Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 07.11.2023 20:41:29
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и индустрии моды

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ О.Г. Локтионова
«3» 11 _____ 2023 г.

ТЕХНОЛОГИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Методические указания
по выполнению практических занятий
для студентов направления подготовки 29.04.05

Курск 2023

УДК 687.02:001.891

Составитель: Т.А. Добровольская

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент *Т.М. Ноздрачева*

Технологии научных исследований и экспериментов в легкой промышленности: методические указания по выполнению практических занятