ученых. Они могут оказать существенную помощь в разработке темы и определении объема собираемой информации.

Таким образом, научный работник, прорабатывая тему, накапливает большое количество различной информации. В зависимости от наименования и научной значимости темы объем информации может достигать 100–200 наименований и более.

Для эффективного анализа этой информации необходимо знать методы ее учета, проработки и анализа.

Учет проработанной информации сводится к составлению библиографии. Библиография – перечень различных информационных документов с указанием следующих определенных данных: фамилия и инициалы автора, название источника, место издания, издательство, год издания, объем источника в страницах.

Библиографический перечень составляют в алфавитном порядке по фамилиям авторов (для ускорения поиска нужной информации). Проработка информации сводится к ее изучению и запоминанию. Нужно не только понять, но и запомнить текст на тот или иной период. Каждый научный работник должен владеть искусством запоминания.

Существуют различные способы запоминания.

Механический способ – основан на многократном повторении и заучивании прочитанного. При таком запоминании («зазубривании») отсутствует логическая связь между отдельными элементами. Этот способ наименее эффективен, он применим для ограниченных случаев: запоминание дат, формул, цитат, иностранных слов и др.

Установлено, что тренировка памяти многочисленными повторениями малоэффективна. Память должна базироваться не на формальном восприятии, а на активной мыслительной деятельности прорабатываемой информации. Запомнить – значит мыслить. Это основа эффективности памяти, повышение производительности умственного труда.

Логически-смысловой способ основан на запоминании логических связей между отдельными элементами. При чтении необходимо понять не отдельные элементы, а весь текст в целом, его смысл, направленность, значение. Часто достаточно быстро прочесть текст один раз, чтобы его запомнить. Однако при этом особое внимание необходимо уделять логическим связям. Логически-смысловой способ запоминания во много раз эффективнее механического.

Произвольный способ запоминания основан на применении различных мнемонических приемов. Наиболее распространен выборочный мнемонический прием. Перед проработкой информации задаются целью запомнить лишь конкретный материал (в зависимости от прорабатываемой цели), например, технологическую последовательность диагностирования рулевого управления автомобиля и т. д. Такая направленность, установка упрощает запоминание интересующего нас материала. Иным мнемоническим приемом является временная

направленность, то есть необходимая продолжительность запоминания. Так, студент силой воли заставляет себя запомнить больше материала на короткий срок с целью сдать экзамен. Обычно такой материал хранится в памяти короткий срок. Научный работник заставляет себя надолго запомнить материал, который хранится в памяти весь период разработки темы.

Этот метод основан на формуле: какая направленность (установка), такое и запоминание. Он эффективен лишь при использовании логико-смыслового приема.

Непроизвольный способ основан на случайном запоминании (без намерения, установки) отдельных фрагментов текста, обусловленном возникшими эмоциями в процессе чтения.

Мы запоминаем полно и надолго не только тогда, когда этого хотим, но и тогда, когда нет такого желания, что случается при активном, творческом чтении.

Текст хранится в памяти определенное время. Постепенно он начинает забываться. Вначале после восприятия информации процесс забывания происходит наиболее быстро, со временем темп его замедляется. Так, в среднем через один день теряется около 23–25 % заученного, через пять дней – около 35 % и через десять дней – 40 %.

Повторение – один из эффективных способов запоминания. Повторение бывает пассивным (перечитывается несколько раз) и активным (перечитывается с пересказом). Второй способ более эффективный, в нем сочетается заучивание и самоконтроль. Иногда полезно совмещать активное повторение с пассивным. Чтобы лучше запомнить, нужно правильно выбрать время для повторения. Каждый научный работник должен владеть искусством запоминания.

Чтобы лучше запомнить, нужно правильно выбрать время для повторения. Учитывая характер, каждый источник должен быть тщательно проработан. Поэтому очень важно уметь работать над книгой. Чтение, проработка информации – нелегкое дело.

Первым условием эффективной проработки документов является установка, то есть цель чтения, направленность. Она активизирует мышление, повышает память, помогает понять читаемое, делает восприятие более точным. Этот психологический фактор требует от работника заранее создать определенное настроение для осмысливания читаемого, настроить себя «на определенную волну».

Проработка научно-технической информации требует творческого подхода, для чего необходимо вдохновение. Оно повышает эф-

фективность проработки информации. Но даже если нет вдохновения, нужно усилием воли заставить себя работать над книгой творчески.

Внимание, сосредоточенность над текстом во многом определяют качество проработки информации.

В процессе чтения действуют различные раздражители: музыка, шум, разговоры, собственные мысли и пр. Они независимо от воли человека действуют на центральную нервную систему, ухудшают условия мышления. При определенном уровне шума наше внимание отвлекается, быстрее наступает утомление и качество усвоения информации существенно ухудшается.

Поэтому, чтобы повысить работоспособность умственного труда, различные помехи следует устранить. Некоторые полагают, что шум, музыка им не мешают. Это не совсем так. Если помехи и не замечаются сознанием, то их фиксирует нервная система. Особо заметна роль помех при проработке сложной НТИ.

Вместе с тем, как показывают психологические опыты, работа в полной изоляции от внешней среды также не оптимальна. В качестве помех в таких случаях являются собственные мысли, отвлечения. Без напряжения мысли и воображения эффективность проработки информации снижается.

Самостоятельность труда – важный фактор работы над информацией. Каждая страница должна быть неторопливо проанализирована, обдумана применительно к поставленной цели. Только вдумчивый, самостоятельный анализ прочитанного позволит убедиться в своих суждениях, закрепить мысль, понятие, представление.

Очень важным фактором при проработке литературы является настойчивость и систематичность. Часто, особенно при чтении сложного нового текста, четко осмыслить его с первого раза невозможно. Приходится читать и перечитывать, добиваясь полного понимания изложенного.

Последовательное, систематическое чтение улучшает усвоение прорабатываемого материала. Отвлечение срывает, расстраивает логически настроенную мысль, приводит к утомлению.

Систематическое усидчивое чтение по плану, с обдумыванием и анализом прочитанного, намного производительнее бессистемного чтения.

Производительность проработки информации существенно зависит от умственной работоспособности. Последняя – от умения правильно распределить свою работу во времени, умело использовать

физиологические перерывы. После 1–2 часов работы рекомендуется делать перерывы на 5–7 минут, физические упражнения, обтирание тела и лица водой или усиленное глубокое дыхание. Все это стимулирует центральную нервную систему и повышает работоспособность. Иногда при чтении полезно отключиться на 2–3 минуты.

Прорабатывая текст, необходимо добиваться, чтобы каждое место было понятно. В отдельных случаях материал лучше повторить в день чтения или же на следующий день, а затем повторять только периодически и лишь то, что представляет наибольший интерес. Небольшой по объему текст лучше повторить полностью. Большие тексты вначале осваивают в целом, затем повторяют особо трудные фрагменты.

Неотъемлемым требованием проработки НТИ является запись прочитанного. Она позволяет лучше его понять и усвоить; удлинить процесс восприятия информации, следовательно, лучше запомнить; восстановить в памяти забытое; развить мышление, проанализировать текст; отобрать наиболее важные фрагменты информации для разрабатываемой темы.

Однако запись требует дополнительного времени. Часто ее выполняют неправильно. Так, очень краткая запись объединяет проработанную информацию. Наоборот, излишняя подробность в записи означает не только трату времени, но и неумение понять и отразить главное. Иногда при записи основное подменяется второстепенным или искажается смысл текста. Поэтому очень важно уметь правильно записать проработанный текст.

Прорабатывая НТИ, применяют выписки, аннотации, конспекты.

Выписки – краткое (или полное) содержание отдельных фрагментов (разделов, глав, параграфов, страниц) информации. Ценность выписок очень высока. Они могут заменить сплошное конспектирование текста; краткость их позволяет в малом объеме накопить большую информацию. Удачно отобранная выписка может быть основой для дальнейшей мыслительной, творческой деятельности научного работника.

Аннотация – сжатое содержание первоисточника. Аннотации составляют на данный документ информации в целом. Их удобно накапливать на отдельных картах по различным вопросам прорабатываемой темы. С помощью аннотаций можно быстро восстановить в памяти текст.

Конспекты – подробное изложение содержания информации. Главное в составлении конспекта – уметь выделить рациональное

зерно применительно к разрабатываемой теме. Конспект должен быть содержательным, полным и по возможности кратким. Полнота записи означает не объем, а все то, что является главным в данной информации.

Для того чтобы конспект был кратким, необходимо текст составлять своими силами, что требует осмысливания, анализа прочитанного, следовательно, приносит большую пользу. При этом следует применять сокращение слов, но так, чтобы не был потерян смысл. Не рекомендуется, например, сокращать подряд несколько слов. В сокращенном тексте следует сохранить все знаки препинания. Эффективно каждому научному работнику иметь свой словарь сокращений.

Конспект должен быть правильно оформлен. Каждое произведение желательно законспектировать в отдельной тетради. Запись необходимо вести только с одной стороны листа с полями около 1/4 ширины листа. Текст должен иметь абзацы и иерархическое деление на пункты 1, 2, 3... и а, б, в, г... Для выделения главных мыслей нужно применять подчеркивание сплошной или пунктирной линией.

Иногда конспект необходимо дополнить новым материалом, своими предложениями, анализом и т. д. По тексту ставят номера, которыми отмечают соответствующие дополнения на полях или обратной (чистой) странице листа.

Существуют два способа составления конспектов:

1. Подобранная информация по данной теме прорабатывается последовательно. Вначале составляют конспект на каждую информацию, а затем все объединяют в одно обзорное произведение. Хотя этот способ наиболее распространен, однако он не достаточно эффективен, так как требует большой затраты времени.

2. Выборочный. Подобранную для проработки информацию располагают в ряд по степени полноты, актуальности, новизны. Вначале прорабатывают самую полную современную информацию с высоким научным уровнем. С помощью оглавления составляют полный план темы. Далее приступают к беглой проработке менее важной, второстепенной информации, дополняя ею план основного первоисточника. В случае повторения второстепенную информацию опускают. Второй способ сокращает время на подготовку обобщенного конспекта.

Анализ прорабатываемой информации – одна из важнейших задач.

Всю информацию необходимо классифицировать и систематизировать. Источники можно систематизировать в хронологическом порядке или по тематике анализируемых вопросов.

В первом случае всю информацию по теме систематизируют по этапам. Для этого целесообразно в истории разработки данной темы выделить научные этапы, которые характеризуются качественными скачками.

На каждом этапе литературные источники нужно подвергнуть тщательному критическому анализу. Для этого необходимо иметь определенную эрудицию, уровень знаний. При таком критическом анализе различные идеи, факты, теории сопоставляют друг с другом. Ценным является умение научного работника установить этап в истории исследуемого вопроса, определить рубеж, после которого в данной теме появились идеи, качественно изменившие направление исследований.

В процессе активного анализа возникают собственные соображения и мнения, выявляются наиболее актуальные вопросы, подлежащие исследованию в первую и вторую очередь, формируются представления. Все это постепенно формирует фундамент будущей гипотезы научного исследования.

Бывают случаи, когда в процессе аналитического обзора научный работник лишь перечисляет авторов и приводит аннотации их работ, не высказывая при этом своего мнения. Такой пассивный, формальный обзор информации совершенно недопустим.

Иным вариантом анализа является тематический. Весь объем информации систематизируют по вопросам разрабатываемой темы. При этом рассматривают последние издания НТИ, по возможности монографии, в которых подведен итог исследований по данному вопросу. Дополнительно выборочно анализируют источники, представляющие особый интерес.

Второй вариант обзора более простой, его чаще применяют, он требует меньше затрат времени. Однако он менее полно позволяет проанализировать имеющуюся по теме информацию.

Руководящей идеей всего анализа информации должно быть обоснование актуальности и перспективности предполагаемой цели научного исследования.

Каждый источник анализируют с точки зрения исторического научного вклада в решение и развитие данной темы. При этом тщательно разбирают роль теории эксперимента и ценность производственных рекомендаций.

По результатам проработки информации делают методологические выводы, в которых подводят итог критического анализа. В вы-

водах должны быть освещены следующие вопросы: актуальность и новизна темы; последние достижения в области теоретических и экспериментальных исследований по теме, важнейшие наиболее актуальные теоретические и экспериментальные задачи, а также производственные рекомендации, подлежащие разработке в данный момент; техническая целесообразность и экономическая эффективность этих разработок.

На основе указанных выводов формулируют в общем виде цель и конкретные задачи научного исследования. Обычно количество задач, подлежащих исследованию по теме одним научным работником, колеблется от 3 до 8. При этом важная роль принадлежит научному руководителю. Он ограничивает и направляет поиск, помогает разобраться (особенно начинающему научному работнику) в огромном потоке информации, отбросить второстепенные источники.

3. Методика исследований

3.1. Общие понятия о методике исследований

Каждому научному исследованию предшествуют: определение проблемы, темы и предметы исследований.

Любое научное исследование состоит в том, чтобы обнаружить, сформулировать и решить некоторый взаимосвязанный комплекс теоретических и практических задач, который и составляет научную проблему.

Проблема обычно возникает как следствие обострения объективных противоречий между достигнутым объемом и уровнем научных знаний и необходимостью решения новых научно-исследовательских или народно-хозяйственных задач. Для своего решения проблема требует существенного углубления и уточнения теоретических представлений, применения новых технических средств и теоретических предпосылок для ее разработки.

Тема научного исследования – раздел проблемы, который в какой-то мере может определиться на различных этапах ее исследования независимо от состояния разработок по другим темам проблемы.

Возможность временного расчленения проблемы на отдельные темы имеет важное практическое значение. Это позволяет для решения проблемы привлекать более широкий круг исследователей и даже другие научно-исследовательские учреждения, благодаря чему можно значительно сократить время разработки проблемы.

Формулировать тему необходимо кратко и четко. Формулировка должна отражать существенное содержание задач, рассматриваемых в теме.

Название темы нельзя смешивать с предметом исследования. В одной и той же теме может быть несколько предметов исследования.

Например, тема «Технологические и технические основы совершенствования механизированных процессов безотвальной обработки почвы» не отражает еще конкретного содержания планируемых исследований по этой теме. Полное содержание темы раскроется лишь тогда, когда будут указаны все вопросы, подлежащие исследованию, то есть будут перечислены предметы исследования. В данном случае такими предметами могут быть: качество технологических процессов безотвальной обработки, параметры плоскорезов, энергоёмкость рабочих органов, условия устойчивости движения плоскорезов и т. д.

Предмет исследования – подлежащие выявлению количественные и качественные взаимосвязи, характеризующие взаимное отношение между свойствами изучаемого объекта, взаимосвязь между факторами и показателями, между воздействием и ответной реакцией и т. д. Выявление предмета исследования очень важный этап. От того, насколько правильно определен предмет исследования, очень часто зависит успех исследования.

Для проведения научных исследований необходима правильно разработанная методика.

Методика исследований – совокупность способов и приемов решения задач исследования. Она отвечает на вопрос: что, как и какими способами проводить исследования?

Методики бывают *общие* и *частные*.

Общая методика исследований – методика, которая относится ко всему исследованию (отражает все способы и приемы исследований).

Общей методикой должно быть предусмотрено следующее: выбор раздатчика кормов и помещения, выбор и определение факторов, влияющих на процесс дозирования, выбор приборов, определение повторности, получение данных и их обработка, анализ выполненной работы, определение влияния дозированной выдачи корма на привес, сохранность животных и т. д. Например, по теме «Исследовать процесс дозирования влажных кормов кормораздатчиком».

Частная методика – это методика, которая относится к части целого исследования. В частных методиках, если нет гостированных

методик, указывается, как, например, выбрать факторы, каким образом проводить измерения и как их обработать, как определить привес животных и т. д.

Или, например, по теме «Исследование процесса лункообразования в целях борьбы с водной эрозией» – определение повторности, определение глубины промерзания почвы, накопления снега и процесса оттаивания и смыва почвы. Частными методиками в этом случае будут: как определить глубину промерзания почвы, накопления снега, оттаивания и смыв почвы, то есть эрозию.

В общем случае любая методика включает в себя цель и задачи эксперимента, выбор варьирующих факторов, обоснование средств и потребного количества измерений, описание проведения эксперимента, обоснование способов обработки и анализа результатов исследований.

Способы, средства и точность измерений

Обычно при исследованиях изучаемые закономерности представляются численными величинами, полученными в результате измерений.

Измерение – операция, при которой находят во сколько раз измеряемая физическая величина больше (или меньше) соответствующей величины, принятой за единицу. Измерения – основа опыта и всего исследования. Д.И. Менделеев писал, что наука начинается с тех пор, как начинают измерять.

Точность измеряемой аппаратуры зависит от того, какое явление или процесс исследуется. Например, при исследовании нормы высева семян достаточно проводить измерения с точностью до 10 г, подсчет количества животных – единица показателей чистоты обработки – микрон и т. д.

Развитие средств измерений имеет тенденцию к повышению точности измерений, к переходу измерения микровеличин за счет применения безынерционных приборов, применения бесконтактных приборов, регистрации непрерывно изменяющихся величин и т. д.

Киносъёмка, например, применяется для изучения (визуально) взаимодействия частиц почвы, растений, удобрений с рабочими органами.

При измерении величин исследователем делаются различные отметки (например, замечания обо всех интересных фактах и явлениях при эксперименте). Отметки обязательно надо сохранять наряду с записями осциллограммы, магнитной пленки или кинопленки.

При измерении любой физической величины необходимо выполнять три последовательные операции: поверку и установку приборов, наблюдение за их показаниями и отсчетом, вычисление искомой величины по результатам измерений и оценку погрешностей.

Измерительные устройства, имеющие пружины (динамометры, твердомер Ревякина, динамографы и т. д.) в обязательном порядке проходят тарировку, в результате чего снимается характеристика пружин.

За начало отсчета также берут показания на циферблате «0» или другую единицу измерения.

Чем выше точность измерений, тем надежнее результаты. *Точность* – степень соответствия результата измеренной величины действительному ее значению.

Грубые ошибки (промахи) чаще всего однократные, искажают явления и процессы, их нужно исключить, но с достаточным обоснованием.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель работы.
 3. Результаты выполнения работы (краткий отчет об изучении разделов работы).
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Как применяется критический анализ и синтез информации?
2. Как проводится определение темы научных исследований и обоснование ее актуальности?
3. Определите объект научного исследования.
4. Определите предмет научного исследования.
5. Структура программы и методики экспериментальных исследований.
6. Общая и частная методика научных исследований.
7. Способы и средства измерений. Точность измерений.
8. Цель обработки экспериментальных данных.
9. Как проводится выявление и исключение промахов из серии опытов?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ ЭТАПОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: познакомиться с содержанием этапов планирования экспериментальных исследований.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Понятие о плане эксперимента

Планирование эксперимента, как и всякий раздел науки, имеет свою терминологию. Для удобства понимания рассмотрим наиболее общие термины.

Эксперимент – целенаправленное воздействие на объект исследования с целью получения достоверной информации. Большинство научных исследований связано с экспериментом. Он проводится на производстве, в лабораториях, на опытных полях и участках, в клиниках и т. д. Эксперимент может быть физическим, психологическим или модельным. Он может непосредственно проводиться на объекте или на его модели. Модель обычно отличается от объекта масштабом, а иногда природой. Главное требование к модели – достаточно точное описание объекта. В последнее время наряду с физическими моделями все большее распространение получают абстрактные математические модели. К слову, планирование эксперимента напрямую связано с разработкой и исследованием математической модели объекта исследования.

Планирование эксперимента – процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Здесь существенно следующее: стремление к минимизации общего числа опытов; одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным правилам – алгоритмам; использование математиче-

ского аппарата, формализующего многие действия экспериментатора; выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов. Задачи, для решения которых может использоваться планирование эксперимента, чрезвычайно разнообразны. К ним относятся: поиск оптимальных условий, построение интерполяционных формул, выбор существенных факторов, оценка и уточнение констант теоретических моделей, выбор наиболее приемлемых из некоторого множества гипотез о механизме явлений, исследование диаграмм состав – свойство и т. д. Поиск оптимальных условий является одной из наиболее распространенных научно-технических задач. Они возникают в тот момент, когда установлена возможность проведения процесса и необходимо найти наилучшие (оптимальные) условия его реализации. Такие задачи называются задачами оптимизации. Процесс их решения называется процессом оптимизации или просто оптимизацией. Выбор оптимального состава многокомпонентных смесей и сплавов, повышение производительности действующих установок, повышение качества продукции, снижение затрат на ее получение – вот примеры задач оптимизации.

Далее следует понятие объекта исследования. Для его описания удобно пользоваться представлением о кибернетической системе. Иногда такую схему называют «черным ящиком». Стрелки справа изображают численные характеристики целей исследования. Мы их обозначаем буквой «игрек» (y) и называем параметрами оптимизации. В литературе встречаются другие названия: критерий оптимизации, целевая функция, выход «черного ящика» и т. д. Для проведения эксперимента необходимо иметь возможность воздействовать на наведение «черного ящика». Все способы такого воздействия мы обозначаем буквой «икс» (x) и называем факторами. Их называют также входами «черного ящика».

При решении задачи будем использовать математические модели исследования. Под математической моделью мы понимаем уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами. Это уравнение в общем виде можно записать так:

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (1)$$

Такая функция называется функцией отклика. Каждый фактор может принимать в опыте одно из нескольких значений. Эти значения называются уровнями. Для облегчения построения «черного

ящика» и эксперимента фактор должен иметь определенное число дискретных уровней. Фиксированный набор уровней факторов определяет одно из возможных состояний «черного ящика». Одновременно это есть условие проведения одного из возможных опытов. Если перебрать все возможные наборы состояний, то получается множество различных состояний «черного ящика». Одновременно это будет число возможных различных опытов.

Число возможных опытов определяют по выражению:

$$N = p^k, \quad (2)$$

где N – число опытов;

p – число уровней;

k – число факторов.

Реальные объекты обычно обладают огромной сложностью. Так, на первый взгляд, простая система с пятью факторами на пяти уровнях имеет 3 125 состояний, а для десяти факторов на четырех уровнях их уже свыше миллиона. В этих случаях выполнение всех опытов практически невозможно. Возникает вопрос: сколько и какие опыты нужно включить в эксперимент, чтобы решить поставленную задачу? Здесь-то и применяется планирование эксперимента.

Выполнение исследований посредством планирования эксперимента требует соблюдения некоторых требований. Основными из них являются условия воспроизводимости результатов эксперимента и управляемость эксперимента. Если повторить некоторые опыты через неравные промежутки времени и сравнить результаты, в нашем случае – значения параметра оптимизации, то разброс их значений характеризует воспроизводимость результатов. Если он не превышает некоторой заданной величины, то объект удовлетворяет требованию воспроизводимости результатов. Здесь мы будем рассматривать только такие объекты, где это условие выполняется. Планирование эксперимента предполагает активное вмешательство в процесс и возможность выбора в каждом опыте тех уровней факторов, которые представляют интерес. Поэтому такой эксперимент называют активным. Объект, на котором возможен активный эксперимент, называется управляемым. На практике нет абсолютно управляемых объектов, так как на них действуют как управляемые, так и неуправляемые факторы. Неуправляемые факторы влияют на воспроизводимость эксперимента и является причиной ее нарушения. В этих случаях приходится переходить к другим методам исследования.

2. Этапы планирования эксперимента

Методы планирования эксперимента позволяют минимизировать число необходимых испытаний, установить рациональный порядок и условия проведения исследований в зависимости от их вида и требуемой точности результатов. Если же по каким-либо причинам число испытаний уже ограничено, то методы дают оценку точности, с которой в этом случае будут получены результаты. Методы учитывают случайный характер рассеяния свойств испытываемых объектов и характеристик используемого оборудования. Они базируются на методах теории вероятности и математической статистики.

Планирование эксперимента включает ряд этапов.

1. Установление цели эксперимента (определение характеристик, свойств и т. п.) и его вида (определяющие, контрольные, сравнительные, исследовательские).

2. Уточнение условий проведения эксперимента (имеющееся или доступное оборудование, сроки работ, финансовые ресурсы, численность и кадровый состав работников и т. п.). Выбор вида испытаний (нормальные, ускоренные, сокращенные в условиях лаборатории, на стенде, полигонные, натурные или эксплуатационные).

3. Выявление и выбор входных и выходных параметров на основе сбора и анализа предварительной (априорной) информации. Входные параметры (факторы) могут быть детерминированными, то есть регистрируемыми и управляемыми (зависимыми от наблюдателя), и случайными, то есть регистрируемыми, но неуправляемыми. Наряду с ними на состояние исследуемого объекта могут оказывать влияние нерегистрируемые и неуправляемые параметры, которые вносят систематическую или случайную погрешность в результаты измерений. Это ошибки измерительного оборудования, изменение свойств исследуемого объекта в период эксперимента, например, из-за старения материала или его износа, воздействие персонала и т. д.

4. Установление потребной точности результатов измерений (выходных параметров), области возможного изменения входных параметров, уточнение видов воздействий. Выбирается вид образцов или исследуемых объектов, учитывая степень их соответствия реальному изделию по состоянию, устройству, форме, размерам и другим характеристикам. На назначение степени точности влияют условия изготовления и эксплуатации объекта, при создании которого будут использоваться эти экспериментальные данные. Условия изготовле-

ния, то есть возможности производства, ограничивают наивысшую реально достижимую точность. Условия эксплуатации, то есть условия обеспечения нормальной работы объекта, определяют минимальные требования к точности. Точность экспериментальных данных также существенно зависит от объема (числа) испытаний: чем испытаний больше, тем (при тех же условиях) выше достоверность результатов. Для ряда случаев (при небольшом числе факторов и известном законе их распределения) можно заранее рассчитать минимально необходимое число испытаний, проведение которых позволит получить результаты с требуемой точностью.

5. Составление плана и проведение эксперимента – количество и порядок испытаний, способ сбора, хранения и документирования данных. Порядок проведения испытаний важен, если входные параметры (факторы) при исследовании одного и того же объекта в течение одного опыта принимают разные значения. Например, при испытании на усталость при ступенчатом изменении уровня нагрузки предел выносливости зависит от последовательности нагружения, так как по-разному идет накопление повреждений, и, следовательно, будет разная величина предела выносливости. В ряде случаев, когда систематически действующие параметры сложно учесть и проконтролировать, их преобразуют в случайные, специально предусматривая случайный порядок проведения испытаний (рандомизация эксперимента). Это позволяет применять к анализу результатов методы математической теории статистики. Порядок испытаний также важен в процессе поисковых исследований: в зависимости от выбранной последовательности действий при экспериментальном поиске оптимального соотношения параметров объекта или какого-то процесса может потребоваться больше или меньше опытов. Эти экспериментальные задачи подобны математическим задачам численного поиска оптимальных решений. Наиболее хорошо разработаны методы одномерного поиска (однофакторные однокритериальные задачи), такие как метод Фибоначчи, метод золотого сечения.

6. Статистическая обработка результатов эксперимента, построение математической модели поведения исследуемых характеристик. Необходимость обработки вызвана тем, что выборочный анализ отдельных данных, вне связи с остальными результатами, или же некорректная их обработка могут не только снизить ценность практических рекомендаций, но и привести к ошибочным выводам. Обработка результатов включает:

- определение доверительного интервала среднего значения и дисперсии (или среднего квадратичного отклонения) величин выходных параметров (экспериментальных данных) для заданной статистической надежности;

- проверка на отсутствие ошибочных значений (выбросов), с целью исключения сомнительных результатов из дальнейшего анализа. Проводится на соответствие одному из специальных критериев, выбор которого зависит от закона распределения случайной величины и вида выброса;

- проверка соответствия опытных данных ранее априорно введенному закону распределения. В зависимости от этого подтверждаются выбранный план эксперимента и методы обработки результатов, уточняется выбор математической модели.

Построение математической модели выполняется в случаях, когда должны быть получены количественные характеристики взаимосвязанных входных и выходных исследуемых параметров. Это задачи аппроксимации, то есть выбора математической зависимости, наилучшим образом соответствующей экспериментальным данным. Для этих целей применяют регрессионные модели, которые основаны на разложении искомой функции в ряд с удержанием одного (линейная зависимость, линия регрессии) или нескольких (нелинейные зависимости) членов разложения (ряды Фурье, Тейлора). Одним из методов подбора линии регрессии является широко распространенный метод наименьших квадратов.

Для оценки степени взаимосвязанности факторов или выходных параметров проводят корреляционный анализ результатов испытаний. В качестве меры взаимосвязанности используют коэффициент корреляции: для независимых или нелинейно зависимых случайных величин он равен или близок к нулю, а его близость к единице свидетельствует о полной взаимосвязанности величин и наличии между ними линейной зависимости. При обработке или использовании экспериментальных данных, представленных в табличном виде, возникает потребность получения промежуточных значений. Для этого применяют методы линейной и нелинейной (полиномиальной) интерполяции (определение промежуточных значений) и экстраполяции (определение значений, лежащих вне интервала изменения данных).

7. Объяснение полученных результатов и формулирование рекомендаций по их использованию, уточнению методики проведения эксперимента.

Снижение трудоемкости и сокращение сроков испытаний достигается применением автоматизированных экспериментальных комплексов. Такой комплекс включает испытательные стенды с автоматизированной установкой режимов (позволяет имитировать реальные режимы работы), автоматически обрабатывает результаты, ведет статистический анализ и документирует исследования. Но велика и ответственность инженера в этих исследованиях: четкие поставленные цели испытаний и правильно принятое решение позволяют точно найти слабое место изделия, сократить затраты на доводку и итерационность процесса проектирования.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель работы.
 3. Результаты выполнения работы (краткий отчет об изучении разделов работы).
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Что такое эксперимент?
2. Содержание плана эксперимента.
3. Назовите основные этапы планирования эксперимента.
4. Методы планирования экспериментов.
5. Назвать исторические периоды развития изобретений и их признаки.
6. Привести примеры изобретений соответствующего периода.
7. Назвать методы решения изобретательских задач. Сущность метода контрольных вопросов.
8. Назвать методы решения изобретательских задач. Сущность метода перебора вариантов.
9. Назвать методы решения изобретательских задач. Сущность метода мозгового штурма.
10. Назвать методы решения изобретательских задач. Сущность метода синектики.
11. Назвать методы решения изобретательских задач. Сущность метода морфологического анализа.
12. Дать краткую характеристику изобретательских задач и их уровней.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: познакомиться с методикой планирования факторного эксперимента.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Планирование эксперимента

Требования к планированию эксперимента:

1) число опытов должно быть минимальным, чтобы не усложнять процедуру эксперимента и не увеличивать его стоимость, но не в ущерб точности результата;

2) необходимо определить совокупность факторов, влияющих на результаты эксперимента, ранжировать их, выявить главные, несущественные переменные можно исключить;

3) условием корректности эксперимента следует считать одновременное варьирование всеми переменными (факторами), оказывающими взаимное влияние на исследуемый процесс;

4) ряд действий в эксперименте может быть заменен их моделями (прежде всего математическими), при этом адекватность моделей должна быть проверена и оценена;

5) необходимо разработать стратегию эксперимента и алгоритм ее реализации: серии эксперимента должны анализироваться после завершения каждой из них перед переходом к последующей серии.

План проведения эксперимента должен включать следующие разделы:

1. Наименование темы исследования.
2. Цель и задачи эксперимента.

3. Условия проведения эксперимента: параметр оптимизации и варьируемые факторы.

4. Методика проведения исследования.

5. Обоснование количества опытов (объема эксперимента).

6. Средства и методика проведения измерений.

7. Материальное обеспечение эксперимента (перечень оборудования).

8. Методика обработки и анализа экспериментальных данных.

9. Календарный план проведения испытаний, в котором указываются сроки их выполнения, исполнители, представляемые данные эксперимента.

10. Смета расходов.

Цель и задачи эксперимента – исходный пункт плана. Они формулируются на основе анализа научной гипотезы, теоретических результатов собственного исследования либо исследований других авторов.

Цель определяет конечный результат эксперимента, то есть то, что исследователь должен получить в итоге. Например, подтвердить правильные научные гипотезы; проверить на практике адекватность, работоспособность и практическую пригодность моделей, методик; определить оптимальные условия технологического процесса и т. п.

В различных условиях цели требуют разных затрат, средств и методов измерения, времени эксперимента, отражаются на методике его проведения. Эти пункты плана будут различными, например, в условия лабораторного, полевого и производственного экспериментов.

Задачи эксперимента определяют частные цели, с помощью которых может быть достигнута конечная цель либо пути ее достижения. Например, определение оптимальных показателей температуры и давления при изготовлении фулиреновых нанотрубок; установление оптимального соотношения исходных материалов; обоснование скорости протекания технологического процесса и др.

Частными задачами эксперимента при его планировании могут быть:

- проверка теоретических положений с целью подтверждения их истинности;

- проверка (уточнение) констант математических либо иных моделей;

- поиск оптимальных (допустимых) условий какого-либо процесса;
- построение интерполяционных аналитических зависимостей.

Частные задачи эксперимента могут иметь несколько уровней, то есть древовидную форму. Рекомендуется формулировать 2–4 сложные задачи и 10–15 более простых задач.

Величина, описывающая результат проведенного эксперимента, называется *параметром оптимизации* (откликом) системы на воздействие. Множество значений, которые принимает параметр оптимизации, называется *областью его определения*.

Параметр оптимизации должен быть количественным, задаваться числом и быть измеримым при любом фиксированном наборе уровней факторов. Он обязан характеризоваться однозначно – заданному набору уровней факторов должно соответствовать, с точностью ошибки эксперимента, одно значение параметра оптимизации. Параметр оптимизации должен всесторонне характеризовать объект исследования, удовлетворять требованию универсальности и полноты. Он должен иметь физический смысл, чтобы обеспечить последующую интерпретацию результатов эксперимента, быть простым и легко вычисляемым.

Параметр оптимизации (отклик) зависит от факторов, влияющих на эксперимент. *Фактор* (лат. *factor* – производящий) – причина какого-либо процесса, явления, определяющая его влияние на объект исследования, его характер или отдельные черты. Это измеряемая величина, и каждое значение, которое может принимать фактор, называется *уровнем фактора*.

Каждый фактор в эксперименте может принимать одно из нескольких значений. Фиксированный набор уровней нескольких факторов будет определять какие-то конкретные условия проведения эксперимента. Изменение хотя бы одного из факторов приводит к изменению и условий, и, как следствие, к изменению значения параметра оптимизации.

Варьируемые факторы в многофакторном эксперименте определяют цели и условия исследования. Например, факторами в эксперименте по поиску оптимальных условий при производстве наноматериалов могут быть: температура, время воздействия, количество окисла и т. п.

Большое количество факторов делает эксперимент очень сложным и требует довольно много времени. Поэтому весьма важным при планировании эксперимента является сокращение числа факторов и выбор наиболее существенных. При этом можно руководствоваться принципом Парето, в соответствии с которым 20 % факторов определяют 80 % свойств системы.

Значимость факторов может быть определена опытным или аналитическим путем. В первом случае проводится ограниченный эксперимент. При этом один фактор изменяется, а остальные нет, и т. д. Ранжирование значимых факторов осуществляется по силе их влияния на результат эксперимента. Те факторы, изменение которых сильнее отражается на конечном результате, считаются более важными. Несущественными факторами можно пренебречь.

Если факторов много, этот путь неэффективен, тогда используется аналитический путь, основанный на методах факторного анализа.

Если факторы зависимы, их можно рассчитать с помощью метода топологической декомпозиции и структуры по их влиянию на конечную цель. Задача определения рангов факторов заключается в выделении наиболее связной части графа. Она решается поэтапно.

Сначала определяются «достижимые множества» для каждой вершины графа (для каждого фактора). Затем определяются «контр-достижимые множества», каждое из которых включает все вершины, имеющие путь в вершину. В завершении определяют наиболее существенные вершины графа, составляющие сильно связанный граф. Самые существенные факторы оставляют, остальные отбрасывают.

Важнейшим требованием эксперимента является управляемость факторов, а экспериментатор должен иметь возможность выбрать нужное значение фактора и поддерживать его постоянным на протяжении всего эксперимента. Фактор также должен быть операциональным, чтобы его можно было указать последовательностью операций, необходимых для задания того или иного значения.

Формализуя условия проведения эксперимента, важно также определиться с областью его проведения. Для этого необходимо оценить границы областей определения факторов. Здесь возможны ограничения нескольких типов: которые не могут быть нарушены ни при каких условиях (например, температура не может оказаться ниже абсолютного нуля); технико-экономические ограничения (например,

стоимость оборудования или продолжительность исследуемого процесса); конкретные условия процесса.

Под *моделью эксперимента* обычно понимают модель черного ящика, в которой используется функция отклика, устанавливающая зависимость между параметром оптимизации и факторами: $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Выбрать модель – значит выбрать вид этой функции и записать ее уравнение. Тогда останется только провести эксперимент по вычислению численных коэффициентов данной модели. Главное требование к модели эксперимента – способность предсказывать дальнейшее направление опытов с требуемой точностью. Среди всех возможных адекватных моделей необходимо выбирать ту, которая представляется наиболее простой.

Наиболее часто в планировании эксперимента выбирают полиномиальные модели первой (линейный) или второй степени:

$$\begin{aligned} y &= b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2, \\ y &= b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2. \end{aligned} \quad (1)$$

Методика проведения эксперимента – ключевая часть плана эксперимента. Она включает:

- последовательность действий исследователя;
- основные приемы и правила осуществления каждого этапа, использование приборов и оборудования;
- порядок измерения, фиксации результатов и методы их обработки;
- порядок анализа результатов эксперимента и формулирования выводов.

При разработке методики важно правильно обосновать количество опытов, которое гарантирует требуемую точность результата, а с другой стороны – не ведет к неоправданному перерасходу средств и времени на избыточные испытания.

При более чем десяти испытаниях обоснование количества опытов может быть осуществлено на основе неравенства Чебышева:

$$P[|\bar{X} - M(x)| \leq \varepsilon] \leq 1 - \frac{D(x)}{N\varepsilon^2}, \quad (2)$$

где X – среднее значение случайно измеряемой величины; $M\{x\}$ – математическое ожидание величины; ε – требуемая точность результата; $D(x)$ – дисперсия величины x , рассчитанная по результатам N проведенных опытов.

Неравенство можно сформулировать следующим образом: «вероятность того, что разность между математическим ожиданием и среднестатистическим значением случайной величины X не превысит требуемую точность результата – ε , равна разности между единицей и отношением $D(x) : N\varepsilon^2$ ».

В неравенстве три неизвестных: N и статистические характеристики, зависящие от N . Поэтому процесс расчета N является итеративным.

Если неравенство выполняется, то количество опытов достаточно. В противном случае количество опытов увеличивается.

Достаточное количество наблюдений (опытов) может быть определено при помощи таблицы достаточно больших чисел (табл. 1). Она показывает, что достаточное количество наблюдений зависит от степени уверенности в результатах эксперимента (доверительной вероятности), величины допустимой ошибки (доверительного интервала). Иными словами, степень уверенности определяется величиной вероятности, с которой делается соответствующее заключение.

Относительно выбора величины вероятности P нет какого-либо общего решения, одинакового при всех исследованиях. Чем ближе к единице будет величина рассматриваемой вероятности, тем надежнее будет заключение. В практике научных исследований доверительная вероятность обычно принимается $P = 0,9 - 0,99$. Требуемая точность при исследованиях устанавливается в зависимости от природы изучаемого явления. В большинстве случаев требуемая точность принимается равной $\varepsilon = 0,01 - 0,05$.

Например, если величина доверительной вероятности принята равной $P = 0,95$, а допустимая ошибка равна $\varepsilon = 0,05$, то достаточное число наблюдений в ходе эксперимента будет равно 384.

Другой важной составляющей плана эксперимента является *обоснование средств и методики измерений*, что предполагает выбор измерительных приборов, аппаратуры и оборудования, позволяет фиксировать данные эксперимента; преобразовывать их к удобному виду; хранить, обеспечивать выдачу по запросам и т. п.

Таблица 1 – Таблица достаточно больших чисел

<i>P</i>	ε									
	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
0,75	33	40	51	67	91	132	206	367	827	3308
0,80	41	50	64	83	114	164	256	456	1026	4105
0,85	51	63	80	105	143	207	323	575	1295	5180
0,90	67	83	105	138	187	270	422	751	1690	6763
0,91	71	88	112	146	199	287	449	798	1796	7185
0,92	76	94	119	156	212	306	478	851	1915	7662
0,93	82	101	128	167	227	328	512	911	2051	8207
0,94	88	109	138	180	245	353	552	982	2210	8843
0,95	96	118	150	195	266	384	600	1067	2400	9603
0,96	105	130	164	215	292	421	659	1171	2636	10544
0,965	111	137	173	226	308	444	694	1234	2778	11112
0,970	117	145	183	240	327	470	735	1308	2943	11773
0,975	125	155	196	256	348	502	784	1395	3139	12559
0,980	135	167	211	276	375	541	845	1503	3382	13529
0,985	147	182	231	301	410	591	924	1643	3697	14791
0,990	165	204	259	338	460	663	1036	1843	4146	16587
0,991	170	210	266	348	473	682	1066	1895	4264	17057
0,992	175	217	274	358	488	703	1098	1953	4395	17583
0,993	181	224	284	371	505	727	1136	2020	4545	18182
0,994	188	233	294	385	524	755	1179	2097	4718	18875
0,995	196	243	307	402	547	787	1231	2188	4924	19698
0,996	207	255	323	422	575	828	1294	2301	5177	20409
0,997	220	271	344	449	611	880	1376	2446	5504	22018
0,998	238	294	373	487	663	954	1492	2652	5968	23873
0,999	270	334	422	552	751	1082	1691	3007	6767	27069

Система измерений должна формироваться с учетом требований метрологии науки о методах и средствах измерений, выборе единиц, шкал и систем измерений; проблемах точности измерений. Методы измерений, которые могут быть применены в различных экспериментах, рассмотрены в предыдущей главе.

Эти методы измерения могут быть сведены в две группы: прямых (искомая величина измеряется непосредственно в ходе эксперимента) и косвенных измерений (искомая величина, полученная на основе результатов прямых измерений). Кроме того, по признаку единиц измерений различают абсолютные измерения, проводимые в единицах исследуемой величины, и относительные измерения, пред-

полагающие фиксацию отношения измеряемой величины к ее некоторому предельному значению.

Рассмотренные основы организации и проведения эксперимента носят лишь обзорный характер, а сущность, содержание, условия применения вышеизложенных рекомендаций и последовательность использования того или иного метода проведения эксперимента требуют более детального изучения. Кроме того, следует четко понимать, что каждый метод проведения эксперимента будет иметь и свои особенности в зависимости от объекта исследования.

2. Основные понятия планирования эксперимента

Планирование эксперимента, имеет свою определенную терминологию. Рассмотрим общие термины.

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

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

Планирование эксперимента – процедура выбора числа опытов и условий их проведения, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Все факторы, определяющие процесс, изменяются одновременно по специальным правилам, а результаты эксперимента представляются в виде математической модели.

Задачи, для решения которых может использоваться планирование эксперимента, чрезвычайно разнообразны. К ним относятся: поиск оптимальных условий, построение интерполяционных формул, выбор существенных факторов, оценка и уточнение констант теоретических моделей, выбор наиболее приемлемых из некоторого множества гипотез о механизме явлений, исследование диаграмм состав – свойство и т. д.

Поиск оптимальных условий является одной из наиболее распространенных научно-технических задач. Они возникают в тот момент, когда установлена возможность проведения процесса и необходимо найти наилучшие (оптимальные) условия его реализации. Такие задачи называются *задачами оптимизации*. Процесс их решения называется *процессом оптимизации* или просто оптимизацией. Примеры задачи оптимизации: выбор оптимального состава многокомпонентных смесей и сплавов, повышение производительности дейст-

вующих установок, повышение качества продукции, снижение затрат на ее получение и т. п.

Выделяют следующие этапы построения математической модели:

- 1) сбор и анализ априорной информации;
- 2) выбор факторов и выходных переменных, области экспериментирования;
- 3) выбор математической модели, с помощью которой будут представляться экспериментальные данные;
- 4) выбор критерия оптимальности плана эксперимента;
- 5) определение метода анализа данных;
- 6) проведение эксперимента;
- 7) проверка статистических предпосылок для полученных экспериментальных данных;
- 8) обработка результатов;
- 9) интерпретация и рекомендации.

Факторы определяют состояние объекта. Основное требование к факторам – управляемость. Под управляемостью понимается установление нужного значения фактора (уровня) и поддержание его в течение всего опыта. В этом состоит особенность активного эксперимента. Факторы могут быть количественными и качественными. Примерами количественных факторов являются температура, давление, концентрация и т. п. Их уровням соответствует числовая шкала. Различные катализаторы, конструкции аппаратов, способы лечения, методики преподавания являются примерами качественных факторов. Уровням таких факторов не соответствует числовая шкала, и их порядок не играет роли.

Выходные переменные – это реакции (отклики) на воздействие факторов. Отклик зависит от специфики исследования и может быть экономическим (прибыль, рентабельность), технологическим (выход, надежность), психологическим, статистическим и т. д. Параметр оптимизации должен быть эффективным с точки зрения достижения цели, универсальным, количественным, выражаемым числом, имеющим физический смысл, быть простым и легко вычисляемым.

Затраты машинного времени можно значительно сократить, если на этапе оптимизации параметров использовать экспериментальную факторную математическую модель. Экспериментальные факторные модели, в отличие от теоретических, не используют физических законов, описывающих происходящие в объектах процессы, а представляют

собой некоторые формальные зависимости выходных параметров от внутренних и внешних параметров объектов проектирования.

Экспериментальная факторная модель может быть построена на основе проведения экспериментов непосредственно на самом техническом объекте (физические эксперименты), либо вычислительных экспериментов на ЭВМ с теоретической моделью.

При построении экспериментальной факторной модели (рис. 1) объект моделирования (проектируемая техническая система) представляется в виде «черного ящика», на вход которого подаются некоторые переменные X и Z , а на выходе можно наблюдать и регистрировать переменные Y .



Рисунок 1 – Экспериментальная факторная модель

В процессе проведения эксперимента изменение переменных X и Z приводит к изменениям выходных переменных Y . Для построения факторной модели необходимо регистрировать эти изменения и осуществить необходимую статистическую обработку для определения параметров модели.

При проведении физического эксперимента переменными X можно управлять, изменяя их величину по заданному закону. Переменные Z – неуправляемые, принимающие случайные значения. При этом значения переменных X и Z можно контролировать и регистрировать с помощью соответствующих измерительных приборов. Кроме того, на объект воздействуют некоторые переменные E , которые нельзя наблюдать и контролировать. Переменные $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ называют контролируемыми управляемыми; переменные $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ – контролируемые, но неуправляемые, а переменные $E = (\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots \varepsilon_l)$ – неконтролируемые и неуправляемые.

Переменные X и Z называют факторами. Факторы X являются управляемыми и изменяются как детерминированные переменные, а факторы Z неуправляемые, изменяемые во времени случайным обра-

зом, то есть Z представляют собой случайные процессы. Пространство контролируемых переменных – факторов X и Z – образует факторное пространство.

Выходная переменная Y представляет собой вектор зависимых переменных моделируемого объекта. Ее называют откликом, а зависимость Y от факторов X и Z – функцией отклика. Геометрическое представление функции отклика называют поверхностью отклика.

Переменная E действует в процессе эксперимента бесконтрольно. Если предположить, что факторы X и Z стабилизированы во времени и сохраняют постоянные значения, то под влиянием переменных E функция отклика Y может меняться как систематическим, так и случайным образом. В первом случае говорят о систематической помехе, а во втором – о случайной помехе. При этом полагают, что случайная помеха обладает вероятностными свойствами, не изменяемыми во времени.

Возникновение помех обусловлено ошибками методик проведения физических экспериментов, ошибками измерительных приборов, неконтролируемыми изменениями параметров и характеристик объекта и внешней среды.

В вычислительных экспериментах объектом исследования является теоретическая математическая модель, на основе которой необходимо получить экспериментальную факторную модель. Для ее получения необходимо определить структуру и численные значения параметров модели.

Под структурой модели понимается вид математических соотношений между факторами X , Z и откликом Y . Параметры представляют собой коэффициенты уравнений факторной модели. Структуру модели обычно выбирают на основе априорной информации об объекте с учетом назначения и последующего использования модели. Задача определения параметров модели полностью формализована. Она решается методами регрессионного анализа. Экспериментальные факторные модели называют также регрессионными моделями.

Регрессионную модель можно представить выражением

$$\vec{Y} = (\vec{X}, \vec{Z}, \vec{B}), \quad (3)$$

где B – вектор параметров факторной модели.

Вид вектор-функции φ определяется выбранной структурой модели и считается заданным, а параметры B подлежат определению на основе результатов эксперимента.

Различают эксперименты пассивные и активные.

Пассивным называется такой эксперимент, когда значениями факторов управлять нельзя и они принимают случайные значения. В таком эксперименте существуют только факторы Z . В процессе эксперимента в определенные моменты времени измеряются значения факторов Z и функций откликов Y . После проведения N опытов полученная информация обрабатывается статистическими методами, позволяющими определить параметры факторной модели. Такой подход к построению математической модели лежит в основе метода статистических испытаний (Монте-Карло).

Активным называется такой эксперимент, когда значениями факторов задаются и поддерживаются их неизменными в заданных уровнях в каждом опыте в соответствии с планом эксперимента. Следовательно, в этом случае существуют только управляемые факторы X .

Основные особенности экспериментальных факторных моделей следующие: они статистические; представляют собой сравнительно простые функциональные зависимости между оценками математических ожиданий выходных параметров объекта от ее внутренних и внешних параметров; дают адекватное описание установленных зависимостей лишь в области факторного пространства, в которой реализован эксперимент. Статистически регрессионная модель описывает поведение объекта в среднем, характеризуя его неслучайные свойства, которые в полной мере проявляются лишь при многократном повторении опытов в неизменных условиях.

3. Основные принципы планирования эксперимента

Для получения адекватной математической модели необходимо обеспечить выполнение определенных условий проведения эксперимента. Модель называют адекватной, если в оговоренной области варьирования факторов X полученные с помощью модели значения функций отклика Y отличаются от истинных не более чем на заданную величину. Методы построения экспериментальных факторных моделей рассматриваются в теории планирования эксперимента.

Цель планирования эксперимента: получение максимума информации о свойствах исследуемого объекта при минимуме опытов.

Такой подход обусловлен высокой стоимостью экспериментов, как физических, так и вычислительных, и вместе с тем необходимостью построения адекватной модели.

При планировании активных экспериментов используются следующие принципы:

- отказ от полного перебора всех возможных состояний объекта;
- постепенное усложнение структуры математической модели;
- сопоставление результатов эксперимента с величиной случайных помех;
- рандомизация опытов;
- оптимальное планирование эксперимента.

Детальное представление о свойствах поверхности отклика может быть получено лишь при условии использования густой дискретной сетки значений факторов, покрывающей все факторное пространство. В узлах этой многомерной сетки находятся точки плана, в которых проводятся опыты. Выбор структуры факторной модели основан на постулировании определенной степени гладкости поверхности отклика. Поэтому с целью уменьшения количества опытов принимают небольшое число точек плана, для которых осуществляется реализация эксперимента.

При большом уровне случайной помехи получается большой разброс значений функции отклика Y в опытах, проведенных в одной и той же точке плана. В этом случае оказывается, что чем выше уровень помехи, тем с большей вероятностью простая модель окажется работоспособной. Чем меньше уровень помехи, тем точнее должна быть факторная модель.

Кроме случайной помехи при проведении эксперимента может иметь место систематическая помеха. Наличие этой помехи практически никак не обнаруживается и результат ее воздействия на функцию не поддается контролю. Однако если путем соответствующей организации проведения опытов искусственно создать случайную ситуацию, то систематическую помеху можно перевести в разряд случайных. Такой принцип организации эксперимента называют *рандомизацией систематически действующих помех*.

Наличие помех приводит к ошибкам эксперимента. Ошибки подразделяют на систематические и случайные, соответственно наименованиям вызывающих их факторов – помех.

Рандомизацию опытов осуществляют только в физических экспериментах. Следует отметить, что в этих экспериментах системати-

ческую ошибку может порождать наряду с отмеченными ранее факторами также неточное задание значений управляемых факторов, обусловленное некачественной калибровкой приборов для их измерения (инструментальная ошибка), конструктивными или технологическими факторами.

К факторам в активном эксперименте предъявляются определенные требования. Они должны быть:

- управляемыми (установка заданных значений и поддержание постоянными в процессе опыта);
- совместными (их взаимное влияние не должно нарушать процесс функционирования объекта);
- независимыми (уровень любого фактора должен устанавливаться независимо от уровней остальных);
- однозначными (одни факторы не должны быть функцией других);
- непосредственно влияющими на выходные параметры.

Выбор параметров оптимизации (критериев оптимизации) является одним из главных этапов работы на стадии предварительного изучения объекта исследования, т. к. правильная постановка задачи зависит от правильности выбора параметра оптимизации, являющегося функцией цели.

Под параметром оптимизации понимают характеристику цели, заданную количественно. Параметр оптимизации является реакцией (откликом) на воздействие факторов, которые определяют поведение выбранной системы.

Реальные объекты или процессы, как правило, очень сложны. Они часто требуют одновременного учета нескольких, иногда очень многих, параметров. Каждый объект может характеризоваться всей совокупностью параметров, или любым подмножеством этой совокупности, или одним-единственным параметром оптимизации. В последнем случае прочие характеристики процесса уже не выступают в качестве параметра оптимизации, а служат ограничениями. Другой путь – построение обобщенного параметра оптимизации как некоторой функции от множества исходных.

Параметр оптимизации (функции отклика) – это признак, по которому оптимизируется процесс. Он должен быть количественным, задаваться числом. Множество значений, которые может принимать параметр оптимизации, называется областью его определения. Области определения могут быть непрерывными и дискретными, огра-

ниченными и неограниченными. Например, выход реакции – это параметр оптимизации с непрерывной ограниченной областью определения. Он может изменяться в интервале от 0 до 100 %. Число бракованных изделий, число зерен на шлифе сплава, число кровяных телец в пробе крови – вот примеры параметров с дискретной областью определения, ограниченной снизу.

Количественная оценка параметра оптимизации на практике не всегда возможна. В таких случаях пользуются приемом, называемым ранжированием. При этом параметрам оптимизации присваиваются оценки – ранги по заранее выбранной шкале: двухбалльной, пятибалльной и т. д. Ранговый параметр имеет дискретную ограниченную область определения. В простейшем случае область содержит два значения (да, нет; хорошо, плохо). Это может соответствовать, например, годной продукции и браку.

4. Виды параметров оптимизации

В зависимости от объекта и цели параметры оптимизации могут быть весьма разнообразными. Введем некоторую классификацию. Реальные ситуации, как правило, довольно сложны. Они часто требуют нескольких, иногда очень многих, параметров. Каждый объект может характеризоваться сразу всей совокупностью параметров или любым подмножеством из этой совокупности. Движение к оптимуму возможно, если выбран один-единственный параметр оптимизации. Тогда прочие характеристики процесса уже не выступают в качестве параметров оптимизации, а служат ограничениями. Другой путь – построение обобщенного параметра оптимизации как некоторой функции от множества исходных.

Экономические параметры оптимизации, такие, как прибыль, себестоимость и рентабельность, обычно используются при исследовании действующих промышленных объектов, тогда как затраты на эксперимент имеет смысл оценивать в любых исследованиях, в том числе и лабораторных. Если цена опытов одинакова, затраты на эксперимент пропорциональны числу опытов, которые необходимо поставить для решения данной задачи. Это в значительной мере определяет выбор плана эксперимента.

Среди технико-экономических параметров наибольшее распространение имеет производительность. Такие параметры, как долговечность, надежность и стабильность, связаны с длительными наблю-

дениями. Имеется некоторый опыт их использования при изучении дорогостоящих ответственных объектов, например, радиоэлектронной аппаратуры.

Почти во всех исследованиях приходится учитывать количество и качество получаемого продукта. Как меру количества продукта используют выход, например, процент выхода химической реакции, выход годных изделий. Показатели качества чрезвычайно разнообразны. Характеристики количества и качества продукта образуют группу *технико-технологических параметров*.

Под рубрикой «прочие» сгруппированы различные параметры, которые реже встречаются, но не являются менее важными. Сюда попали статистические параметры, используемые для улучшения характеристик случайных величин или случайных функций. В качестве примеров можно назвать задачи на минимизацию дисперсии случайной величины, на уменьшение числа выбросов случайного процесса за фиксированный уровень и т. д. Последняя задача возникает, в частности, при выборе оптимальных настроек автоматических регуляторов или при улучшении свойств нитей (проволока, пряжа, искусственное волокно и др.).

Требования к параметрам оптимизации:

1. Параметр оптимизации должен быть количественным.

2. Параметр оптимизации должен выражаться одним числом. Иногда это получается естественно, как регистрация показания прибора. Например, скорость движения машины определяется числом на спидометре. Часто приходится проводить некоторые вычисления. Так бывает при расчете выхода реакции. В химии часто требуется получать продукт с заданным отношением компонентов, например, $A : B = 3 : 2$. Один из возможных вариантов решения подобных задач состоит в том, чтобы выразить отношение одним числом (1,5) и в качестве параметра оптимизации пользоваться значением отклонений (или квадратов отклонений) от этого числа.

3. Однозначность в статистическом смысле. Заданному набору значений факторов должно соответствовать одно значение параметра оптимизации, при этом обратное неверно: одному и тому же значению параметра могут соответствовать разные наборы значений факторов.

4. Наиболее важным требованием к параметрам оптимизации является его возможность действительно эффективной оценки функционирования системы. Представление об объекте не остается постоянным в ходе исследования. Оно меняется по мере накопления ин-

формации и в зависимости от достигнутых результатов. Это приводит к последовательному подходу при выборе параметра оптимизации. Так, например, на первых стадиях исследования технологических процессов в качестве параметра оптимизации часто используется выход продукта. Однако в дальнейшем, когда возможность повышения выхода исчерпана, начинают интересоваться такими параметрами, как себестоимость, чистота продукта и т. д. Оценка эффективности функционирования системы может осуществляться как для всей системы в целом, так и оценкой эффективности ряда подсистем, составляющих данную систему. Но при этом необходимо учитывать возможность того, что оптимальность каждой из подсистем по своему параметру оптимизации не исключает возможность гибели системы в целом. Это означает, что попытка добиться оптимума с учетом некоторого локального или промежуточного параметра оптимизации может оказаться неэффективной или даже привести к браку.

5. Требование универсальности или полноты. Под универсальностью параметра оптимизации понимают его способность всесторонне охарактеризовать объект. В частности, технологические параметры недостаточно универсальны: они не учитывают экономику. Универсальностью обладают, например, обобщенные параметры оптимизации, которые строятся как функции от нескольких частных параметров.

6. Параметр оптимизации желательно должен иметь физический смысл, быть простым и легко вычисляемым. Требование физического смысла связано с последующей интерпретацией результатов эксперимента. Не представляет труда объяснить, что значит максимум извлечения, максимум содержания ценного компонента. Эти и подобные им технологические параметры оптимизации имеют ясный физический смысл, но иногда для них может не выполняться, например, требование статистической эффективности. Тогда рекомендуется переходить к преобразованию параметра оптимизации. Второе требование, т. е. простота и легко вычисляемость, также весьма существенны. Для процессов разделения термодинамические параметры оптимизации более универсальны. Однако на практике ими пользуются мало: их расчет довольно труден. Из приведенных двух требований первое является более существенным, потому что часто удается найти идеальную характеристику системы и сравнить ее с реальной характеристикой.

5. Факторы

После выбора объекта исследования и параметра оптимизации нужно рассмотреть все факторы, которые могут влиять на процесс. Если какой-либо существенный фактор окажется неучтенным и принимал произвольные значения, не контролируемые экспериментатором, то это значительно увеличит ошибку опыта. При поддержании этого фактора на определенном уровне может быть получено ложное представление об оптимуме, так как нет гарантии, что полученный уровень является оптимальным.

С другой стороны, большое число факторов увеличивает число опытов и размерность факторного пространства.

Выбор факторов эксперимента является весьма существенным, от этого зависит успех оптимизации.

Фактор – измеряемая переменная величина, принимающая в некоторый момент времени определенное значение и влияющая на объект исследования.

Факторы должны иметь область определения, внутри которой задаются его конкретные значения. Область определения может быть непрерывной или дискретной. При планировании эксперимента значения факторов принимаются дискретными, что связано с уровнями факторов. В практических задачах области определения факторов имеют ограничения, которые носят либо принципиальный, либо технический характер.

Факторы разделяются на *количественные* и *качественные*.

К количественным относятся те факторы, которые можно измерять, взвешивать и т. д.

Качественные факторы – это различные вещества, технологические способы, приборы, исполнители и т. п.

Хотя к качественным факторам не соответствует числовая шкала, но при планировании эксперимента к ним применяют условную порядковую шкалу в соответствии с уровнями, т. е. производится кодирование. Порядок уровней здесь произволен, но после кодирования он фиксируется.

Требования к факторам эксперимента:

1. Факторы должны быть управляемыми, это значит, что выбранное нужное значение фактора можно поддерживать постоянным в течение всего опыта. Планировать эксперимент можно только в том случае, если уровни факторов подчиняются воле экспериментатора.

Например, экспериментальная установка смонтирована на открытой площадке. Здесь температурой воздуха мы не можем управлять, ее можно только контролировать, и потому при выполнении опытов температуру, как фактор, мы не можем учитывать.

2. Чтобы точно определить фактор, нужно указать последовательность действий (операций), с помощью которых устанавливаются его конкретные значения. Такое определение называется операциональным. Так, если фактором является давление в некотором аппарате, то совершенно необходимо указать, в какой точке и с помощью какого прибора оно измеряется и как оно устанавливается. Введение операционального определения обеспечивает однозначное понимание фактора.

3. Точность замеров факторов должна быть возможно более высокой. Степень точности определяется диапазоном изменения факторов. В длительных процессах, измеряемых многими часами, минуты можно не учитывать, а в быстрых процессах приходится учитывать доли секунды.

Исследование существенно усложняется, если фактор измеряется с большой ошибкой или значения факторов трудно поддерживать на выбранном уровне (уровень фактора «плывет»), то приходится применять специальные методы исследования, например, конфлюэнтный анализ.

4. Факторы должны быть однозначны. Трудно управлять фактором, который является функцией других факторов. Но в планировании могут участвовать другие факторы, такие как соотношения между компонентами, их логарифмы и т. п. Необходимость введения сложных факторов возникает при желании представить динамические особенности объекта в статической форме. Например, требуется найти оптимальный режим подъема температуры в реакторе. Если относительно температуры известно, что она должна нарастать линейно, то в качестве фактора вместо функции (в данном случае линейной) можно использовать тангенс угла наклона, то есть градиент.

5. При планировании эксперимента одновременно изменяют несколько факторов, поэтому необходимо знать требования к совокупности факторов. Прежде всего выдвигается требование совместимости. Совместимость факторов означает, что все их комбинации осуществимы и безопасны. Несовместимость факторов наблюдается на границах областей их определения. Избавиться от нее можно сокращением областей. Положение усложняется, если несовместимость

проявляется внутри областей определения. Одно из возможных решений – разбиение на подобласти и решение двух отдельных задач.

6. При планировании эксперимента важна независимость факторов, то есть возможность установления фактора на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Если это условие невыполнимо, то невозможно планировать эксперимент.

6. Требования к совокупности факторов

При планировании эксперимента обычно одновременно изменяется несколько факторов. Поэтому очень важно сформулировать требования, которые предъявляются к совокупности факторов. Прежде всего выдвигается требование совместимости. Совместимость факторов означает, что все их комбинации осуществимы и безопасны. Это очень важное требование. Представьте себе, что вы поступили легкомысленно, не обратили внимания на требование совместимости факторов и запланировали такие условия опыта, которые могут привести к взрыву установки или осмолению продукта. Согласитесь, что такой результат очень далек от целей оптимизации.

Несовместимость факторов может наблюдаться на границах областей их определения. Избавиться от нее можно сокращением областей. Положение усложняется, если несовместимость проявляется внутри областей определения. Одно из возможных решений – разбиение на подобласти и решение двух отдельных задач.

При планировании эксперимента важна независимость факторов, то есть возможность установления фактора на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Если это условие невыполнимо, то невозможно планировать эксперимент. Итак, мы подошли ко второму требованию – отсутствие корреляции между факторами. Требование некоррелированности не означает, что между значениями факторов нет никакой связи. Достаточно, чтобы связь не была линейной.

7. Планирование эксперимента.

План эксперимента

При проведении активного эксперимента задается определенный план варьирования факторов, то есть эксперимент заранее планируется.

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

Планирование эксперимента – выбор плана эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям.

Точка плана – упорядоченная совокупность численных значений факторов, соответствующая условиям проведения опыта, точка факторного пространства, в которой проводится эксперимент. Точке плана с номером i соответствует вектор-строка:

$$\vec{X}_{i1} = (X_{i1}, X_{i1}, \dots, X_{in}). \quad (4)$$

Общая совокупность таких векторов X_i , $i = 1, L$ образует план эксперимента, а совокупность различных векторов, число которых обозначим N – спектр плана.

В активном эксперименте факторы могут принимать только фиксированные значения. Фиксированное значение фактора называют уровнем фактора. Количество принимаемых уровней факторов зависит от выбранной структуры факторной модели и принятого плана эксперимента. Минимальный X_{jmin} и максимальный X_{jmax} , $j = 1, \dots, n$ (n – число факторов) уровни всех факторов выделяют в факторном пространстве некоторый гиперпараллелепипед, представляющий собой область планирования. В области планирования находятся все возможные значения факторов, используемые в эксперименте.

Вектор $X^0 = (X_1^0, X_2^0, \dots, X_n^0)$ задает точку центра области планирования. Координаты этой точки X_{j0} обычно выбирают из соотношения:

$$X_j^0 = \frac{(X_{jmax} + X_{jmin})}{2}. \quad (5)$$

Точку X^0 называют центром эксперимента. Она определяет основной уровень факторов X_j^0 , $j = 1, \dots, n$. Центр эксперимента стремятся выбрать как можно ближе к точке, которая соответствует искомым оптимальным значениям факторов. Для этого используется априорная информация об объекте.

Интервалом (или шагом) варьирования фактора X_j называют величину, вычисляемую по формулам:

$$\Delta X_j = \frac{(X_{jmax} - X_{jmin})}{2}, \quad (6)$$

$$j = 1, \dots, n.$$

Факторы нормируют, а их уровни кодируют. В кодированном виде верхний уровень обозначают +1, нижний -1, а основной 0. Нормирование факторов осуществляют на основе соотношения:

$$x_j = (X_j - X_{0j}) / \Delta X_j, \quad (7)$$

$$j = 1, \dots, n.$$

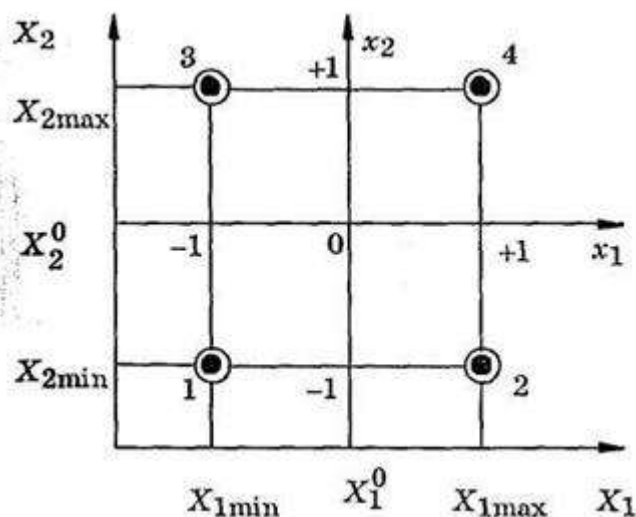


Рисунок 2 – Геометрическое представление области планирования при двух факторах: X_1 и X_2

Точки 1, 2, 3, 4 являются точками плана эксперимента. Например, значения факторов X_1 и X_2 в точке 1 равны соответственно X_{1min} и X_{2min} , а нормированные их значения $X_{1min} = -1$, $X_{2min} = -1$.

После установления нулевой точки выбирают интервалы варьирования факторов. Это связано с определением таких значений факторов, которые в кодированных величинах соответствуют +1 и -1. Интервалы варьирования выбирают с учетом того, что значения факторов, соответствующие уровням +1 и -1, должны быть достаточно отличимы от значения, соответствующего нулевому уровню. Поэтому

являются выходные параметры технической системы, характеризующие ее эффективность и качество процессов функционирования. Выходные параметры системы принимаются в качестве критериев оптимальности.

Структура факторной модели выбирается на основе априорной информации, используя принцип постепенного ее усложнения. Параметры факторной математической модели определяются методами регрессионного анализа. При определении параметров этими методами нет необходимости различать виды факторов, то есть подразделять факторы на управляемые X и неуправляемые Z . Поэтому в дальнейшем все они будут обозначаться буквой X . Тогда факторную модель можно представить векторным уравнением регрессии вида:

$$\vec{Y} = \vec{\varphi}(\vec{X}, \vec{B}). \quad (9)$$

Для определения параметров используются результаты эксперимента. Результаты эксперимента можно представить функцией вида:

$$Y = \varphi(\vec{X}) + \varepsilon, \quad (10)$$

где ε – аддитивная помеха случайного характера с нормальным распределением.

В качестве базисных функций используют переменные простейших полиномов, системы ортогональных полиномов, тригонометрические функции. Наиболее часто пользуются простейшими полиномами первой и второй степеней. Например, полином первой степени, описывающий функцию отклика y при двух факторах x_1 и x_2 , может иметь вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (11)$$

или

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2, \quad (12)$$

а полином второй степени будет иметь вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2. \quad (13)$$

Базисные функции в случае использования последнего выражения имеют вид:

$$f_0(\mathbf{X}) = 1;$$

$$f_1(\mathbf{X}) = x_1;$$

$$f_2(\mathbf{X}) = x_2;$$

$$f_3(\mathbf{X}) = x_1 x_2;$$

$$f_4(\mathbf{X}) = x_{12};$$

$$f_5(\mathbf{X}) = x_{22}.$$

8. Планы экспериментов и их свойства.

Виды экспериментов

Для проведения активных экспериментов разработано множество различных планов. Планы учитывают как особенности структуры регрессионных моделей, так и требования их эффективности с позиций повышения точности получаемых моделей и снижения затрат на проведение эксперимента.

При построении линейных моделей или нелинейных, содержащих только взаимодействия факторов, но без квадратов этих факторов, каждый фактор можно варьировать только на двух уровнях. Для получения таких моделей используют планы первого порядка.

Известно несколько разновидностей планов первого порядка. Они предназначены для планирования следующих видов экспериментов:

- однофакторного (классического) эксперимента;
- полного факторного эксперимента;
- дробного факторного эксперимента.

Если в регрессионную модель входят факторы в квадрате или с более высокими степенями, то необходимо не менее трех уровней варьирования факторов. При построении квадратичных моделей применяют планы второго порядка.

Планы различают по степени насыщенности и композиционности. План называют насыщенным, если общее число точек плана равно числу неизвестных параметров регрессионной модели. Такой план позволяет получить экспериментальную факторную модель при минимальных затратах, так как обеспечивает минимум числа опытов.

План называется композиционным, если в спектр его в качестве составной части входят точки спектра плана, который был реализован при построении более простой модели. Композиционность плана позволяет реализовать принцип постепенного усложнения модели при минимальных затратах, так как при этом используются результаты опытов, выполненных для получения простой модели. Многие планы второго порядка являются композиционными.

8.1. План однофакторного эксперимента

Однофакторный (классический) эксперимент предназначен для получения линейной экспериментальной факторной модели вида:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n. \quad (14)$$

Однофакторный эксперимент предусматривает поочередное варьирование каждого из факторов при фиксированных на некотором уровне значениях остальных факторов. Фактор X_i варьируют на двух уровнях X_{iB} и X_{iI} . На все остальные при этом должны находиться в точке центра эксперимента X_{j0} , j, i . Для нормированных факторов $x_{jB} = +1$, $x_{jI} = -1$, $x_j = 0$. С учетом этого составим матрицу спектра плана однофакторного эксперимента:

$$X = \begin{vmatrix} -1 & 0 & \dots & 0 \\ +1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -1 & \dots & 0 \\ 0 & +1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & -1 \\ 0 & 0 & \dots & +1 \end{vmatrix}. \quad (15)$$

Число точек плана в этом случае $N = 2^n$, где n – количество факторов.

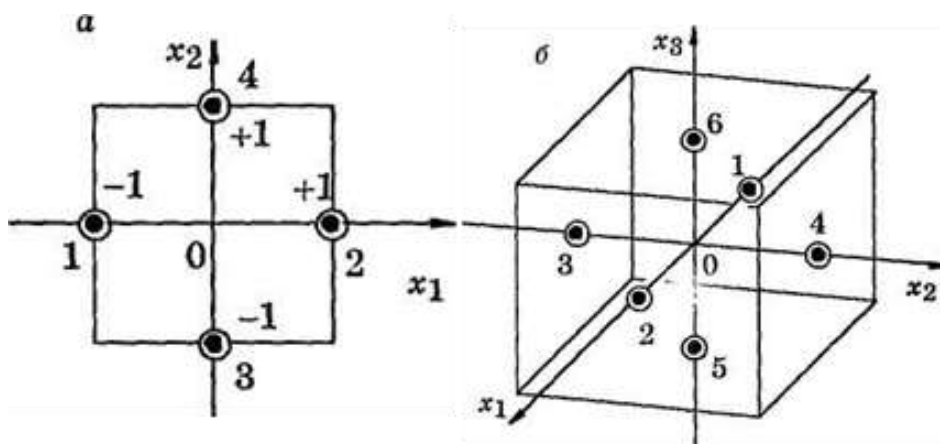


Рисунок 3 – Схема однофакторного эксперимента

Вектор базисных функций имеет вид:

$$\vec{f}(\vec{x}) = (1, x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (16)$$

8.2. План полного факторного эксперимента

Спектр плана полного факторного эксперимента (ПФЭ) содержит все возможные комбинации значений факторов на всех уровнях их изменения. Число точек N спектра плана определяется по формуле:

$$N = U^n, \quad (17)$$

где U – число уровней варьирования факторов; n – количество факторов.

Рассмотрим особенности и свойства ПФЭ, применяемых при построении линейных регрессий.

Для получения линейной регрессии достаточно варьировать факторы на двух уровнях, $U = 2$. Тогда число точек спектра плана будет:

$$N = 2^n. \quad (18)$$

Такой план принято обозначать ПФЭ 2^n .

Рассмотрим порядок составления матрицы спектра плана, полагая, что факторы нормированы и, следовательно, могут принимать значения только либо $+1$, либо -1 .

Для составления матрицы спектра плана используется следующее простое правило: в первой строке матрицы все факторы равны -1 , в первом столбце знаки единиц меняются поочередно; во втором столбце они чередуются через два; в третьем – через 4; в четвертом – через 8 и т. д. по степеням двойки.

При $n = 2$ число точек плана $N = 2^2 = 4$, а матрица спектра плана имеет вид:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} -1 & -1 \\ +1 & -1 \\ -1 & +1 \\ +1 & +1 \end{pmatrix} \quad (19)$$

При $n = 3$ $N = 2^3 = 8$, а матрица спектра плана имеет вид:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 \\ -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 \\ -1 & -1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 \\ -1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 \end{pmatrix} \quad (20)$$

Точки плана ПФЭ $2n$ располагаются в вершинах n – мерного гиперкуба (рис. 4).

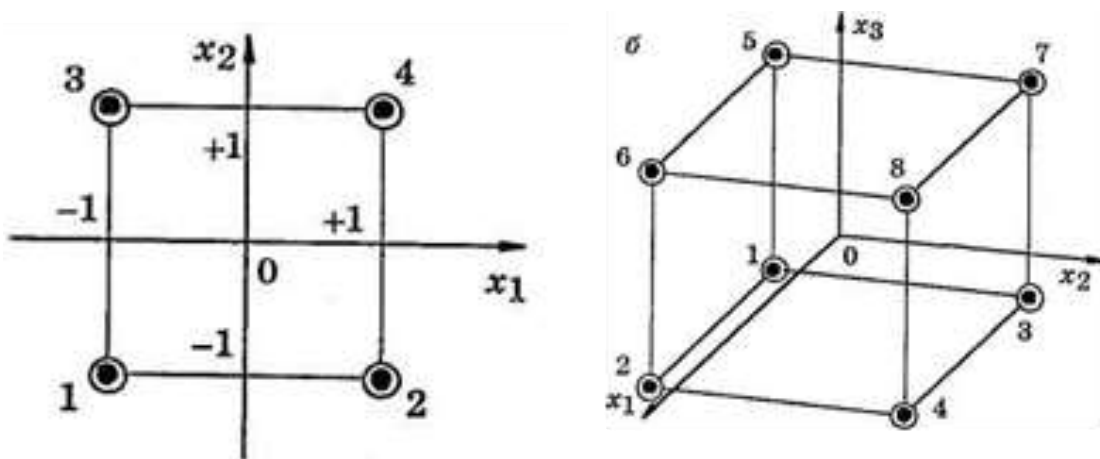


Рисунок 4 – Точки плана ПФЭ $2n$

Посредством ПФЭ можно построить как простейшую линейную модель технической системы вида:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n, \quad (21)$$

так и нелинейную.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель работы.
 3. Результаты выполнения работы (краткий отчет об изучении разделов работы).
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные требования к планированию эксперимента.
2. Содержание плана эксперимента.
3. Перечислите цели и задачи эксперимента.
4. Что такое фактор эксперимента?
5. Назовите разновидности планов эксперимента.
6. Пояснить сущность фундаментального закона развития технических систем.
7. Дать характеристику частным законам развития технических систем (ТС).
8. Сущность закона полноты частей системы, пример.
9. Сущность закона энергетической проводимости, пример.
10. Сущность закона согласования ритмики частей системы, пример.
11. Сущность закона увеличения степени идеальности, понятие ИКР
12. Сущность закона неравномерного развития частей системы, пример.
13. Сущность закона перехода в надсистему, пример.
14. Сущность закона перехода с макроуровня на микроуровень, пример.
15. Выбор средств измерений и числа наблюдений с учетом ошибок измерений
16. Достоверность результатов исследований
17. Разновидности эксперимента и понятия метрологии
18. Корреляционные связи и зависимости.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

СТАНДАРТНАЯ ОБРАБОТКА ОПЫТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Цель работы: познакомиться со стандартной методикой обработки статистических данных на примере изучения износа деталей при помощи микрометража с целью определения показателей надежности.

1. Микрометраж деталей

1.1. Задачи микрометража

Микрометраж гильзы проводится для выявления и анализа характера и величины износа гильзы в различных сечениях по высоте.

Микрометраж партии гильз, поступивших в ремонт двигателей, проводится с целью получения первичной информации для дальнейшей статистической обработки.

1.2. Методика измерений

Измерения проведем индикаторным нутромером в нескольких сечениях при помощи винтового приспособления. Величина износа в каждом сечении определяется по формуле:

$$h_i = D_o - D_i, \text{ мм}, \quad (1)$$

где h_i – величина износа гильзы в i -м сечении, мм;

D_o – диаметр гильзы в ее верхней неизношенной части, мм;

D_i – диаметр гильзы в i -м сечении, мм.

Настроив индикаторный нутромер на нуль по верхней неизношенной части гильзы, по отклонениям стрелки определяем величину износа в сечениях. Результаты замеров сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты замеров гильзы

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_i	0	0,17	0,18	0,15	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04	0,03	0,02

По результатам замеров построим диаграмму износа гильзы по высоте с учетом того, что первое сечение расположено в верхней части гильзы (рис. 1).

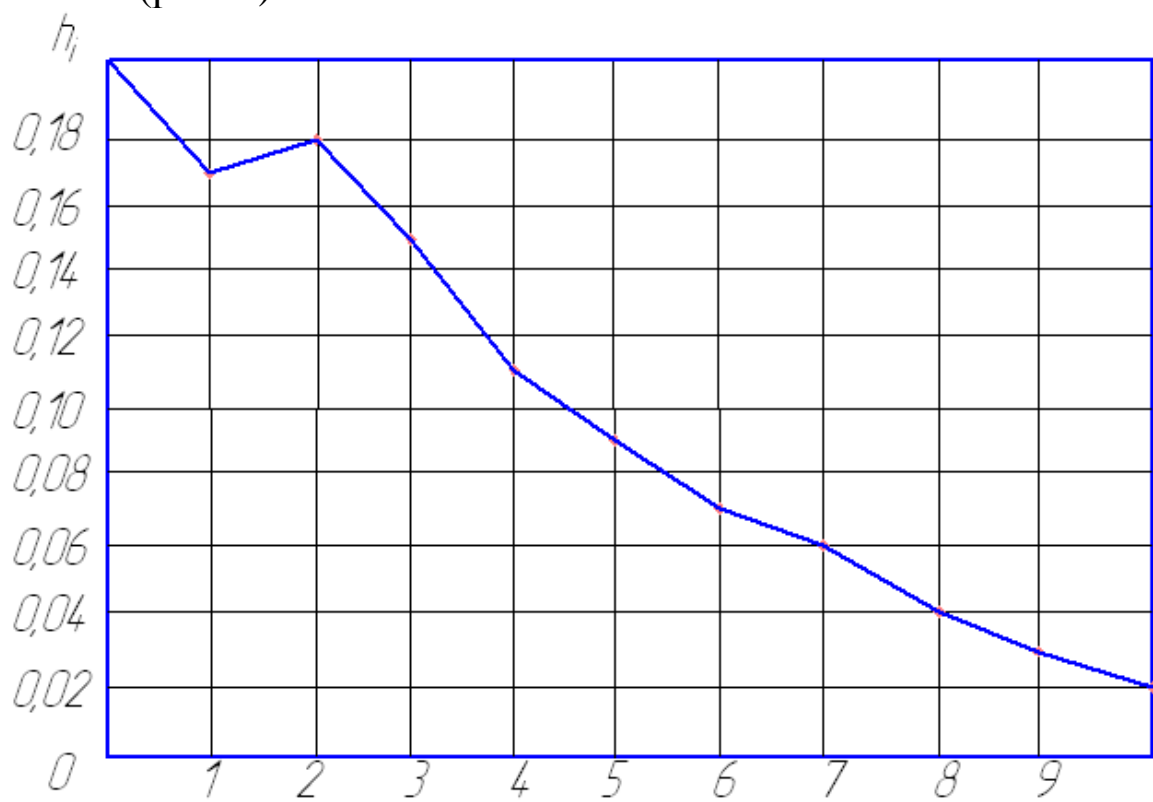


Рисунок 1 – Диаграмма износа гильзы

2. Обработка результатов микрометража деталей

2.1. Предварительные вычисления

В результате измерения партии гильз цилиндров двигателя А-41 в сечении наибольшего износа получены следующие значения износа в мм, которые расположены в порядке возрастания: 0,03; 0,05; 0,06; 0,07; 0,07; 0,08; 0,09; 0,09; 0,10; 0,11; 0,11; 0,11; 0,12; 0,12; 0,13; 0,13; 0,15; 0,15; 0,16; 0,16; 0,20; 0,20; 0,21; 0,23; 0,25; 0,25; 0,27; 0,28; 0,30. Всего 29 замеров.

Определение зоны рассеивания S :

$$S = h_{\max} - h_{\min}, \quad (2)$$

где h_{\max} – максимальная величина износа гильзы;

h_{\min} – минимальная величина износа гильзы, $h_{\min} = 0,03$ мм.

$$S = 0,30 - 0,03 = 0,27 \text{ мм.}$$

Определяем число разрядов (интервалов) K :

$$K = \sqrt{29} = 5,39.$$

Принимаем $K = 5$.

Определяем длину разряда l :

$$l = \frac{S}{K} = \frac{0,27}{5} = 0,05. \quad (3)$$

Определяем величину сдвига c из условия:

$$0,03 \geq c \geq 0,03 - \frac{0,05}{2}.$$

В нашем случае имеет смысл принять $c = 0,02$ мм.

Начало первого разряда a_1 принимаем равным величине сдвига:

$$a_1 = c = 0,02 \text{ мм.}$$

В нашем случае имеет смысл принять конечное значение ряда информации $b_k = 0,32$ мм. Тогда окончательно длина разряда определится из выражения:

$$l = \frac{b_k - c}{K} = \frac{0,32 - 0,02}{5} = 0,06 \text{ мм.} \quad (4)$$

2.2. Построение таблицы статистического ряда и статистических графиков

Таблица 2 – Статистический ряд износа гильзы

i	Разряды		h_i	l_i	m_i	$q_i = \frac{m_i}{n}$	$f = \frac{q_i}{l_i}$	ΣF_i
	a_i	b_i						
1	0,02	0,08	0,05	0,06	6	0,207	3,45	0,207
2	0,08	0,14	0,11	0,06	10	0,345	5,75	0,552
3	0,14	0,20	0,17	0,06	6	0,207	3,45	0,759
4	0,20	0,26	0,23	0,06	4	0,138	2,3	0,897
5	0,26	0,32	0,29	0,06	3	0,103	1,72	1

В таблице a_i – начало i -го разряда, b_i – конец i -го разряда.

$l_i = b_i - a_i$ – длина i -го разряда, мм;

$t_i = \frac{a_i + b_i}{2}$ – середина i -го разряда, мм;

n – сумма частот в разрядах;

m_i – частота или число отказавших объектов в i -м разряде, то есть в промежутке наработки от a_i до b_i , мм;

$q_i = \frac{m_i}{n}$ – частость или статистическая вероятность отказа в i -м разряде;

$f = \frac{q_i}{l_i}$ – статистическая плотность распределения износа в i -м разряде, мм⁻¹;

ΣF_i – накопленная частота или статистическая функция распределения износа в i -м разряде.

По данным таблицы 2 строим гистограмму (рис. 2), используя значения q_i в каждом разряде i .

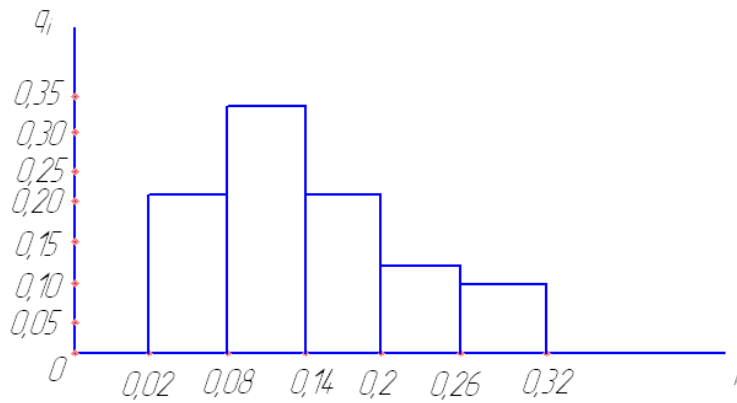


Рисунок 2 – Гистограмма распределения износа гильз

2.3. Определение математического ожидания, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации

Статистическую оценку математического ожидания \bar{m} и среднеквадратического отклонения σ , а также коэффициента вариации v определяем по формулам:

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k h_i \cdot m_i; \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k (h_i - \bar{m})^2 m_i}. \quad (6)$$

Расчеты сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – К расчету \bar{m} и σ

i	h_i	m_i	$h_i \cdot m_i$	$(h_i - \bar{m})^2 m_i$
1	0,05	6	0,3	0,06
2	0,11	10	1,1	0,016
3	0,17	6	1,02	0,0024
4	0,23	4	0,92	0,0256
1	2	3	4	5
5	0,29	3	0,87	0,0588

$$\sum_1^K h_i \cdot m_i = 4,21;$$

$$\sum \left(h_i - \bar{m} \right)^2 m_i = 0,1628;$$

$$\bar{m} = \frac{4,21}{29} = 0,15 \text{ мм};$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{29-1} \cdot 0,1628} = 0,076 \text{ мм}.$$

Определяем коэффициент вариации по формуле

$$v = \frac{\sigma}{\bar{m} - c}; \quad (7)$$

$$v = \frac{0,076}{0,15 - 0,02} = 0,585.$$

2.4. Подбор теоретического закона распределения и определение его параметров

Решение о том, какому закону распределения подчиняется величина износа детали, принимаем с учетом трех факторов: физической сущности случайной величины с учетом области применения того или иного закона распределения; внешнего вида гистограммы, сравнивая ее с различными кривыми теоретического закона распределения $f(t)$; величины коэффициента вариации v .

По третьему фактору имеются следующие рекомендации:

при $v < 0,3$ скорее всего имеет место ЗНР;

при $0,3 < v < 0,5$ может иметь место как ЗНР, так и ЗРВ;

при $v > 0,5$ имеет место ЗРВ;

при $v = 1$ имеет место ЭЗР как частный случай ЗРВ.

По физической сущности в данном случае нас устраивает два закона: закон нормального распределения и закон распределения Вейбулла, поскольку речь идет об износе детали. По внешнему виду гистограммы (см. рис. 2), скорее всего, подходит закон распределения Вейбулла, так как гистограмма ассиметрична. По величине коэффициента вариации также подходит закон Вейбулла, поскольку $v = 0,585$.

Таким образом, мы можем предположить, что величина износа детали подчиняется закону распределения Вейбулла:

$$f(h) = \frac{b}{a} \left(\frac{h-c}{a} \right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{h-c}{a}\right)^b}, \quad (8)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-c}{a}\right)^b}, \quad (9)$$

где $F(h)$ – функция распределения вероятностей;

$f(h)$ – теоретический закон распределения износа гильз;

h – величина износа детали, мм;

a, b, c – параметры закона распределения.

Параметр сдвига $c = 0,02$ – определен ранее.

По значению коэффициента вариации находим значение параметра b и коэффициента c_b . При $v = 0,59$ $b = 1,76$, $c_b = 0,52$. Находим значение параметра a по формуле

$$a = \frac{\sigma}{c_b}; \quad (10)$$

$$a = \frac{0,076}{0,52} = 0,146 \text{ мм.}$$

Итак, принимаем $a = 0,15$; $b = 1,76$; $c = 0,02$. Тогда предполагаемый теоретический закон $f(h)$ и функция $F(h)$ примут вид:

$$f(h) = \frac{1,76}{0,15} \left(\frac{h-0,02}{0,15} \right)^{1,76-1} \cdot e^{-\left(\frac{h-0,02}{0,15}\right)^{1,76}}, \quad (11)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-0,02}{0,15}\right)^{1,76}}. \quad (12)$$

2.5. Построение теоретических графиков функции распределения износа

Для построения теоретических графиков произведем расчеты по формулам (8) и (9). Расчеты сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – К расчету $F(h)$ и $f(h)$

h	0,02	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29	0,32
$F(h)$	0	0,058	0,181	0,334	0,491	0,632	0,748	0,83	0,89	0,92	0,95
$f(h)$	0	4,70	5,24	4,99	4,33	3,60	2,47	2,09	1,43	1,10	0,72

Далее строим графики зависимости $F(h)$ и $f(h)$ от h .

2.6. Проверка соответствия принятого теоретического закона статистическим данным

По формуле (13) определяем меру расхождения χ^2 . Расчеты сведем в таблицу 5.

$$\chi^2 = \sum_1^K \frac{(m_i - [\sum m_i \cdot q_i])^2}{\sum m_i \cdot q_i}. \quad (13)$$

Значение q_i вычисляем по формуле (14), а значения $F(b_i)$ для конечного значения каждого разряда i и $F(a_i)$ для начального значения каждого разряда i берем из таблицы 4:

$$q_i = F(b_i) - F(a_i), \quad (14)$$

где a_i – начало i -го разряда;

b_i – конец i -го разряда (см. табл. 2).

Таблица 5 – К расчету χ^2

i	m_i	q_i	$\sum m_i \cdot q_i$	$\frac{(m_i - [\sum m_i \cdot q_i])^2}{\sum m_i \cdot q_i}$
1	2	3	4	5
1	6	0,181	5,249	0,107
1	2	3	4	5
2	10	0,310	8,99	0,113
3	6	0,257	7,453	0,283
4	4	0,142	4,118	0,003
5	3	0,060	1,74	0,912

$$\sum_1^k \frac{(m_i - [\sum m_i \cdot q_i])^2}{\sum m_i \cdot q_i} = 1,445.$$

Итак, $\chi^2 = 1,445$.

По формуле (15) определяем число степеней свободы r с учетом того, что для закона распределения Вейбулла $\varphi = 2$:

$$r = k - (\varphi + 1), \quad (15)$$

где k – число разрядов статистического ряда;

φ – число параметров принятого закона распределения.

$$r = 5 - (2 + 1) = 2.$$

Зная χ^2 и r , по таблице приложения в конце практической работы № 4 находим вероятность совпадения теоретического закона распределения с опытным распределением износа гильзы $P = 45\%$. Так как $P > 10\%$, можем сделать вывод о том, что принятый теоретический закон распределения Вейбулла не противоречит статистическим данным. Следовательно, износ гильз цилиндров двигателя А-41 подчиняется закону распределения Вейбулла с параметрами: $a = 0,15$, $b = 1,76$, $c = 0,02$.

2.7. Анализ кривых и определение процента гильз, подлежащих обработке под ремонтный размер

Знание закона распределения износа деталей позволяет решать целый ряд задач:

- определять процент деталей, годных к дальнейшему употреблению;
- обоснованно подходить к выбору способа восстановления детали;
- определять процент деталей, подлежащих восстановлению;
- прогнозировать потребность в запасных частях.

Определим процент гильз, подлежащих обработке под ремонтный размер методом расточки с последующим хонингованием. Для этого нужно найти максимально допустимый диаметр гильзы D_{\max} , при котором еще возможна обработка ее под ремонтный размер:

$$D_{\max} = D_p - (\bar{b}_p + \bar{b}_x), \text{ мм}, \quad (16)$$

где D_p – ремонтный размер гильзы, мм;

\bar{b}_p – припуск на расточку, мм;

\bar{b}_x – припуск на хонингование, мм.

Максимально допустимый износ гильзы h_{\max} при этом составит:

$$h_{\max} = D_{\max} - D_n, \text{ мм}, \quad (17)$$

где D_n – номинальный диаметр гильзы, мм.

Вероятность того, что величина износа не превысит значения h_{\max} , и есть не что иное, как доля гильз, подлежащих обработке под ремонтный размер:

$$P(h < h_{\max}) = F(h_{\max}) = 1 - e^{-\left(\frac{h_{\max} - c}{a}\right)^b}. \quad (18)$$

В нашем случае $D_n = 130$ мм; $D_p = 130,5$ мм; $\bar{b}_p = 0,1$ мм; $\bar{b}_x = 0,05$ мм.

$D_{\max} = 130,5 - (0,1 + 0,05) = 130,35$ мм; $h_{\max} = 130,35 - 130 = 0,35$ мм (в дальнейших расчетах принимаем h_{\max} равным 0,30 мм).

В расчетах $a = 0,15$, $b = 1,76$, $c = 0,02$:

$$F(h_{\max}) = 1 - e^{-\left(\frac{0,30 - 0,02}{0,15}\right)^{1,76}} = 0,95.$$

Таким образом, 95 % гильз можно обработать под ремонтный размер, так как их износ не превышает 0,30 мм, а 5 % гильз с износом более 0,30 мм можно восстановить только наращиванием или методом усадки.

3. Особенности обработки данных в случае закона нормального распределения

Если выдвинуть гипотезу о подчинении износа закону нормального распределения, то расчеты в нашем примере нужно вести по формулам:

$$f(h) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(h-\bar{m})^2}{2\sigma^2}}$$

$$F(h) = \Phi\left(\frac{h-\bar{m}}{\sigma}\right) = \Phi(t), \quad (19)$$

где $\bar{m} = 0,15$, $\sigma = 0,076$ мм – параметры ЗНР,
 h – величина износа гильзы.

$$t = \frac{h-\bar{m}}{\sigma}.$$

Значения функции $\Phi(t)$ в зависимости от t находим в справочной литературе.

Результаты расчетов сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – к расчету $f(h)$ и $F(h)$ для ЗНР

$h = a_i, b_i$	0,02	0,08	0,14	0,20	0,26	0,32
$\frac{h-\bar{m}}{\sigma}$	-1,71	-0,92	-0,13	0,66	1,45	2,24
$\frac{(h-\bar{m})^2}{2\sigma^2}$	1,462	0,423	0,008	0,218	1,051	2,509
$f(h)$	1,217	3,439	5,207	4,221	1,835	0,428
$F(h)$	0,044	0,179	0,448	0,745	0,926	0,987

Далее строим графики зависимости $F(h)$ и $f(h)$ от h .

Теперь проверим, соответствует ли теоретический закон статистическим данным. Для этого определим меру расхождения χ^2 .

Таблица 7 – К расчету χ^2

i	m_i	q_i	$\sum m_i \cdot q_i$	$\frac{(m_i - [\sum m_i \cdot q_i])^2}{\sum m_i \cdot q_i}$
1	6	0,135	3,915	1,110
2	10	0,269	7,801	0,620
3	6	0,297	8,613	0,723
4	4	0,181	5,249	0,297
5	3	0,061	1,769	0,857

$$\sum_1^K \frac{(m_i - [\sum m_i \cdot q_i])^2}{\sum m_i \cdot q_i} = 3,607;$$

$\chi^2 = 3,607$, $r = 3$, по таблице приложения в конце данной практической работы находим вероятность $P = 26 \%$, так как $P > 10 \%$, делаем вывод о том, что данный закон нормального распределения не противоречит опытными данным об износе гильз цилиндров.

Так как оба закона (ЗРВ и ЗНР) не противоречат опытными данными, принимаем закон нормального распределения для дальнейшей обработки опытных данных.

Порядок выполнения работы

1. Получите у преподавателя вариант задания с данными об износе гильз (29 значений) и данными таблицы 1.
2. Выполните все необходимые расчеты, представленные в подпунктах данной работы, постройте графики по результатам расчетов с целью изучения закономерностей износа гильз цилиндров двигателя А-41.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель и задачи работы.
 3. Результаты выполнения работы.
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Для чего проводится микрометраж деталей машин в испытаниях на надежность?
2. Назовите основные факторы для выбора теоретического закона распределения случайной величины.
3. Что представляет из себя гистограмма распределения случайной величины?
4. В чем отличие графика функции $f(h)$ для двух рассмотренных в лабораторной работе теоретических законов распределения?
5. Какова минимальная величина вероятности совпадения опытных и теоретических данных согласно критерия Пирсона χ^2 ?

ПРИЛОЖЕНИЕ
(обязательное)
к практической работе № 4
Критерий согласия Пирсона χ^2

<i>P %</i> <i>r</i>	95	90	80	70	50	30	20	10
1	0,00	0,02	0,06	0,15	0,45	1,07	1,64	2,71
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60
3	0,35	0,58	1,00	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78
5	1,14	0,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24
6	1,64	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,0
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,34	8,58	9,80	12,0
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,0	13,4
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,7	12,2	14,7
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,8	13,4	16,0

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: освоить методику и приобрести навыки обработки результатов проведения многофакторных экспериментальных исследований.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

Содержание работы

1. Ознакомиться с методикой проведения многофакторных экспериментальных исследований с использованием теории планирования экспериментов.

2. Получить значения коэффициентов уравнения регрессии, оценить адекватность полученной математической модели.

1. Общие сведения о планировании эксперимента

Планирование эксперимента – процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

При этом существенно следующее:

- стремление к минимизации общего числа опытов;
- одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным правилам-алгоритмам;
- использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора;
- выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов.

Задачи, для решения которых может использоваться планирование эксперимента, чрезвычайно разнообразны. Это поиск оптимальных условий, построение интерполяционных формул, выбор существенных факторов, оценка и уточнение констант теоретических моделей, выбор наиболее приемлемых из некоторого множества гипотез о механизме явлений, исследование диаграмм состав – свойство и т. д.

При решении всех этих задач используются математические модели объекта исследований.

Для описания объекта исследований удобно пользоваться представлением о кибернетической системе, которую часто называют «черным ящиком» (рис. 1).

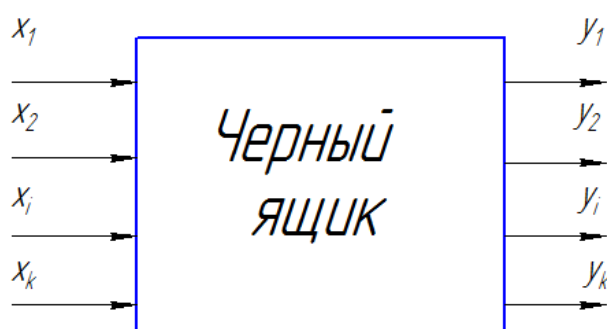


Рисунок 1 – Схема «черного ящика»

Для проведения эксперимента необходимо иметь возможность воздействовать на поведение «черного ящика». Все способы такого воздействия обычно обозначают буквой x и называют факторами.

Стрелки справа изображают численные характеристики целей исследования. Их обозначают буквой y и называют, в зависимости от решаемой задачи, критериями оптимизации, целевой функцией, откликом, выходом «черного ящика» и т. д.

Исходя из этого, под математической моделью понимают уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами.

Это уравнение в общем виде можно записать так:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (1)$$

Такая функция называется функцией отклика или уравнением регрессии.

Каждый фактор может принимать в опыте одно из нескольких значений. Такие значения называют уровнями.

При планировании эксперимента важна независимость факторов, то есть возможность установления факторов на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов.

В качестве функции отклика предпочтительно выбирать степенные ряды, а точнее алгебраические полиномы.

Таким образом, неизвестная функция отклика представляется полиномом той или иной степени. При этом следует начинать с нижней степени и постепенно повышать ее до тех пор, пока не найдется адекватная модель. Операция замены одной функции другой, в каком-то смысле эквивалентной, называется *аппроксимацией*.

При поиске функции отклика перед проведением первой серии опытов необходимо выбрать локальную область факторного пространства. Установление области связано с тщательным анализом априорной информации об изменении функции отклика и о кривизне поверхности отклика.

Локальная область проведения эксперимента выбирается в два этапа: определение основного уровня и интервалов варьирования.

Основной (нулевой) уровень – многомерная точка в факторном пространстве, задаваемая комбинацией уровней факторов.

Построение плана эксперимента сводится к выбору экспериментальных точек, симметричных относительно основного уровня.

При выборе интервалов варьирования факторов для каждого из них определяется два уровня, на которых он варьируется в эксперименте. Один из уровней – *верхний*, а другой – *нижний*.

Интервалом варьирования называется некоторое число (свое для каждого фактора), прибавление которого к основному уровню дает верхний, а вычитание – нижний.

Для упрощения записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных масштабы по осям выбираются так, чтобы верхний уровень соответствовал +1, нижний –1, а основной – нулю. Для факторов с непрерывной областью определения это всегда можно сделать с помощью преобразования j :

$$x_j = \frac{\tilde{x}_j - \tilde{x}_{j0}}{J_j}, \quad (2)$$

где x_j – кодированное значение фактора;

\tilde{x}_j – натуральное значение фактора;

\tilde{x}_{j0} – натуральное значение основного уровня;

J_j – интервал варьирования;

j – номер фактора.

На выбор интервалов варьирования накладываются ограничения снизу (он не может быть меньше ошибки фиксирования уровня фактора) и сверху (верхний или нижний уровни не должны выходить за область определения).

После выбора вида функции отклика и кодирования факторов переходят к построению плана экспериментов. Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней, называется полным факторным экспериментом. Если число факторов равно двум, то это полный факторный эксперимент типа 2^2 . Условия эксперимента представляют в виде таблицы – матрицы планирования, где строки соответствуют различным опытам, а столбцы – значениям факторов (табл. 1).

По результатам эксперимента вычисляются коэффициенты уравнения регрессии. Значения коэффициентов указывают на силу влияния соответствующих факторов. Эффект фактора численно равен удвоенному коэффициенту.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента 2^2

Опыт	x_1	x_2	y
№ 1	-1	-1	y_1
№ 2	+1	-1	y_2
№ 3	-1	+1	y_3
№ 4	+1	+1	y_4

2. Обработка результатов

Имея реализованную матрицу полного факторного эксперимента, можно получить уравнение регрессии в виде неполного квадратичного уравнения:

$$y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_kX_k + B_{12} X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + \dots + B_k - 1, \text{ к } X_k - 1X_k \quad (3)$$

или для случая двухфакторного эксперимента:

$$y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{12} X_1X_2. \quad (4)$$

Значения коэффициентов регрессии вычисляются по формулам:

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}, \quad (5)$$

$$B_j = \frac{\sum_{i=1}^N y_i y_{ij}}{N}, \quad (6)$$

$$B_{uj} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i y_{ij} y_{ui}}{N}, \quad (7)$$

где y_i – значения откликов в i -м опыте (строке);

i – номер опыта (строки);

$u, j = 1, 2, 3, \dots, k$ – номера факторов, $u \neq j$.

После вычисления коэффициентов модели проводится проверка ее адекватности (пригодности).

В статистике разработан критерий для оценки адекватности модели, который называется F -критерием Фишера и определяется по формуле

$$F = S_{ад}^2 / S_{\{y\}}^2, \quad (8)$$

где $S_{ад}^2$ – дисперсия адекватности;

$S_{\{y\}}^2$ – дисперсия воспроизводимости.

Для определения дисперсии адекватности можно воспользоваться выражением

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i (\bar{y}_i - \hat{y}_j)}{f_1}, \quad (9)$$

где n_i – число параллельных опытов (повторностей) в i -м опыте (строке);

\bar{y}_i – среднее арифметическое из n_i параллельных опытов;

\hat{y}_j – рассчитанное по уравнению значение;

f_1 – число степеней свободы:

$$f_1 = N - (k - 1), \quad (10)$$

где k – число коэффициентов, которые вычислены по результатам опытов.

Дисперсию воспроизводимости можно найти по формуле

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_1^n (\hat{y}_{iq} - \bar{y}_i)}{f_2}, \quad (11)$$

где y_{iq} – значение отклика в каждой повторности параллельных опытов;

f_2 – число степеней свободы:

$$f_2 = N(n - 1). \quad (12)$$

Удобство использования критерия Фишера состоит в том, что проверку гипотезы можно свести к сравнению с табличным значением (табл. 2).

Таблица 2 – Таблица значений F-критерия Фишера при уровне значимости $\alpha = 0,05$

$k_1 \backslash k_2$	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,5	199,5	215,7	224,6	230,2	233,9	238,9	243,9	249,0	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76

Окончание табл. 2

$k_2 \backslash k_1$	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
35	4,12	3,26	2,87	2,64	2,48	2,37	2,22	2,04	1,83	1,57
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
45	4,06	3,21	2,81	2,58	2,42	2,31	2,15	1,97	1,76	1,48
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,13	1,95	1,74	1,44
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,07	1,89	1,67	1,35
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,06	1,88	1,65	1,31
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,04	1,86	1,64	1,28
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,03	1,85	1,63	1,26
125	3,92	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,01	1,83	1,60	1,21
150	3,90	3,06	2,66	2,43	2,27	2,16	2,00	1,82	1,59	1,18
200	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	1,98	1,80	1,57	1,14
300	3,87	3,03	2,64	2,41	2,25	2,13	1,97	1,79	1,55	1,10
400	3,86	3,02	2,63	2,40	2,24	2,12	1,96	1,78	1,54	1,07
500	3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	2,11	1,96	1,77	1,54	1,06
1000	3,85	3,00	2,61	2,38	2,22	2,10	1,95	1,76	1,53	1,03
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1

Таблица построена следующим образом. Столбцы связаны с определенным числом степеней свободы для числителя k_1 строки знаменателя k_2 . На пересечении соответствующих строк и столбца стоят критические значения F -критерия. Как правило, в технических задачах используется уровень значимости 0,05.

Если рассчитанное значение F -критерия не превышает табличного, то, с соответствующей доверительной вероятностью, модель можно считать адекватной.

Далее проводится проверка значимости каждого коэффициента уравнения.

Ее можно осуществить двумя равноценными способами: проверкой по t -критерию Стьюдента или построением доверительного интервала. Для этого прежде всего находят дисперсию коэффициента регрессии $S_{\{bj\}}^2$:

$$S_{\{bj\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{N} \quad (13)$$

Зная $S_{\{bj\}}^2$, можно определить доверительный интервал Δ_{bj} интервала:

$$\Delta_{bj} = \pm \frac{t \sqrt{S_{\{y\}}^2}}{\sqrt{N}}, \quad (14)$$

где t – табличное значение критерия Стьюдента при числе степеней свободы k_2 .

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала.

Для проверки значимости по t -критерию находят его величину:

$$t = |b_j| / S\{b_j\}. \quad (15)$$

Вычисленное значение сравнивается с табличным (табл. 3) при заданном уровне значимости и соответствующем числе степеней свободы. Если оно не превышает табличное, то коэффициент значим.

Таблица 3 – Значения t -критерия Стьюдента при 5 %-м уровне значимости

Число степеней свободы, f	Значение t -критерия Стьюдента при $p = 0,05$
1	12.706
2	4.303
3	3.182
4	2.776
5	2.571
6	2.447
7	2.365
8	2.306
9	2.262
10	2.228
11	2.201
12	2.179
13	2.160
14	2.145
15	2.131

Убедившись в адекватности модели и значимости коэффициентов с целью дальнейшего использования полученного уравнения регрессии, необходимо произвести раскодирование факторов. Для этого в уравнение вместо кодированных факторов подставляют выражение (4) с соответствующими значениями основного уровня и интервала варьирования и проводят необходимые вычисления.

При обработке полученных экспериментальных данных удобно воспользоваться таблицей 4.

Таблица 4 – Обработка экспериментальных данных

№	x_0	x_1	x_2	x_{12}	y_1	y_2	y_3	\bar{y}	$\sum (y_i - \bar{y})^2$	\hat{y}	$\sum (\bar{y} - \hat{y})^2$
1	+	-	-	+							
2	+	+	-	-							
3	+	-	+	-+							
4	+	+	+								
									Σ		Σ

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель и задачи работы.
 3. Результаты выполнения работы.
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. При решении каких задач используется теория планирования многофакторного эксперимента?
2. Что понимается под функцией отклика или уравнением регрессии?
3. Каким образом осуществляется кодирование факторов?
4. По каким формулам определяются значения коэффициентов уравнения регрессии?
5. Какой критерий используется для оценки адекватности модели?
6. Каким образом проводится проверка значимости каждого коэффициента уравнения?
7. Поясните, что означает «черный ящик».
8. Что означает функция отклика?
9. Что означают коэффициенты регрессии?
10. Как вычислить коэффициенты регрессии?
11. Как проверить адекватность модели?
12. Как определить доверительный интервал?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

РАЗРАБОТКА ОТЧЕТА О РЕЗУЛЬТАТАХ НИР

Цель работы: изучить основные требования к содержанию и оформлению отчета по НИР.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

Общие требования к структуре и правилам оформления отчетов о НИР устанавливает ГОСТ 7.32-2017 «Межгосударственный стандарт». Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. System of standards on information, librarianship and publishing. Their search report. Structure and rules of presentation. Дата введения – 2018.

1. Отчет о результатах НИР

Основной формой представления результатов научной работы исследователя является отчет, являющийся систематизированным и полным изложением существа и результатов работы.

Отчет о научно-исследовательской работе (НИР) является важным научно-техническим документом. Организация, выполнявшая НИР, представляет отчет о результатах работы заказчику, которым может быть предприятие промышленности или транспорта, управление министерства или другая научная организация.

Отчет о НИР – документ, который содержит систематизированные данные о научно-исследовательской работе, описывает состояние научно-технической проблемы, процесс, результаты научно-технического исследования.

По результатам выполнения НИР составляется заключительный отчет о работе в целом. Кроме того, по отдельным этапам НИР могут быть составлены промежуточные отчеты в соответствии с настоящим

стандартом и ГОСТ 15.101, что отражается в техническом задании на НИР и в календарном плане выполнения НИР.

Заключительные отчеты обязательно направляются организацией-исполнителем НИР в соответствующий орган научно-технической информации в соответствии с порядком, установленным законодательством страны.

Ответственность за достоверность данных, содержащихся в отчете о НИР, и за соответствие его требованиям настоящего стандарта несет организация-исполнитель НИР. Отчет о НИР подлежит обязательному нормоконтролю в организации-исполнителе. При проведении нормоконтроля рекомендуется руководствоваться настоящим стандартом.

Отчет оформляется на национальном языке каждой страны или на русском языке, который является официальным языком Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации. Допускается в отчетах по общественным наукам использовать национальный и русский языки.

2. Структурные элементы отчета

Структурными элементами отчета о НИР являются:

- титульный лист;
- список исполнителей;
- реферат;
- содержание;
- термины и определения;
- перечень сокращений и обозначений;
- введение;
- основная часть отчета о НИР;
- заключение.

3. Требования к структурным элементам отчета

3.1. Титульный лист

Титульный лист является первой страницей отчета о НИР и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска отчета в информационной среде.

На титульном листе приводят следующие сведения:

1. Наименование министерства (ведомства) или другого структурного образования, в систему которого входит организация-исполнитель.

2. Наименование (полное и сокращенное) организации-исполнителя НИР.

3. Индекс Универсальной десятичной классификации (УДК) по ГОСТ 7.90.

4. Номера, идентифицирующие отчет:

а) регистрационный номер НИР (присваивает национальный орган научно-технической информации каждой страны при открытии темы НИР);

б) регистрационный номер отчета (присваивает национальный орган научно-технической информации каждой страны при предоставлении отчетной документации).

5. Грифы согласования и утверждения отчета, включая подпись руководителя организации с расшифровкой, печать организации и даты согласования и утверждения отчета (дату указывают в интервале выполнения работы – для промежуточных отчетов, и дату окончания – для заключительных отчетов).

6. Вид документа (отчет о НИР).

7. Наименование НИР.

8. Наименование отчета.

9. Вид отчета (заключительный, промежуточный).

10. Номер (шифр) научно-технической программы, темы.

11. Номер книги отчета (при наличии нескольких книг отчета).

12. Должность, ученую степень, ученое звание, подпись, инициалы и фамилию научного руководителя/руководителей НИРЗ).

13. Место и год составления отчета.

Если отчет о НИР состоит из двух и более книг, каждая книга должна иметь свой титульный лист, соответствующий титульному листу первой книги и содержащий сведения, относящиеся к данной книге.

3.2. Список исполнителей

В список исполнителей должны быть включены фамилии и инициалы, должности, ученые степени, ученые звания и подписи руководителей НИР, ответственных исполнителей, исполнителей и соис-

полнителей, принимавших непосредственное участие в выполнении работы, с указанием их роли в подготовке отчета.

1. В Российской Федерации регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР (Единая государственная информационная система учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения) присваивает ЦИТиС, который осуществляет учет данных о научных исследованиях и разработках по всем областям.

2. В Российской Федерации регистрационный номер ИКРБС (Информационная карта реферативно-библиографических сведений) присваивает ЦИТиС, который осуществляет формирование и поддержку национального библиотечно-информационного фонда РФ в части открытых неопубликованных источников научной и технической информации – отчетов о НИР и т. д.

3. Для учреждений образования дополнительно аналогично вносятся подписи декана, заведующего кафедрой и других должностных лиц на усмотрение учреждений. ГОСТ 7.32-2017 4.

Если отчет выполнен одним исполнителем, его должность, ученую степень, ученое звание, фамилию и инициалы следует указывать на титульном листе отчета. В этом случае структурный элемент отчета «СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ» не оформляют.

Основная задача нормоконтролера – проверка соблюдения норм и требований, установленных настоящим стандартом, соблюдение всех нормативных требований, соблюдения единообразия в оформлении структурных элементов и правил оформления отчета о НИР.

3.3. Реферат

Общие требования к реферату отчета о НИР – по ГОСТ 7.9.

Реферат должен содержать:

- сведения об общем объеме отчета, количестве книг отчета, иллюстраций, таблиц, использованных источников, приложений;
- перечень ключевых слов;
- текст реферата.

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста отчета, которые в наибольшей мере характеризуют его содержание и обеспечивают возможность информационного поиска.

Текст реферата должен отражать:

- объект исследования или разработки;
- цель работы;
- методы или методологию проведения работы;
- результаты работы и их новизну;
- область применения результатов;
- рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов

НИР;

- экономическую эффективность или значимость работы;
- прогнозные предположения о развитии объекта исследования.

Если отчет не содержит сведений по какой-либо из перечисленных структурных частей реферата, то в тексте реферата она опускается, при этом последовательность изложения сохраняется. Оптимальный объем текста реферата 850 печатных знаков, но не более одной страницы машинописного текста.

3.4. Содержание

Содержание включает введение, наименование всех разделов и подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы отчета о НИР. В элементе «Содержание» приводят наименования структурных элементов работы, порядковые номера и заголовки разделов, подразделов (при необходимости – пунктов) основной части работы, обозначения и заголовки ее приложений (при наличии приложений). После заголовка каждого элемента ставят отточие и приводят номер страницы работы, на которой начинается данный структурный элемент. Обозначения подразделов приводят после абзацного отступа, равного двум знакам, относительно обозначения разделов. Обозначения пунктов приводят после абзацного отступа, равного четырем знакам относительно обозначения разделов. При необходимости продолжение записи заголовка раздела, подраздела или пункта 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.

При составлении отчета, состоящего из двух и более книг, в каждой из них должно быть приведено свое содержание. При этом в первой книге помещают содержание всего отчета с указанием номе-

ров книг, в последующих – только содержание соответствующей книги. Допускается в первой книге вместо содержания последующих книг указывать только их наименования.

Для отчета о НИР объемом не более 10 страниц содержание допускается не составлять.

3.5. Термины и определения

Структурный элемент «термины и определения» содержит определения, необходимые для уточнения или установления терминов, используемых в отчете о НИР. Перечень терминов и определений начинают со слов: «В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями».

3.6. Перечень сокращений и обозначений

Структурный элемент «Перечень сокращений и обозначений» начинают со слов: «В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения».

Если в отчете используют более трех условных обозначений, требующих пояснения (включая специальные сокращения слов и словосочетаний, обозначения единиц физических величин и другие специальные символы), составляется их перечень, в котором для каждого обозначения приводят необходимые сведения. Допускается определения, обозначения и сокращения приводить в одном структурном элементе «Определения, обозначения и сокращения».

Если условных обозначений в отчете приведено менее трех, отдельный перечень не составляют, а необходимые сведения указывают в тексте отчета или в подстрочном примечании при первом упоминании.

3.7. Введение

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, основание и исходные данные для разработки темы, обоснование необходимости проведения НИР, сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них, сведения о метрологическом обеспечении НИР. Во введении должны быть отра-

жены актуальность и новизна темы, связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами.

Во введении промежуточного отчета по этапу НИР должны быть указаны цели и задачи исследований, выполненных на данном этапе, их место в выполнении отчета о НИР в целом.

Во введении заключительного отчета о НИР приводят перечень наименований всех подготовленных промежуточных отчетов по этапам и их регистрационные номера, если они были представлены в соответствующий орган для регистрации.

3.8. Основная часть отчета о НИР

В основной части отчета о НИР приводят данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненной НИР.

Основная часть должна содержать:

- выбор направления исследований, включающий обоснование направления исследования, методы решения задач и их сравнительную оценку, описание выбранной общей методики проведения НИР;

- процесс теоретических и (или) экспериментальных исследований, включая определение характера и содержания теоретических исследований, методы исследований, методы расчета, обоснование необходимости проведения экспериментальных работ, принципы действия разработанных объектов, их характеристики;

- обобщение и оценку результатов исследований, включающих оценку полноты решения поставленной задачи и предложения по дальнейшим направлениям работ, оценку достоверности полученных результатов и технико-экономической эффективности их внедрения и их сравнение с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ, обоснование необходимости проведения дополнительных исследований, отрицательные результаты, приводящие к необходимости прекращения дальнейших исследований.

Единицы физических величин в отчете о НИР приводят по ГОСТ 8.417.

3.9. Заключение

Заключение должно содержать:

- краткие выводы по результатам выполненной НИР или отдельных ее этапов;

- оценку полноты решений поставленных задач;
- разработку рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов НИР;
- результаты оценки технико-экономической эффективности внедрения;
- результаты оценки научно-технического уровня выполненной НИР в сравнении с лучшими достижениями в этой области.

3.10. Список использованных источников

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении отчета. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1, ГОСТ 7.80, ГОСТ 7.82.

Список использованных источников должен включать библиографические записи на документы, использованные при составлении отчета, ссылки на которые оформляют арабскими цифрами в квадратных скобках.

3.11. Приложения

В приложения рекомендуется включать материалы, дополняющие текст отчета, связанные с выполненной НИР, если они не могут быть включены в основную часть. В приложения могут быть включены:

- дополнительные материалы к отчету;
- промежуточные математические доказательства и расчеты;
- таблицы вспомогательных цифровых данных;
- протоколы испытаний;
- заключение метрологической экспертизы;
- инструкции, методики, описания алгоритмов и программ, разработанных в процессе выполнения НИР;
- иллюстрации вспомогательного характера;
- копии технического задания на НИР, программы работ или другие исходные документы для выполнения НИР;
- протокол рассмотрения результатов выполненной НИР на научно-техническом совете;
- акты внедрения результатов НИР или их копии;
- копии охраняемых документов.

Приложения к отчету о НИР, в составе которых предусмотрено проведение патентных исследований, могут быть включены в отчет о

патентных исследованиях, оформленный по ГОСТ 15.011, библиографический список публикаций и патентных документов, полученных в результате выполнения НИР, который должен быть оформлен по ГОСТ 7.1, ГОСТ 7.80, ГОСТ 7.82.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель и задачи работы.
 3. Результаты выполнения работы.
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Определение отчета о НИР.
2. Структурные элементы отчета о НИР.
3. Какие сведения содержит основная часть отчета о НИР?
4. Перечислить объекты промышленной собственности
5. Патент и авторское свидетельство. Сходство и различия
6. Национальные классификации изобретений (НКИ) и международная классификация изобретений (МКИ и МПК), их структуры.
7. Назвать критерии охраноспособности изобретения и пояснить их суть
8. Что такое аналог и прототип
9. Перечислить объекты изобретений

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

(Выполняется по усмотрению преподавателя)

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Цель работы: познакомиться с основными требованиями к содержанию диссертационных работ как одного из основных результатов научных исследований.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Состав и содержание диссертационной работы

В написании диссертационной работы сочетаются два вида деятельности – формирование структуры и ее наполнение содержанием, материалом.

Структурно-композиционная деятельность представляет собой процесс формирования структуры диссертации по разделам и подразделам в соответствии с заданной темой, ранее намеченной укрупненной структурой, логикой построения работы и взаимосвязей между ее частями. Эта в значительной части методическая составляющая подготовки диссертации сопряжена с необходимостью не только завершающего установления и выделения структурных компонентов работы, но и определения их содержания, что позволяет «проложить мост» между композицией диссертации и конкретным содержанием, вкладываемым в обозначенные элементы структуры.

Сущностно-содержательная деятельность – формулирование содержания разделов, глав, параграфов диссертации, их наполнение текстовым, графическим, табличным, цифровым материалом обзорно-аналитического, творческого, новаторского и прикладного, рекомендательного характера. Сущностно-содержательная деятельность заполняет структурно-композиционный каркас работы научным материалом таким образом, чтобы в итоге сформировалось целостное творение, ориентированное на достижение целей диссертации и согласованное в своих частях в соответствии с единым тематическим

замыслом и логикой причинно-следственных связей, присущих исследуемому объекту.

Композиция диссертационной работы важна не только с позиций придания стройности, упорядоченности работе. Она является и относительно самостоятельным продуктом творчества диссертанта, который позволяет судить о его научной зрелости. Сформировавшийся научный работник, исследователь должен обладать кругозором, умением обращаться с материалами в такой степени, чтобы формировать связное научное сочинение. Ведь диссертация является не просто научной, но и *квалификационной* работой, и диссертант обязан продемонстрировать в ней как свой научный вклад, так и свою квалификацию в виде обладания искусством «лепить», собирать из разных частей стройное творение. Структурно композиционное построение работы свидетельствует о достоинствах диссертанта как «научного архитектора».

Немаловажен и тот факт, что структура наряду с названием, темой диссертации – наиболее видимый, бросающийся в глаза атрибут работы. Проникновение в сущность положений диссертационной работы требует значительных усилий и затрат времени и потому доступно немногим, это чаще всего удел самого автора работы и в какой-то мере его научного руководителя и оппонентов. А вот структурное построение, композиция работы находится на виду у всех; чтобы ознакомиться с названием работы, ее разделов и подразделов, достаточно обзора оглавления. Довольно часто на основании такого беглого обзора критик столь же быстро формирует свое мнение о работе, хотя подлинным ценителям качества диссертаций ясно, что оценка на основании беглого перелистывания работы неполноценна и неубедительна. Диссертанту не следует давать повод критикам для формирования поверхностных негативных суждений о своем творении, поэтому структура диссертации должна быть продумана, проработана с наибольшей тщательностью, с максимальным усердием.

Типично следующее структурное построение и кандидатских, и докторских диссертаций:

1. Введение.
2. Структурные, содержательные разделы основной части диссертации в виде нескольких глав (от двух до четырех в кандидатской и от четырех до шести в докторской).
3. Заключение в виде выводов и рекомендаций.
4. Библиографический список литературы по теме диссертации.
5. Приложения.

С некоторой степенью условности перечисленные разделы можно разделить на *нормативные*, структура и содержание которых во многом predeterminedены традицией и официальными документами, и *ненормативные*, содержание которых обладает высокой степенью свободы, подчинено только логике научного познания и воле исполнителя работы. К нормативным разделам относятся введение, заключение, список литературы; к ненормативным – структурные разделы (главы основной части диссертации) и приложения. Разделы, названные нами нормативными, пишутся по определенным, установившимся правилам, следуя некоторому шаблону, тогда как при написании основной части диссертации необходим в основном нешаблонный, творческий подход, научный поиск.

Введение к диссертации состоит из следующих подразделов, располагаемых обычно в указанном порядке: «Актуальность исследования», «Цели и задачи исследования», «Объект исследования», «Предмет исследования», «Методологическая и теоретическая основа исследования», «Информационная база исследования», «Научная новизна исследования», «Практическая значимость работы», «Апробация результатов исследования», «Основные положения, выносимые на защиту». Допустимы отдельные отклонения от приведенной структуры введения, например, не всегда выделяется информационная база исследования, которая может быть включена в методологическую основу исследования. Но лучше придерживаться этой канонической структуры. Охарактеризуем вкратце содержание каждого подраздела введения к диссертации, указав одновременно его примерный объем.

Актуальность исследования (одна-две страницы) содержит положения и доводы, свидетельствующие в пользу научной и прикладной значимости решения проблемы, исследуемой в диссертации. При написании этой части введения следует воспользоваться обоснованием актуальности темы диссертации в процессе выбора и утверждения темы, содержащимся в индивидуальном плане аспиранта. К тому же в процессе подготовки диссертации появляются дополнительные аргументы, свидетельствующие об актуальности выполненного исследования. Отметим, что если на первой стадии выполнения работы следовало обосновать актуальность темы, то в завершающей фазе корректнее писать об актуальности не только темы, предмета диссертации, но и самого проведенного исследования. Актуальность тесно связана с решаемой в работе научной и в то же время прикладной проблемой, от которой и надлежит «отталкиваться» диссертанту. На-

до убедительно показать, что до проведения диссертационного исследования в данной отрасли науки существовала брешь, которую надо было обязательно заполнить в интересах науки и практики. Приняв на себя эту нелегкую миссию, автор диссертации совершил значимое, полезное дело, внес вклад в развитие научных представлений, что и предопределяет актуальность исследования, выполненного в диссертации.

Цели и задачи исследования (до одной страницы) содержат формулировку главной цели, которая видится в решении основной проблемы диссертации, обеспечивающем внесение значимого вклада в теорию и практику. Конкретное концентрированное описание сути решаемой проблемы и вносимого в результате вклада и представляет формулирование главной цели диссертации. В соответствии с основной целью следует выделить три-четыре целевые задачи в кандидатской диссертации и пять-семь задач – в докторской, которые необходимо решить для достижения главной цели исследования. Это либо решение подпроблем, вытекающих из общей проблемы, либо задачи анализа, обобщения, выявления, обоснования, разработки, оценки отдельных аспектов общей проблемы, решение которых ведет к решению самой проблемы. Формулирование задач исследования полезно еще и в том отношении, что каждая из крупных целевых задач способна формировать отдельную главу диссертации.

Дальнейшее описание объекта и предмета исследования носит лаконичный характер и должно занимать полстраницы текста.

Объект исследования представляет собой область научных изысканий, в которой выявлена и существует исследуемая проблема. Это система закономерностей, связей, отношений, видов деятельности, образующих область действия, распространения проблемы, например, система ценообразования в экономике, отношения между государством и обществом в социологии, процессы преобразования энергии в технике, развитие творческой активности учащихся в педагогике, лечение определенных видов наследственных заболеваний в медицине и т. д.

Предмет исследования более узок и конкретен. Благодаря его формулированию в диссертации из общей системы, представляющей объект исследования, выделяется часть системы или процесс, протекающий в системе, являющийся непосредственным предметом исследования. Например, в общей системе ценообразования может быть выделено ценообразование на услуги коммерческих банков; в отно-

шениях между государством и обществом – природа материальных отношений как особой формы отношений; в процессах преобразования энергии – преобразование ядерной энергии в электрическую; в развитии творческой активности учащихся – педагогическое воздействие на активизацию творческого усвоения учащимися знаний по физике, в медицине – методы лечения конкретного заболевания. Именно на предмет исследования ориентируется диссертационная работа, вследствие чего он непосредственным образом отражается в теме диссертации.

Формулирование *методологической и теоретической основы исследования* (до одной страницы) обычно носит стандартный характер и сводится к утверждению, что такую основу составили научные труды отечественных и зарубежных авторов в области тех отраслей и направлений науки, к которым относится тема диссертации. Так, в экономических исследованиях принято упоминать в качестве основы политическую экономию, экономическую теорию, макро- и микроэкономику, управление экономикой, финансы и кредит, государственное регулирование, региональную экономику, экономическую статистику, программно-целевое планирование и управление и т. д.

Здесь же целесообразно выделить отдельной строкой использованные в диссертации *методы исследования*: методы системного анализа и исследования операций, математические, статистические методы, метод сравнений и аналогий, метод обобщений, метод натурального моделирования, метод экспертных оценок и др.

Самый тонкий момент при составлении данного подраздела введения – указание *персоналий*, причастных к используемой диссертантом методологической и теоретической базе исследований. В советское время первое место среди них занимали классики марксизма-ленинизма, затем выдающиеся политические и общественные деятели, видные академики, известные авторы научных публикаций в данной отрасли знаний. В результате демократических реформ отдельные диссертанты вообще не стали упоминать именитых ученых, которые внесли значительный вклад в развитие методологической и теоретической базы исследований, выполненных в диссертации. Теперь упоминание корифеев науки вновь актуально. Поэтому важно упомянуть среди тех, кто внес неоценимый вклад в науку, нескольких членов диссертационного совета, предполагаемых оппонентов, своего научного руководителя, видных ученых, к которым вам придется обращаться за отзывами. Если вам известны члены экспертного совета

ВАК по профилю вашей диссертации, обязательно отметьте и их заслуги. Для разнообразия в список «вкладчиков» в науку вносятся и другие научные знаменитости, в результате чего общий состав списка состоит из 15–20 имен.

К методологическим основам и методам исследования тесно примыкает подраздел *«Информационная база исследования»*, который иногда включается в состав предшествующего подраздела. В нескольких строчках указывается, что в числе информационных источников диссертации использованы: а) научные источники в виде данных и сведений из книг, журнальных статей, научных докладов и отчетов, материалов научных конференций, семинаров; б) статистические источники в виде отечественных и зарубежных статистических материалов, отчетов органов государственной, региональной, ведомственной статистики, материалов разных организаций, фондов, институтов; в) официальные документы в виде кодексов законов, законодательных и других нормативных актов, в том числе положений, инструкций, докладов, проектов; г) результаты собственных расчетов и проведенных экспериментов.

Подраздел введения *«Научная новизна исследования»* (одна-две страницы) играет особо важную роль, вследствие чего к нему надо отнестись с повышенным вниманием. Члены научных, диссертационных советов, рассматривающих и принимающих к защите диссертации на соискание ученых степеней, обычно предъявляют претензии к диссертантам именно по поводу недостаточно явно видимой научной новизны. Отсюда со всей очевидностью следует, что научная новизна во введении к диссертации (и составленном на его основе автореферате диссертации) должна стать *ярко видимой*, продемонстрировано убедительно подтвержденной.

Известно высказывание, что новое есть хорошо забытое старое. В действительности же в любом старом присутствуют ростки нового, надо только их отыскать и взрастить. Задача диссертанта состоит в том, чтобы на основании изучения состояния проблемы выявить обычно несколько размытую исходную границу между знанием и незнанием о предмете исследования. Все, что удалось диссертанту в части продвижения этой границы в область незнания, есть свидетельство новизны работы. В этом смысле о научной новизне свидетельствуют не только слова и фразы «впервые», «новые результаты», «в отличие от работ других авторов» и т. д., но и те элементы научной новизны, что представляют *личный вклад автора в решение проблемы*.

Заметим также, что требование научной новизны носит гораздо более жесткий характер по отношению к докторским диссертациям. Признаками научной новизны диссертации являются:

- постановка новой научной проблемы, принадлежность исследуемой проблемы к инновационным направлениям развития науки, техники, технологии;
- введение новых или обновленных, уточненных научных категорий и понятий, развивающих представление о данной отрасли знаний;
- раскрытие ранее недостаточно известных закономерностей протекания естественных и общественных процессов;
- применение усовершенствованных методов, инструментов, аппарата исследования;
- разработка и научное обоснование предложений об обновлении объектов, процессов и технологий, используемых в экономике и управлении;
- развитие научных представлений об окружающем мире, природе, обществе;
- получение ранее неизвестных научных и практических результатов, обладающих признанной полезностью, применимостью;
- совершенствование известных форм, способов, видов производственно-экономической, социальной, духовной деятельности, повышающее их качество, эффективность, результативность.

Так как новое есть, по определению, то, что отличается от старого, уже известного, то именно такое отличие – наиболее убедительное доказательство новизны. Поэтому, доказывая новизну исследования, надо всемерно использовать словосочетания: «отличающийся тем, что», «вновь полученный», «установленный автором», «развивающий ранее известное» и др.

Явные признаки научной новизны и ее конкретные элементы должны быть присущи только части диссертационной работы. Но эта часть должна быть заметной, существенной, особенно в докторской диссертации.

Объективное суждение о степени научной новизны диссертации способны формировать только квалифицированные, беспристрастные эксперты на основе достаточно глубокого ознакомления с материалами диссертации. Так как подобной глубокой экспертизе диссертационная работа подвергается не всегда, то задача диссертанта состоит в том, чтобы убедить экспертов в наличии новизны.

В подразделе «*Практическая значимость исследования*» (полстраницы) принято перечислять, в каких областях прикладной деятельности, какими органами и организациями, в какой форме используются и могут быть использованы результаты выполненного исследования и рекомендации, высказанные в работе.

Подраздел «*Апробация результатов исследования*» (полстраницы) содержит сведения о практической проверке основных положений и результатов диссертационной работы, а также областях научной, прикладной, учебной деятельности, в которых результаты исследования нашли применение. В этом же подразделе указывается, где и когда докладывались результаты исследований и были опубликованы.

Иногда в завершение введения приводится *перечень основных положений, выносимых на защиту* (примерно полстраницы) и краткое описание структуры диссертационной работы, обосновывающее логику ее построения (примерно страница текста).

Выделение основных положений диссертационной работы, выносимых на защиту, в самостоятельный подраздел введения не лишено смысла. Этот подраздел в концентрированной форме аккумулирует выводы и рекомендации, излагаемые в конечной части работы или после каждой главы. Благодаря размещению кратких выводов о работе в ее начальной части возникает возможность лучше и глубже воспринять содержание диссертации в его взаимосвязи с результатами исследования, которые и должны быть отражены в положениях, выносимых на защиту.

Подготовка введения требует особой тщательности не только потому, что в нем в концентрированной форме представлены основные идеи диссертации, но и потому, что оно представляет собой прообраз первого раздела будущего автореферата. Чтобы облегчить процедуру подготовки автореферата, следует заранее заготовить добротное введение.

Правила составления списка литературы более просты. Библиографический список составляется чаще всего в алфавитном порядке в соответствии с фамилиями авторов литературных источников. Если автор источника не указан в списке (при наличии многих авторов, в случае сборников статей разных авторов или материалов, не обладающих индивидуальным авторством), в алфавитном порядке указываются названия источников. Возможно и построение списка по тематическому принципу, по хронологическому принципу, по видам

издания (монографии, сборники, журнальные статьи и т. п.), однако при этом система ссылок на источники затрудняется.

В библиографические списки не принято включать такие источники, как энциклопедии, справочники, научно-популярные издания, газетные статьи (исключение составляют значительные по объему и значимости газетных публикаций и газет журнального типа).

Наиболее серьезная проблема, связанная с составлением списка литературы в диссертационной работе, состоит в необходимости увязки упоминаемых в списке источников с текстом диссертационной работы, что удостоверяется наличием ссылок на каждый источник. Еще несколько лет назад привязки были настолько жесткими, что в ссылке на источник надо было указывать номер страницы, из которой производится заимствование, особенно в форме цитирования. До сих пор в таком почитаемом пособии для аспирантов и соискателей, как книга Ф.А. Кузина «Кандидатская диссертация», утверждается: «В диссертационных работах в библиографический список не включаются те источники, на которые нет ссылок в основном тексте, и которые фактически не были использованы диссертантом».

На практике это требование не соблюдается. Диссертант, видя, что количество прямых ссылок в работе на источники невелико, ссылки относятся к одним и тем же источникам, начинает опасаться, что перечень источников окажется непредставительным. Между тем распространено убеждение, что для солидности кандидатской диссертации список должен содержать не менее 50, а докторской – не менее 100 наименований. В итоге диссертант дополняет список источниками по тематике диссертации, на которые нет прямых ссылок в тексте.

Вряд ли такое отклонение правомерно считать нарушением цитированного правила, так как у диссертанта есть основания считать, что он фактически использовал этот источник, ознакомившись с ним и обнаружив связь содержания источника с содержанием диссертационной работы.

Правомерно включение в литературу по теме диссертации законодательных и других нормативно-правовых актов, касающихся или непосредственно использованных в работе. Эти источники могут быть выделены в качестве специальной части перечня наименований использованной литературы.

В ряде диссертаций приводятся ссылки на иностранные источники, и такие источники включаются в библиографический перечень. В последнее время принято включать в список интернет-источники.

Ссылка на источник в тексте диссертации осуществляется посредством указания его алфавитного номера в круглых или в квадратных скобках после изложения содержания источника или указания фамилии его автора.

По поводу заключения, содержащего выводы из выполненного исследования и вытекающие из него рекомендации, можно сказать следующее. Иногда усердные диссертанты в конце каждой главы основной части работы приводят промежуточные выводы в виде резюме, отражающего в концентрированной форме (примерно страница) содержание главы. Наличие таких выводов позволяет упростить составление заключения по работе, но в кандидатских диссертациях выводы по главам представляются излишними, а в докторских они допустимы, но не обязательны – достаточно наличия сводных выводов по работе. Заключение обычно занимает от двух-трех до пяти-шести страниц машинописного текста. Но главное, конечно, в том, что оно в концентрированном виде должно отражать основные результаты работы.

На выводы и рекомендации, следующие из диссертационного исследования, надо обращать самое серьезное внимание, уделить формулированию заключения максимум усилий, так как:

- они отражают результативность и значимость работы;
- выводы и рекомендации обычно включаются в автореферат в полном или сокращенном виде, поэтому они заведомо станут предметом внимания тех, кто будет знакомиться с авторефератом;
- многие вопросы на предварительной и заключительной защите задают именно на основании сделанных выводов и рекомендаций;
- материалы, формулировки из заключения используются в качестве «строительного материала» в процессе подготовки решений диссертационного совета о принятии диссертации к защите и о присуждении ученой степени.

Выводы должны обладать краткостью и четкостью, быть уверенными и конкретными. Рекомендации в меру возможности надо формулировать предметно и адресно. В частности, желательно указывать виды и области деятельности организаций, в которых рекомендуется использовать результаты диссертационного исследования.

2. Магистерская диссертация

Магистерская диссертация представляет собой выпускную квалификационную работу научного содержания, которая является самостоятельным научным исследованием, выполняемым под руководством научного руководителя. Защита магистерской диссертации в высших учебных заведениях, имеющих государственную аккредитацию, происходит публично на заседании Государственной экзаменационной комиссии.

В структуре современного высшего образования степень магистра следует по научному уровню за степенью бакалавра и предшествует степени кандидата наук. Исходя из того, что магистерская подготовка – это по сути лишь первая ступень к научно-исследовательской деятельности, ведущая к поступлению в аспирантуру и последующей подготовке кандидатской диссертации, магистерская диссертация, выполненная в системе современной российской высшей школы, все же не может считаться научным произведением в полном смысле этого слова, поскольку степень магистра – 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.

Магистерская диссертация представляется в виде, который позволяет судить, насколько отражены и обоснованы содержащиеся в ней положения, выводы и рекомендации, их новизна и значимость. Совокупность полученных в такой работе результатов позволяет определить уровень научной квалификации магистранта и свидетельствует о наличии у ее автора первоначальных навыков научной работы в избранной области профессиональной деятельности.

Магистерская диссертация, хотя и является самостоятельным научным исследованием, но может быть отнесена к разряду учебно-исследовательских работ, в основе которых лежит моделирование уже известных решений. Ее научный уровень всегда должен отвечать программе обучения.

Выполнение такой работы должно не столько решать научные проблемы, сколько служить свидетельством того, что ее автор научился самостоятельно вести научный поиск, видеть профессиональные проблемы и знать наиболее общие методы и приемы их решения.

Состав магистерской работы включает в себя:

- титульный лист;
- задание на выполнение работы;

- аннотацию (реферат);
- перечень принятых терминов и сокращений;
- содержание (оглавление);
- введение;
- основной текст;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Кроме того, защите письменной работы может предшествовать разработка и рассылка автореферата.

Структура магистерской диссертации предусматривает разделение основного текста работы на две приблизительно равные части – главы. В свою очередь, каждая глава включает в себя от 2 до 6 разделов. Общий объем содержания магистерской диссертации может достигать до 80 страниц, а автореферата диссертации (если по условиям защиты он является обязательным) – до 16 страниц.

Характерными особенностями процесса подготовки основного текста магистерской диссертации являются:

привлечение в качестве исходных от 40 до 60 источников информации;

значительный объем его начальной (компиляционной) и последующей (редакционной) обработки;

преобладание анализа и обобщений (в форме выводов и предложений) в первой и второй главах работы, а также в заключении;

широкое использование в работе иллюстративного материала (с включением некоторого их числа в приложение).

Кроме того, до защиты соискатель (если это предусмотрено требованиями вуза) разрабатывает автореферат диссертации.

Общее время подготовки магистерской диссертации, как правило, колеблется от полугода до двух лет. На практике это означает, что приступать к подготовке содержания данной письменной работы необходимо уже с первого дня обучения в магистратуре.

Магистерская диссертация должна отвечать следующим требованиям:

- авторская самостоятельность;
- полнота исследования;
- внутренняя логическая связь, последовательность изложения;
- грамотное изложение на русском литературном языке;
- высокий теоретический уровень.

Содержание магистерской диссертации составляет принципиально новый материал, включающий описание новых факторов, явлений, закономерностей или обобщение ранее известных положений с других научных позиций или в новом аспекте.

Содержание магистерской диссертации отражает исходные предпосылки научного исследования, его ход и полученные результаты.

В содержании диссертации должны быть приведены убедительные аргументы в пользу избранной концепции. Противоречащие ей точки зрения должны быть подвергнуты всестороннему анализу и критической оценке. Дискуссионный и полемический материал являются элементами диссертации.

Магистерская диссертация призвана раскрыть научный потенциал студента, показать его способности в организации и проведении самостоятельного исследования, использовании современных методов и подходов при решении проблем в исследуемой области, выявлении результатов проведенного исследования, их аргументации и разработке обоснованных рекомендаций и предложений.

Магистерская диссертация – это самостоятельная научно-исследовательская работа, которая выполняет квалификационную функцию. Она выполняется с целью публичной защиты и получения академической степени магистра. Основная задача ее автора – продемонстрировать уровень своей научной квалификации, умение самостоятельно вести научный поиск и решать конкретные научные задачи.

Магистерская диссертация как работа научного содержания должна иметь внутреннее единство и отображать ход и результаты разработки выбранной темы. Магистерская диссертация, с одной стороны, имеет обобщающий характер, поскольку является своеобразным итогом подготовки магистра. С другой стороны – это самостоятельное оригинальное научное исследование.

Наполнение каждой части магистерской диссертации определяется ее темой. Выбор темы, этапы подготовки, поиск библиографических источников, их изучение и отбор фактического материала, методика написания, правила оформления и защиты магистерской диссертации имеют много общего с дипломной работой. Однако требования к магистерской диссертации в научном отношении существенно выше, чем к дипломной работе. Магистерская диссертация, ее тематика и научный уровень должны отвечать образовательно-профессиональной программе обучения. Выполнение указанной работы должно свидетельствовать о том, что ее автор способен надлежащим образом вести научный поиск,

распознавать профессиональные проблемы, знать общие методы и приемы их решения.

Написание магистерской диссертации предполагает:

- систематизацию, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по направлению магистерской подготовки, их применение при решении конкретных научно-исследовательских задач;

- развитие навыков ведения самостоятельной работы и овладение методикой исследования и экспериментирования при решении научных проблем и вопросов;

- выяснение подготовленности магистранта для самостоятельной работы в учебном или научно-исследовательском учреждении.

В магистерской диссертации автор должен показать, что он владеет навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, как того требует ФГОС высшего профессионального образования.

Он должен:

- формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний;

- выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования;

- обобщать, систематизировать и теоретически осмысливать эмпирический материал;

- обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных;

- вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий;

- владеть навыками и приемами историографической и источниковедческой критики;

- владеть иностранными языками в той мере, какая необходима для самостоятельной работы над нормативными источниками и научной литературой;

- представить итоги проведенного исследования в виде письменной работы, оформленной в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати.

Процесс выполнения магистерской диссертации включает следующие этапы:

- выбор темы, назначение научного руководителя;
- изучение требований, предъявляемых к данной работе;
- согласование с научным руководителем плана работы;
- изучение литературы по проблеме, определение целей, задач и методов исследования;
- непосредственная разработка проблемы (темы);
- обобщение полученных результатов;
- написание работы;
- рецензирование работы;
- защита и оценка работы.

Тема магистерской диссертации представляется на утверждение лишь тогда, когда установлены ее актуальность, научное и прикладное значение, наличие условий для выполнения в намеченный срок и обеспечено должное научное руководство. Магистранту предоставляется право самостоятельного выбора темы работы. Выбор производится на основании имеющегося на кафедре утвержденного перечня направлений для выбора тем. Перечень является примерным, и магистрант может предложить свою тему с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки.

При выборе темы магистрант должен учитывать свои научные и практические интересы.

Тема должна быть сформулирована таким образом, чтобы в ней максимально конкретно отражалась основная идея работы.

Тематика магистерской работы должна отражать как теоретическую, так и практическую направленность исследования. Теоретическая часть исследования должна быть ориентирована на разработку теоретических и методологических основ исследуемых вопросов, использование новых концепций и идей в выбранной области исследования, отличаться определенной новизной научных идей и методов исследования. Практическая часть исследования должна демонстрировать способности магистранта решать реальные практические задачи, с использованием нормативных правовых актов, а также на основе разработки моделей, методологических основ и подходов в исследуемых вопросах.

Для руководства процессом подготовки магистерской диссертации магистранту назначается научный руководитель.

Научный руководитель магистерской диссертации:

- оказывает помощь магистранту в выборе темы магистерской диссертации;

- составляет задание на подготовку магистерской диссертации;
- оказывает магистранту помощь в разработке индивидуального графика работы на весь период выполнения магистерской диссертации;
- помогает магистранту в составлении рабочего плана магистерской диссертации, подборе списка литературных источников и информации, необходимых для выполнения диссертации;
- проводит консультации с магистрантом, оказывает ему необходимую методическую помощь;
- проверяет выполнение работы и ее частей;
- представляет письменный отзыв на диссертацию с рекомендацией ее к защите или с отклонением от защиты;
- оказывает помощь (консультирует магистранта) в подготовке презентации магистерской диссертации для ее защиты.

Кафедра регулярно заслушивает магистрантов и научных руководителей о ходе подготовки магистрантами диссертаций. О степени готовности магистерской диссертации они информируют руководителя магистерской программы и деканат.

Магистерская диссертация должна выполняться магистрантами самостоятельно, творчески, с учетом возможностей реализации отдельных частей магистерской диссертации на практике. Каждое принятое решение должно быть тщательно продумано.

Нужно помнить, что руководители магистерской диссертации дают рекомендации, что и как выполнять, а принимает окончательное решение и отвечает за сделанное только автор магистерской диссертации.

Научный руководитель проверяет ход выполнения магистерской диссертации по отдельным этапам, консультирует магистранта по всем возникающим проблемам и вопросам, проверяет качество работы и по ее завершении представляет письменный отзыв на работу. В отзыве оцениваются теоретические знания и практические навыки магистранта по исследуемой проблеме, проявленные им в процессе написания магистерской диссертации. Также указывается степень самостоятельности магистранта при выполнении работы, личный вклад магистранта в обоснование выводов и предложений, соблюдение графика выполнения магистерской диссертации. Заканчивается отзыв выводом о возможности (невозможности) допуска магистерской диссертации к защите.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель и задачи работы.
 3. Результаты выполнения работы.
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Основное содержание диссертации.
2. Содержание магистерской диссертации.
3. За что отвечает автор магистерской диссертации?
4. Основные обязанности научного руководителя магистерской диссертации.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Цель работы: познакомиться с требованиями к оформлению результатов научной работы для их публикации.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Общие требования и правила оформления научно-исследовательской работы

1.1. Общие требования к научно-исследовательской работе

Все материалы, полученные в процессе исследования, разрабатывают, систематизируют и оформляют в виде научной работы. Это документ, который содержит исчерпывающие систематизированные сведения о выполненной работе.

Общие требования к научно-исследовательской работе: четкость и логическая последовательность изложения материала; убедительность аргументации; краткость и точность формулировок, исключая возможность неоднозначного толкования; конкретность изложения результатов работы; обоснованность рекомендаций и предложений.

1.2. Структура научно-исследовательской работы:

- титульный лист;
- список исполнителей;
- реферат;
- содержание;

- перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов;

- введение;

- основная часть;

- заключение;

- список использованных источников;

- приложения.

Реферат должен содержать:

- сведения об объеме;

- количестве иллюстраций;

- количестве таблиц;

- количестве книг работы;

- количество использованных источников;

- перечень ключевых слов;

- текст реферата.

Перечень ключевых слов должен характеризовать содержание реферируемого исследования. Перечень должен включать от 5 до 15 ключевых слов в именительном падеже, напечатанных в строку, через запятые.

Текст реферата должен отражать: объект исследования, цель работы, метод исследования и аппаратуру, полученные результаты и их новизну, степень внедрения, рекомендации по внедрению работы, эффективность, область применения, основные конструктивные и технико-эксплуатационные характеристики.

Оптимальный объем текста реферата 1200 знаков, но не более 2000 знаков.

Введение работы должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-исследовательской проблемы, основание и исходные данные для разработки темы, обоснование необходимости выполнения работы. Во введении должны быть показаны актуальность и новизна темы, связь данной работы с другими НИР.

Основная часть должна включать:

- выбор направления исследований;

- теоретические и (или) экспериментальные исследования;

- обобщение и оценку результатов исследований.

В НИР должны быть отражены:

- обоснование выбора принятого направления исследования, методы решения задачи и их сравнительные оценки, разработка общей

методики проведения исследования, анализ и обобщение существующих результатов;

- характер и содержание выполненных теоретических исследований, методы исследований, методы расчета, для экспериментальных работ – обоснование необходимости проведения экспериментальных исследований, принцип действия разработанной аппаратуры, характеристики этой аппаратуры, оценка погрешностей измерений, полученные экспериментальные данные;

- оценка полноты решения поставленной задачи, соответствие выполненных исследований программе, оценка достоверности полученных результатов (характеристик, параметров), их сравнение с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ, обоснование необходимости проведения дополнительных исследований, отрицательные результаты, приводящие к необходимости прекращения дальнейших исследований.

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной НИР или отдельных ее этапов, предложения по их использованию, включая внедрение, оценку технико-экономической эффективности внедрения. В заключении к работе, для которой определение технико-экономического эффекта невозможно, необходимо указывать народно-хозяйственную, научную, социальную ценность результатов работы.

В приложения следует включать отчет о патентных исследованиях, если они проводились при выполнении НИР, и перечень библиографических описаний публикаций, авторских свидетельств, патентов, если они были опубликованы или получены в результате выполнения НИР.

При необходимости в приложения следует включать вспомогательный материал в целях полноты отчета:

- промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты;

- таблицы вспомогательных цифровых данных;

- протоколы и акты испытаний;

- описания аппаратуры и приборов, примененных при проведении экспериментов, измерений и испытаний;

- инструкции и методики, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, разработанных в процессе выполнения НИР;

- иллюстрации вспомогательного характера;

- копию решения ученого (научно-технического) совета;

- акты о внедрении результатов исследований.

2. Правила оформления научно-исследовательской работы

2.1. Общие требования

Работа должна быть отпечатана машинописным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора межстрочных интервала. Допускается печатать работу через два межстрочных интервала. Минимальная высота шрифта 2,5 мм.

Допускается представлять таблицы и иллюстрации на листах формата не более А2. Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей:

- левое – не менее 30 мм;
- правое – не менее 10 мм;
- верхнее – не менее 15 мм;
- нижнее – не менее 20 мм.

Шрифт машинки должен быть четким, лента черного цвета средней жирности. Плотность текста работы должна быть одинаковой.

Вписывать в текст работы отдельные слова, формулы, условные знаки допускается только черными чернилами или черной тушью, при этом плотность вписанного текста должна быть приближена к плотности основного текста.

Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графиков) машинописным способом или черной тушью, рукописным способом.

В НИР следует использовать сокращения слов и словосочетаний.

Распечатки с ЭВМ должны соответствовать формату А4 (должны быть разрезаны). Они включаются в общую нумерацию страниц работы и помещаются после заключения, а при наличии иллюстраций формата более А4 – после них.

Текст основной части работы делят на разделы, подразделы, пункты. Заголовки разделов печатают симметрично тексту прописными буквами. Заголовки подразделов печатают с абзаца строчными буквами (кроме первой прописной). Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовков состоит их двух предложений, их разделяют точкой. Абзацы в тексте равны пяти ударам пишущей машинки (15...17 мм).

Слова, напечатанные на отдельной строке прописными буквами («СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ», «РЕФЕРАТ», «СОДЕРЖАНИЕ», «ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ»), должны служить заголовками соответствующих структурных частей отчета.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 3–4 интервалам. Подчеркивать заголовки не допускается.

Каждый раздел следует начинать с новой страницы.

2.2. Нумерация

Страницы работы нумеруют арабскими цифрами. Титульный лист включают в общую нумерацию работы. На титульном листе номер не ставят, на последующих страницах номера проставляют в правом верхнем углу.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей работы и должны обозначаться арабскими цифрами с точкой в конце. Введение и заключение не нумеруются.

Подразделы нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела должна быть точка, например: 2.3 (третий подраздел второго раздела).

Пункты нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из номеров раздела, подраздела, пункта, разделенных точками. В конце номера должна быть точка, например: 1.1.2 (второй пункт первого подраздела первого раздела).

Если работа состоит из двух или более частей (книг), то номер каждой части (книги) проставляют римскими цифрами. Номер части (книги) проставляют на титульном листе под указанием вида работы.

Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы, графики), которые расположены на отдельных страницах отчета, включают в общую нумерацию страниц. Таблицу, рисунок или чертеж, размеры которого превышают формат А4, учитывают как одну страницу. Листы формата более А4 помещают в конце отчета после заключения в порядке их упоминания в тексте.

Иллюстрации (кроме таблиц) обозначаются словом «Рисунок» и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела, за исключением иллюстраций, приведенных в приложении.

Номер иллюстрации (за исключением таблиц) должен состоять из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например: «Рисунок 1.2» (второй рисунок первого раздела).

Номер иллюстрации помещают ниже поясняющей подписи. Если в работе приведена одна иллюстрация, то ее не нумеруют и слово «Рисунок» не пишут.

Таблицы нумеруют последовательно арабскими цифрами (за исключением таблиц, приведенных в приложении) в пределах раздела. В правом верхнем углу таблицы над соответствующим заголовком помещают надпись «Таблица» с указанием номера таблицы. Номер таблицы должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например: «Таблица 1.2» (вторая таблица первого раздела).

Если в работе одна таблица, ее не нумеруют и слово «Таблица» не пишут.

При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз справа над первой частью таблицы; над другими частями пишут слово «Продолжение». Если в отчете несколько таблиц, то после слова «Продолжение» указывают номер таблицы, например: «Продолжение табл. 1.2».

Формулы в работе (если их более одной) нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например: (3.1) (первая формула третьего раздела).

Примечания к тексту и таблицам, в которых указывают справочные и поясняющие данные, нумеруют последовательно арабскими цифрами. Если примечаний несколько, то после слова «Примечания» ставят двоеточие, например:

Примечания:

1. ...

2. ...

Если имеется одно примечание, то его не нумеруют и после слова «Примечание» ставят точку.

2.3. Иллюстрации

Качество иллюстраций должно обеспечивать их четкое воспроизведение (электрографическое копирование, микрофильмирование и т. п.).

Рисунки должны быть выполнены черной тушью или черными чернилами на белой непрозрачной бумаге.

В работе следует применять только штриховые рисунки и подлинные фотографии.

Фотографии размером меньше А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги.

Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота отчета или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации располагают после первой ссылки на них.

Иллюстрации должны иметь наименование. При необходимости их снабжают поясняющими данными (подрисуночный текст). Наименование иллюстрации помещают над ней, поясняющие данные – под ней.

2.4. Таблицы

Цифровой материал, как правило, должен оформляться в виде таблиц.

Каждая таблица должна иметь заголовок. Заголовок и слово «Таблица» начинают с прописной буквы. Заголовок не подчеркивают.

Заголовки граф таблиц должны начинаться с прописных букв, подзаголовки – со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописных, если они самостоятельные. Делить головки таблицы по диагонали не допускается. Высота строк должна быть не менее 8 мм. Графу «№ п. п.» в таблицу включать не следует.

Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы ее можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист. При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью. Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки или графы таблицы выходят за формат таблицы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется ее головка, во втором случае – боковик.

Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его допускается заменять кавычками; если из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «то же», а далее – кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается.

Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, в ней ставят прочерк.

2.5. Формулы

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Уравнения и формулы следует выделять из текста свободными строками. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков (+), минус (-), умножение (x) и деление (:).

2.6. Ссылки

Ссылки в тексте на литературные источники допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку источников, выделенный двумя косыми чертами.

Ссылки на иллюстрации указывают порядковым номером иллюстрации.

Ссылки на формулы указывают порядковым номером формулы в скобках, например «... в формуле (2.1)».

На все таблицы должны быть ссылки в тексте, при этом слово «Таблица» в тексте пишут полностью, если таблица не имеет номера, и сокращенно – если имеет номер, например: «... в табл. 1.2».

В повторных ссылках на таблицы и иллюстрации следует указывать сокращенно слово «смотри», например: «см. табл. 1.3».

2.7. Титульный лист

Титульный лист является первым листом работы и заполняется по установленной форме.

Поле 1 – наименование министерства, университета, института.

Поле 2 – в левой части поля – индекс УДК и номер государственной регистрации, проставляемые организацией-исполнителем, а также инвентарный номер работы (организацией-исполнителем не

проставляется). Эти данные размещаются одно под другим. Правая часть предназначена для специальных отметок.

Поле 3 – в левой части поля должен быть помещен гриф согласования, состоящий из слова «СОГЛАСОВАНО», наименования должности с указанием наименования организации, ученой степени, ученого звания лица, с которым согласовывается работа, его личной подписи, ее расшифровки, даты согласования. Здесь же проставляется печать организации, согласовавшей работу.

В правой части поля помещают гриф утверждения, состоящий из слова «УТВЕРЖДАЮ», наименования должности с указанием наименований организации, ученой степени, ученого звания лица, утвердившего работу, личной подписи, ее расшифровки и даты утверждения работы. Здесь же проставляется печать организации, утвердившей работу.

Подписи и даты подписания должны быть выполнены только черными чернилами. Дату следует записывать арабскими цифрами в следующей последовательности элементов: год, месяц, день месяца.

В поле 4 прописными буквами указывают наименование работы.

Поле 5 – должности, ученые степени, ученые звания руководителей, консультантов. Справа от каждой подписи проставляют инициалы и фамилию лица, подписавшего работу, ниже – дату подписания.

Поле 6 – город и год выпуска работы, например: «Красноярск, 2020».

Если на титульном листе не размещаются все необходимые подписи, то допускается перенос их на следующую страницу. На эту же страницу переносятся и сведения с поля 6.

2.8. Список исполнителей

В список должны быть включены фамилии всех ответственных исполнителей, исполнителей и соисполнителей (авторов работы), принимавших творческое участие в выполнении работы. Фамилии исполнителей и соисполнителей следует располагать столбцом. Слева указывают должности, ученые степени, ученые звания исполнителей и соисполнителей.

Справа от подписей указывают (без скобок) инициалы и фамилии исполнителей и соисполнителей. Возле каждой фамилии исполнителя и соисполнителя следует в скобках указать номер раздела (подраздела) работы, подготовленного по выполненному им этапу НИР, наименование организации-соисполнителя.

Если работа выполнена одним исполнителем, его фамилию и подпись помещают на титульном листе.

2.9. Содержание

Включает наименование всех разделов, подразделов и пунктов (если они имеют наименование) с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материалов разделов (подразделов, пунктов).

2.10. Перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов

Если в работе принята специфическая терминология, а также употребляются малораспространенные сокращения, новые символы, обозначения и т. п., то их перечень должен быть представлен в виде отдельного списка.

Перечень должен располагаться столбцом, в котором слева (в алфавитном порядке) приводят, например, сокращение, справа – его детальную расшифровку.

Если в работе специальные термины, сокращения, символы, обозначения и т. п. повторяются менее трех раз, перечень не составляют, а их расшифровку приводят в тексте при первом упоминании.

2.11. Список использованных источников

Должен содержать перечень книг, статей, различных документов, исследований других авторов и т. п., использованных при выполнении работы.

Источники следует располагать в порядке появления ссылок в тексте работы.

2.12. Приложения

Оформляют как продолжение работы на последующих его страницах или в виде отдельной части (книги), располагая их в порядке появления ссылок в тексте.

Каждое приложение начинается с нового листа (страницы) с указанием в правом верхнем углу слова «ПРИЛОЖЕНИЕ», напечатанного прописными буквами, и имеет содержательный заголовок.

Если в работе более одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами (без знака №), например: Приложение 1, Приложение 2 и т. д.

При оформлении приложений отдельной частью (книгой) на титульном листе под названием работы печатают прописными буквами слово «ПРИЛОЖЕНИЯ».

Текст каждого приложения при необходимости может быть разделен на подразделы и пункты, нумеруемые арабскими цифрами в пределах каждого приложения, перед ними ставится буква «П», например «П. 1.2.3» (третий пункт второго подраздела первого приложения).

Рисунки, таблицы и формулы, помещаемые в приложении, нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого приложения, например: «Рис. П. 1.1» (первый рисунок первого приложения); «Табл. П. 1.1» (первая таблица первого приложения).

3. Рецензирование научно-исследовательских работ.

Доклад о работе. Составление тезисов доклада

Рецензия (отзыв о научной работе) – работа, в которой критически оценивают основные положения и результаты рецензируемого исследования. Особое внимание обращают на актуальность его теоретических положений, целесообразность и оригинальность принятых методов исследования, новизну и достоверность полученных результатов, их практическую полезность.

При составлении рецензии обычно придерживаются такой последовательности:

- обоснование необходимости (актуальность) темы исследования;
- оценка идейного и научного содержания (основная часть рецензии), языка, стиля;
- последовательность изложения результатов исследования;
- оценка иллюстративного материала, объема исследований и рукописи изложения (рекомендации о сокращении или дополнении);
- общие выводы; итоговая оценка исследования.

Критика рецензента должна быть принципиальной, научно обоснованной, взыскательной, но вместе с тем и доброжелательной, способствующей улучшению исследования.

Доклад или сообщение содержат краткое изложение основных научных положений автора, их практическое значение, выводы и предложения. Время доклада 10–20 мин, аргументация должна быть краткой и четкой. Необходимо выделять основную идею доклада, не нужно детализировать отдельные его положения.

Не рекомендуется доклад (сообщение) читать перед аудиторией, его используют лишь для справок, чтения цитат. Эмоциональность, убежденность докладчика, его умение полемизировать обеспечивает контакт с аудиторией, внимание слушателей. Главным в научном докладе является содержание и научная аргументация.

Выразительность и доходчивость речи при изложении доклада в большой мере зависит от темпа, громкости и интонации. Спокойная, неторопливая манера изложения всегда импонирует слушателям. Докладчику необходимо следить за правильностью литературного произношения, употреблять слова в соответствии с их смыслом.

Отвечать на вопросы следует кратко, по существу, проявлять скромность в оценке своих научных результатов, выдержанность и тактичность даже в случае резких выступлений оппонентов. Самокритичность и уважительное отношение к деловой товарищеской критике – важное условие устранения недостатков в исследовании.

В ряде случаев по докладу составляют тезисы, в которых кратко (1–2 страницы) излагают главную идею, основу доклада и необходимую аргументацию. Научный работник должен уметь выступать с кратким и четким докладом, вести научную дискуссию, убедительно аргументировать свои научные положения. Это умение вырабатывается систематической настойчивой работой над рефератами, докладами и выступлениями перед научными коллективами.

4. Подготовка научных материалов к опубликованию в печати

Монография – научное произведение, в котором изложен итог всестороннего исследования определенной темы или проблемы, выполненной одним или несколькими авторами.

В статье излагаются результаты, полученные по конкретному вопросу, имеющему определенное научное и практическое значение. Статью публикуют в научных журналах или сборниках. Ее объем не должен превышать 8–10 машинописных страниц; графический или другой иллюстративный материал допускается в минимальном количестве, не более 2–3 рисунков.

Учебники и учебные пособия относятся к учебным изданиям. **Учебник** – учебное издание, которое содержит систематизированное изложение определенной учебной дисциплины в соответствии с учебной программой и утверждено официальной инстанцией в качестве учебника.

Учебное пособие – учебное издание, частично заменяющее или дополняющее учебник и утвержденное официальной инстанцией в качестве учебного пособия.

Подготовку материалов исследования к печати необходимо проводить в такой последовательности.

Составляют план-проспект и систематизируют материал исследования, при этом строго придерживаются положения о том, что второстепенные сведения или опубликованные ранее не следует помещать в подготавливаемые издания. Затем располагают подобранный материал по главам и параграфам.

Излагают материал в научном стиле, для которого характерны ясность изложения, точность словоупотребления, лаконизм; строгое соблюдение научной терминологии, позволяющей в возможно краткой и экономной форме давать четкие определения и характеристики научных фактов, понятий, процессов и явлений. Последовательное изложение принятой теоретической позиции, логичность, глубокая взаимосвязь теоретических положений, выразительность речи – характерные черты научного стиля.

Все цитаты приводят по первоисточникам с указанием подлинных авторов цитат и источников.

Материалы печатают на пишущей машинке с крупным и четким очком литер, через черную ленту, на одной стороне листа бумаги формата А4 (210×97 мм) через два интервала, что обеспечивает возможность последующего редактирования и дополнения.

Поля на странице должны быть такие, как и при оформлении дипломной работы. После того как рукопись составлена, уточняют ее содержание, одновременно осуществляя тщательное редактирование. На этом этапе сокращают второстепенный или добавляют необходимый материал, определяют место в рукописи таблиц и рисунков. При литературном редактировании работают над улучшением научного стиля произведения; перерабатывают отдельные части, формулировки фраз в целях достижения четкого изложения, проверяют орфографию и пунктуацию, устраняют архаизмы, речевые штампы. Избегают частого повторения одних и тех же слов, заменяя их синонимами.

Осуществляя техническое редактирование, определяют в рукописи абзацы, указывают, какие слова и предложения необходимо выделить специальным шрифтом, проверяют правильность написания терминов, символов; значков, шифров, особенно в математических, химических и других формулах. Одновременно с этим определяют размеры иллюстраций и таблиц, правильность их оформления. После этого на машинке окончательно перепечатывают рукопись. В машинописном тексте отмечают на полях место расположения рисунков и таблиц. Условные знаки, замеченные опечатки, формулы, фамилии иностранных авторов, которые нельзя печатать на машинке, аккуратно и разборчиво вписывают от руки черными чернилами или тушью.

При вписывании формул необходимо ясно указать, какие из символов будут набраны прописными буквами, какие строчными. Это относится к буквам одинакового начертания (P , p и т. д.). Их помечают особо: прописные – двумя черточками снизу, строчные двумя черточками сверху. Специальными знаками выделяют показатели степени, индексы; буквы греческого алфавита обводят красными чернилами. Все символы в формулах поясняют текстом, расположенным непосредственно под формулой. Не допускается обозначение разных величин одинаковыми буквами.

Иллюстрации должны быть ясными, четкими. Чертежи (рисунки) выполняют черной тушью на белой бумаге или кальке. Они должны удовлетворять требованиям государственных стандартов.

Фотографии и светокпии готовят достаточно контрастными, чтобы обеспечить качественное изготовление типографских клише. Подписи должны легко читаться при заданном уменьшении. К иллюстрациям составляют опись подрисовочных текстов, которые прилагают к машинописному тексту научной работы.

Таблицы создают наибольшие удобства при чтении текста. Помещая их в текст, автор должен четко понимать, как она будет выглядеть в напечатанной книге. Не рекомендуется составлять таблицы с большим количеством граф, так как это затрудняет размещение их в тексте.

Статья направляется в редакционную коллегию научного журнала или научно-технического сборника, а монография – в научное специализированное издательство. Все материалы, рекомендуемые к печати, представляют в двух экземплярах.

Кроме научного отчета ученый, исследователь обязан публиковать статьи по результатам исследований, делать доклады, сообще-

ния, читать лекции. Эта необходимость вызвана тем, что исследователь при публикации выносит результаты исследований, которые будут оценены специалистами, кроме того он развивает эрудицию и находит единомышленников.

Это необходимо делать, чтобы не было дублирования и новые идеи, предложения, конструкции быстрее внедрялись в производство. Поэтому публикация, доклад, сообщение о результатах исследований выгодно и ученому, исследователю, и государству.

Научный доклад – научный документ, содержащий изложение результатов НИР и ОКР, опубликованных в печати или прочитанных в аудитории.

5. Производственная проверка и внедрение результатов научных исследований

Научно-исследовательские разработки имеют не только научную, новую практическую ценность, без чего они не представляют ценности для научно-технического прогресса. Законченные разработки, если доказана их экономическая эффективность, необходимо внедрять в производство.

Законченными НИР в ОКР признаются опытные образцы и макеты механизмов, рабочих органов машин и оборудования, проектно-технологические решения, воплощенные в проектах и в производстве, рекомендации по усовершенствованию механизированных разработок и другие научно-технические объекты в том случае, если они прошли экспериментальную проверку и показали высокую технико-экономическую эффективность.

Внедрение научного результата в производство представляет не менее сложную задачу, чем его получение в процессе исследования.

Современное сельскохозяйственное производство может в полной мере реализовать результаты научных исследований только в том случае, если они доведены до стадии полных технических и технологических разработок.

При оценке законченных НИР отмечается научная и практическая ценность работы, конкретные возможности использования и реализации результатов в производстве. Целесообразность внедрения полученных научных результатов обосновывается полученным конкретным экономическим эффектом или производственной проверкой, а также расчетными показателями возможного экономического эф-

фекта в сельскохозяйственном производстве при максимальном масштабе использования результатов работы.

В качестве показателей экономической эффективности научных разработок могут быть и такие, как повышение производительности труда, снижение себестоимости, снижение удельных показателей материало- и энергоемкости, снижение потерь основной продукции, срок окупаемости капитальных вложений, социальной – улучшение условий труда, снижение вредного воздействия на окружающую среду и др.

Отчеты о производственной проверке технических разработок направляются в отраслевые управления министерства и производственные областные управления сельского хозяйства для экспертизы и принятия решения о включении созданной новой техники законченных разработок в соответствующий план внедрения.

Внедрение законченных научных исследований в производство – заключительный этап НИР.

Внедрение – передача производству научной продукции (отчеты, инструкции, временные указания, технические условия, технический проект и т. д.) в удобной для реализации форме, обеспечивающей технико-экономический эффект. НИР превращается в продукт лишь с момента ее потребления производством.

Заказчиками на выполнение НИР могут быть технические управления министерств, тресты, управления, предприятия, НИИ и т. д.

Подрядчик – научно-исследовательская организация, выполняющая НИР в соответствии с подрядным двусторонним договором, обязан сформулировать предложение для внедрения. Последнее в зависимости от условий договора должно содержать технические условия, техническое задание, проектную документацию, временную инструкцию, указание и т. д.

Процесс внедрения состоит из двух этапов: опытно-производственного внедрения и серийного внедрения (внедрение достижений науки, новой техники, новой технологии).

Как бы тщательно ни проводились НИР в научно-исследовательских организациях, все же они не могут всесторонне учесть различные, часто случайные, факторы, действующие в условиях производства. Поэтому научная разработка на первом этапе внедрения требует опытной проверки в производственных условиях.

Предложение о законченных НИР рассматривают на научно-технических советах, а в случаях особо ценных предложений – на

коллегиях министерства, и направляют на производство для практического применения.

После опытно-производственного испытания новые материалы, конструкции, технологии, рекомендации, методики внедряют в серийное производство как элементы новой техники. На этом, втором, этапе научно-исследовательские организации не принимают участия во внедрении. Они могут по просьбе внедряющих организаций давать консультации или оказывать незначительную научно-техническую помощь.

После внедрения достижений науки в производство составляют пояснительную записку, к которой прилагают акты внедрения и эксплуатационных испытаний, расчет экономической эффективности, справки о годовом объеме внедрения по включению получаемой экономии в план снижения себестоимости, протокол долевого участия организаций в разработке и внедрении, расчет фонда заработной платы и другие документы.

Внедрение достижений науки и техники финансируют организации, которые его осуществляют.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель и задачи работы.
 3. Результаты выполнения работы.
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Назовите формы представления результатов научных исследований.
2. Структура отчета о научно-исследовательской работе.
3. Требования, предъявляемые к отчету о научно-исследовательской работе.
4. Дайте краткую характеристику введению НИР.
5. Дайте краткую характеристику заключению по результатам проведенной научно-исследовательской работы.
6. Что включают в приложение?
7. Понятие внедрения НИР.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

ДОКУМЕНТЫ, ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ ПРАВО НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНУЮ СОБСТВЕННОСТЬ

Цель работы: изучить документы, закрепляющие право на открытие и изобретение.

Порядок выполнения работы

1. Изучить правовые основы и охранные документы на открытие и изобретение.

2. В отчете в краткой форме изложить перечень документов, закрепляющих право на открытие и изобретение. Представить список документов, содержащихся в заявках на открытие и изобретение.

1. Охранные документы на научное открытие.

Оформление документов

1. Открытием в области естественных наук признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей (законов), свойств, явлений или объектов материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания и доступных проверке.

2. Открытием в области общественных наук признается установление интеллектуальных связей между понятиями и/или концепциями, которые воспринимались ранее не связанными.

3. Под научной идеей понимается обобщенный теоретический принцип, объясняющий сущность неизвестного ранее явления, свойства, закона (закономерности) или неизвестную интеллектуальную связь между понятиями и/или концепциями.

4. Научно гипотезой признается научно обоснованное предположение о неизвестном ранее явлении, свойстве, законе (закономерности) или о неизвестной интеллектуальной связи между понятиями и/или концепциями.

5. Диплом на научное открытие, свидетельство на научную гипотезу, свидетельство на научную идею выдается на имя автора и удостоверяет признание научного открытия (идеи, гипотезы), приоритет и авторство.

6. В случае соавторства диплом (свидетельство) выдается каждому из авторов с указанием в нем других соавторов.

7. В случае установления научного открытия (идеи, гипотезы) в организации при выполнении служебного задания, по просьбе организации и с согласия авторов, организации выдается свидетельство, удостоверяющее, что данное открытие (идея, гипотеза) установлено в этой организации.

8. Рассмотрение заявок на научные открытия, научные идеи, научные гипотезы осуществляется в порядке, предусмотренном «Положением о порядке представления, экспертизы материалов заявок и выдачи дипломов на научные открытия, идеи и гипотезы в Международную ассоциацию авторов научных открытий», опубликованным в Бюллетене ВАК Российской Федерации (1998. № 2. С. 43–46).

9. Заявка на научное открытие научную идею, научную гипотезу подается в Международную академию авторов научных открытий и изобретений (МААНОиИ) самим автором (соавторами) или его наследниками, либо организацией или физическим лицом, которому это поручено автором (соавторами). Заявка может быть представлена непосредственно в Президиум Академии по адресу: 113105, Москва, Варшавское шоссе, д. 8.

2. Порядок оформления заявок на научные открытия (идеи, гипотезы)

1. Научные открытия (идеи, гипотезы), созданные в ходе выполнения запланированных НИР или в связи с выполнением служебных обязанностей, или служебного задания, и/или с использованием опыта и технических средств, подаются в МААНОиИ от авторов и оформляются авторами под методическим руководством патентно-лицензионного отдела.

2. Не отнесенные к перечисленным в п. 1 заявки на открытия (идеи, гипотезы) могут быть оформлены патентно-лицензионным отделом на условиях оказания платных услуг в соответствии с утвержденными тарифами и переданы автору для самостоятельного их отправления в МААНОиИ, и/или по доверенности сотрудник патентно-лицензионного отдела осуществляет делопроизводство по заявке на открытие.

3. Порядок оформления заявок на научные открытия (идеи, гипотезы) включает в указанной далее последовательности следующие обязательные этапы:

- предварительная экспертиза заявки на предполагаемое научное открытие (идею, гипотезу) в патентно-лицензионном отделе;

- обсуждение предполагаемого научного открытия (идеи, гипотезы) на профильной проблемной комиссии;

- при наличии положительного заключения профильной проблемной комиссии, подтвержденного Протоколом заседания, передача и регистрация материалов заявки в патентно-лицензионном отделе;

- оформление заявочных материалов на предполагаемое научное открытие (идею, гипотезу) в соответствии с требованиями, установленными в «Методическом пособии по подготовке и оформлению заявок на открытие» (М.: Международная академия авторов научных открытий, 2001).

4. Предварительная экспертиза материалов в патентно-лицензионном отделе включает определение правовой принадлежности объекта открытия, идентификацию объекта предполагаемого открытия – закон (закономерность), свойство, явление, научная гипотеза, научная идея, предварительное заключение о соответствии разработки требованиям, предъявляемым к данному объекту открытия, определение состава авторов и организации(й)-разработчика(ов) и определение их творческого вклада.

5. Обсуждение предполагаемого научного открытия (идеи, гипотезы) на заседании профильной проблемной комиссии проводится в течение одного месяца после предварительной экспертизы заявочных материалов в патентно-лицензионном отделе. На заседании профильной проблемной комиссии в обязательном порядке должны присутствовать все авторы предполагаемого открытия и представитель патентно-лицензионного отдела. При выявлении комиссией недоказанности отдельных положений или наличия в материалах заявки «белых пятен», требующих новых доказательств, комиссия принимает решение о необходимости их устранения, доработки материалов и/или проведения дополнительных исследований и повторного рассмотрения материалов с учетом полноты и достоверности ответов на сделанные замечания.

6. По результатам обсуждения предполагаемого открытия профильная проблемная комиссия принимает заключение, которое содержит следующее:

- тему НИР, к которой относится предполагаемое открытие (название, сроки выполнения), состав авторов (ФИО, место работы, должность) и в чем выразилось творческое участие каждого из авторов в создании открытия;

- проверку сведений о приоритете научного открытия, его сущности и доказательства достоверности, научного и практического значения предполагаемого открытия;

- приводятся результаты голосования, дата и номер протокола заседания.

7. При наличии положительного заключения профильной проблемной комиссии заявочные материалы регистрируются в патентно-лицензионном отделе для их дальнейшего оформления.

8. В случае, если заключение профильной проблемной комиссии содержит вывод об отсутствии предмета открытия уже после повторного их обсуждения, указываются причины, мотивы и приводятся ссылки, подтверждающие это заключение.

9. Заявка на предполагаемое открытие должна относиться к одному открытию и включать следующие документы в 2-х экземплярах:

- заявление
- описание;
- заключение компетентных лиц и организаций;
- заключение экспертной комиссии по вопросу возможности публикации открытия;
- документы, подтверждающие приоритет открытия;
- справку о творческом вкладе каждого из соавторов;
- аннотацию;
- документ, подтверждающий уплату стоимости экспертизы.

3. Документы заявки на патент на изобретение: правила составления, требования к оформлению, сроки рассмотрения

Как известно, каждая инновация в сфере технологий помимо своего научного достижения обязана пройти специальную регистрационную процедуру, предусмотренную законодательством, за закреплением права интеллектуальной собственности конкретному автору. Такие действия, прежде всего, должны соответствовать порядку, который обозначен в законах. Исключительно такие меры проведения регистрационного процесса должным образом закрепляют право новатора на его творение.

В современном мире такие действия имеют специальное название – патентирование, которое представляет собой систему шагов, обязательных к выполнению для получения документального подтверждения права интеллектуальной собственности на результат труда.

3.1. Патент на изобретение

С юридической точки зрения патент на изобретение рассматривают как право интеллектуальной собственности автора на созданный объект, который отличается мировой новизной.

При этом последний факт имеет решающее значение. Он обозначает уникальность такого творения, то есть отсутствие его ранее в мире технологий. Создание такого рода новшества требует правильного закрепления на государственном уровне. Для того чтобы подтвердить свое право над новаторством, нужно пройти процесс патентирования.

Прежде чем оформить патент на изобретение, нужно убедиться в том, что творение является именно изобретением. Так, в современной науке выделяют еще два понятия: промышленный образец и полезную модель. Оба явления имеют определенную сферу новаторства. Но если сравнивать их с изобретением, то стоит заметить, что такого рода технологии имеют характер усовершенствования, а не разработки полностью уникального предмета.

Промышленный образец – авторское решение по переработке внутреннего строения ранее существующего предмета. Здесь речь идет непосредственно о технических характеристиках и принципах работы механизма.

Если же говорить о **полезной модели**, то такое авторство регистрируется при изменении внешнего вида технологии. Работа проводится для смены дизайна, внесения каких-то новых визуально-наглядных элементов.

Чтобы решиться патентовать свое изобретение, необходимо выяснить, что оно не является усовершенствованием ранее использованной технологии. Кроме того, важным аспектом станет поиск идентичного материала. Он предполагает ознакомление с изобретениями, которые ранее уже были запатентованы. Проще всего в таком случае воспользоваться электронной системой государственного образца, которая содержит информацию обо всех зарегистрированных правах.

Такой сервис представляет собой перечень технологий, где объясняются их внутренние и внешние характеристики, способы приспособления.

После того, как будет проверено соответствие предмета разработки условиям уникальности, можно приступать к процессу патентования. Для этого необходимо осуществить несколько шагов:

- сбор документов;
- их подача в соответствующий государственный орган;
- получение патента.

Важно понимать, что процедуру патентирования осуществляет исключительно одна государственная инстанция. Ни один другой субъект не имеет право на такого рода действия. На сегодняшний день в России за выдачу патентов отвечает подразделение права интеллектуальной собственности – Роспатент. Это специализированный орган, который наделен государством правами на проведение регистрационного процесса изобретений, промышленных образцов и полезных моделей. Только Роспатент имеет право выдавать патенты.

Следует заметить, что для удобства обращения граждан подразделение по правам интеллектуальной собственности имеет широкую систему отделений. Они закрепляются по территориальному принципу: в зависимости от административного деления по всей территории Российской Федерации располагаются представительства Роспатента.

3.2. Заявка на патент на изобретение

Наверное, самым главным в оформлении права интеллектуальной собственности на изобретение является формирование заявки.

Патентная заявка – совокупность документов, которые определены государством как обязательные. На ее основании открывается дело о начале регистрации права на изобретение, проводится анализ необходимых материалов и вносятся все ведомости в единые базы данных государственного уровня.

На сегодняшний день в такой комплекс входят следующие документы:

- специальное заявление государственного образца;
- описание предмета права интеллектуальной собственности;
- формула изобретения, которая раскрывает суть инновации;
- схематическое изображение внутреннего и внешнего строения изобретения;

- реферат, поясняющий суть инновации.

Отдельно можно подать заявление на возможность использования предмета права интеллектуальной собственности как объекта отчуждения – такой документ позволит продавать свое изобретение в дальнейшем.

Первые пять документов являются обязательными. Их необходимо предоставить государственному регистратору, поскольку отсутствие хотя бы одного из них послужит причиной в отказе патентования. Если же говорить о последнем заявлении, то его подача зависит от собственного решения автора. В законах такой документ не предусмотрен как обязательный. Помимо того что весь перечень предоставляется в печатном виде, необходимо подавать еще и электронную копию всех документов. При этом нужно иметь подтверждение идентичности бумажного и электронного вариантов.

Все документы, кроме заявления, могут создаваться на иностранных языках. Стоит понимать, что для принятия их государственным регистратором необходимо будет приложить их официальный перевод в письменном виде.

Существует также перечень вспомогательных документов, которые сами по себе не объясняют сущность или строение изобретения. К ним относят:

- документ, подтверждающий уплату пошлины за осуществление регистрационных действий государственным органом;
- документ, подтверждающий уплату пошлины в меньшем размере или освобождение от уплаты.

Кроме того, существует специальная инструкция, которая детально регламентирует все положения по поводу составления заявки патентного образца для регистрации изобретения.

Заявление на патент изобретения – один из обязательных документов на регистрацию права интеллектуальной собственности. Каждый автор обязан предоставить его в правильной форме и со всей нужной информацией.

Заявление имеет специальную форму, которая разработана государственными органами. Она является обязательной по всей территории России. Составление заявления вручную по собственному образцу станет причиной отказа в проведении патентования.

Бланк можно взять непосредственно в самом отделении органа по правам интеллектуальной собственности либо воспользоваться

электронными ресурсами – найти заявление можно на официальном сайте Роспатента.

Информация вносится в предложенные графы заявления. Если существует необходимость указать данные, а места в документе специально не отведено, можно воспользоваться приложениями, наличие которых нужно обязательно указать в заявлении.

Верхние специально отведенные места для проставления даты заявителем не заполняются. Соответствующие отметки ставит непосредственно сам государственный орган при начале рассмотрения дела о патентовании.

Кроме того, очень важно понимать разницу между автором и заявителем, поскольку в заявлении необходимо указать и того, и другого. Автор – непосредственно сам разработчик изобретения, лицо, которое претендует на получения права интеллектуальной собственности. К тому же, авторов может быть несколько, ведь достаточно много разработок создается совместной работой нескольких людей. Заявитель – лицо, которое непосредственно предоставляет саму заявку в орган по вопросам прав интеллектуальной собственности. Им может быть как автор, так и третье лицо, которое действует от имени создателя на основе доверенности. Заявитель может быть только один. Если эти два лица представляются разными людьми, то подписывать заявление необходимо им обоим.

Заполнять форму необходимо аккуратно и внимательно. Если в документе будут иметься исправления, то государственный орган откажет вам в его принятии – перечеркивать и исправлять информацию в заявлении не допускается.

Заполняется такой документ при помощи черной ручки. Все данные вписываются печатным шрифтом и заглавными буквами. Проще всего вносить информацию на компьютере и потом распечатывать, но заполнение от руки не запрещается.

Документы на патент на изобретение включают в себя специальное описание. Оно представляет собой объяснение сути изобретения, которое должно в полной мере раскрыть особенности и принципы работы технологии. Такие пояснения в обязательном порядке должны быть понятными для специалиста в сфере, в которой планируется использование такого изобретения.

Само описание можно поделить на несколько разделов, где будет предоставляться информация:

- о разделе технологии, к которой относится предмет изобретения;
- уровне технологии;
- самой сути нововведения;
- перечне схем и чертежей, если такие имеются в заявке;
- данных, которые подтверждают возможность использования изобретения в жизни.

Такая информация не может иметь отсылочный характер, нельзя ссылаться на литературные источники, ранее запатентованные модели. Все данные должны быть полными и логично изложенными.

Формула изобретения, которая раскрывает суть инновации, служит показателем, на основе которого государственным органом определяется уровень правовой охраны изобретения. Формула должна выражать суть самого предмета инновации. Это краткое изложение описания, о котором говорилось выше. Основным условием ее составления становится лаконичность и точность.

Такая формула может выражаться в двух формах:

- однозвенная;
- содержащая два и более звена.

Первый вариант применяется при описании единого изобретения, не имея при этом пояснений по применению в частных случаях. Два и больше пункта обозначают характеристику предмета со всей совокупностью его составляющих, но при этом такое пояснение касается тоже единственного изобретения.

Основным требованием к составлению формулы является необходимость указания тех частей, в которых предмет имеет наибольшую схожесть с аналогами, и те моменты, которые станут отличительными.

Схематическое изображение внутреннего и внешнего строения изобретения, как правило, представляет собой чертежи или схемы. Их наличие должно быть указано в обязательном порядке в описании.

Создание схематического изображения предоставляет государственному регистратору возможность ознакомиться с внутренним строением изобретения. Это помогает определить уникальность.

Наглядное ознакомление с принципом работы предмета права интеллектуальной собственности становится одним из факторов, который влияет на определение уровня правовой защиты патентованного изобретения.

Основная задача таких документов состоит в доказательстве уникальности авторского творения: изображая изобретение схема-

точно, раскрывается его сущность и мировая новизна, которая в таком виде более заметна.

Еще одним из основных документов является реферат. Он представляет собой достаточно краткое описание сути предмета изобретения, его принципа работы и сферы использования.

При этом стоит учесть, что законодательством рекомендуется не превышать тысячи печатных знаков. Составляя такой документ, необходимо лаконично излагать всю информацию. Такой порядок обеспечивает краткое ознакомление с основными нюансами разработки.

К второстепенному перечню документов относят документ об уплате пошлины и, при наличии льгот, свидетельство о предоставлении права на использование упрощения уплаты государственной пошлины за осуществления регистрационных действий.

Патентование – довольно сложный процесс, который требует определенных затрат государством. Для того чтобы компенсировать такие расходы с каждого лица, которое подает заявку на патентование, взимается государственная пошлина. Без этого факта ни одно отделение права интеллектуальной собственности не примет у вас документы на проведение регистрационного процесса, поэтому после того как будут собраны все необходимые документы отправляйтесь в банковское отделение для уплаты государственной пошлины.

На сегодняшний день существует несколько услуг, которые нужно будет оплатить:

- непосредственно само принятие экспертизы. Размер налогообложения по этому пункту составляет 1 650 рублей;

- кроме того, в таком случае нужно будет оплатить и проведение формальной экспертизы. В данном случае размер зависит от количества пунктов, указанных в описании изобретения. Стоимость каждого из них 250 рублей;

- после того как будет принято положительное решение в первоначальной экспертизе, заявка принимается на рассмотрение и проведение рассмотрения уникальности по сути. За проведение такого рода экспертизы нужно уплатить пошлину в размере 2 450 рублей. Кроме того, за каждый отдельный пункт, который указан в формуле нужно будет добавить еще по 1 950–3 400 рублей, в зависимости от его уникальности.

Осуществить уплату пошлины можно в любом банке. Законодательством не предусмотрено каких-то специальных привязок в этом случае. Самое главное – узнать реквизиты, по которым необходимо

проводить платеж. Для этого можно обратиться непосредственно в само отделение государственного органа по правам интеллектуальной собственности или найти его данные в сети Интернет. Обязательно оплачивайте на счет того органа, в который будете подавать заявку.

Кроме того, еще одним важным моментом в этом разделе является то, что квитанция должна быть на имя того лица, который подает документы. Если автор уплатит налог, а в Роспатент отправится доверенное лицо – заявку не примут. Имя заявителя и лица, осуществившего уплату пошлины, должны совпадать.

Если у лица имеются льготы, предусмотренные законодательством, которые позволяют ему уменьшить размер налога или полностью избавиться от его уплаты – обязательно необходимо предоставить их копии.

После того как будет сформирован весь пакет документов, необходимо их правильно подать. Прежде всего, если вы пользуетесь услугами третьего лица, то к основному перечню документов необходимо приложить доверенность. В ней обязательно должны обозначаться:

- имена сторон;
- точное указание на право третьего лица представлять интересы автора в государственных органах;
- пункт о праве подачи заявки на патент на регистрацию изобретения;
- дата составления и срок действия.

Важно отметить, что такого рода доверенность не может иметь срок действия, который превышает три года. Если этот факт нарушается, государственный орган откажет в приеме заявки.

Существует несколько способов подачи пакета документов. Наиболее распространенный из них на сегодняшний день – личное посещение Роспатента и передача всего пакета документов государственному регистратору. В рабочее время заявитель идет в соответствующий орган и на основании паспорта и, при необходимости, доверенности предоставляет заявку регистратору, который проводит начальный анализ и либо принимает документы, либо отказывает в регистрации.

Вторая форма – отправка по почте. В таком случае нужно посетить любое почтовое отделение и заказным письмом отправить заявку по адресу государственного органа по правам интеллектуальной собственности с описью вложения в конверт.

Также можно воспользоваться электронным отправлением: на официальном сайте государственного органа размещена система, которая проводит передачу заявки от автора к Роспатенту. В этом случае кроме всех ранее перечисленных документов нужно иметь электронную подпись. Ее необходимо приобрести в специальных лицензированных компаниях.

Последний вариант – факс. Заявка факсовым отправлением предоставляется органу регистрации. Заявитель имеет ровно месяц, чтобы предоставить оригиналы документов, иначе весь процесс остановится.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
 2. Цель работы.
 3. Результаты выполнения работы.
 4. Ответы на контрольные вопросы.
- Защитите отчет у преподавателя.

Контрольные вопросы

1. С помощью каких документов закрепляется авторское право на открытие?
2. Какой основной документ устанавливает права собственности на изобретение?
3. Перечислите документы заявок на открытие и изобретение.
4. Алгоритм поиска научно-технических решений и примеры поисковых задач
5. Назвать признаки изобретения
6. Назначение и структура формулы изобретения
7. Особенности формулы изобретения на объекты: вещество, устройство, способ.
8. Структура описания к патенту на изобретение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современной России уделяется большое внимание разработке, обоснованию и эффективности реализации единой научно-технической политики, обеспечивающей прогресс во всех сферах социальной, экономической и политической жизни страны.

Накопление нового материала, не поддающегося объяснению на основе существующих схем, заставляет искать новые пути, что приводит время от времени к научным революциям – радикальной смене основных компонентов содержательной структуры науки, внедрению новых принципов познания, категорий и методов.

Длительный опыт многих ведущих вузов страны показал, что одним из эффективных способов получения высококвалифицированных специалистов является привлечение студентов к научно-исследовательской работе в период обучения, что в свою очередь будет требовать от них не только применения полученных ранее знаний, но и необходимости их углубления и практического закрепления.

В связи с этим учебное пособие охватывает вопросы, которые помогут специалисту участвовать в исследованиях, правильно организовать свое рабочее время в процессе поиска решения поставленной перед ним творческой задачи.

В заключение можно добавить, что освоение сведений, содержащихся в предлагаемом учебном пособии, даст желаемый высокий эффект только при условии закрепления теоретических знаний практическими.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Акимова, Е. М. Производственные практики и научно-исследовательская работа: менеджмент Электронный ресурс / Акимова Е. М., Верстина Н. Г., Кисель Т. Н. : учебно-методическое пособие. - Москва : МИСИ – МГСУ, 2019. - 33 с. - ISBN 978-5-7264-2020-5
2. Ложечкина,, А. Д. Плановая научно-исследовательская работа: учебное пособие (практикум) / А. Д. Ложечкина, Е. А. Бугаева. - Плановая научно-исследовательская работа, Весь срок охраны авторского права. - Электрон. дан. (1 файл). - Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2019. - 99 с. - электронный. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397

Дополнительная литература

1. Методология и практика научно-исследовательской работы Электронный ресурс : учебно-методическое пособие для магистрантов. - Персиановский : Донской ГАУ, 2020. - 41 с.
2. Рой, О. М. Методология научно-исследовательской деятельности в экономике и управлении Электронный ресурс : Учебное пособие / О. М. Рой. - Методология научно-исследовательской деятельности в экономике и управлении, 2020-09-18. - Омск : Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2010. - 224 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-7779-1224-4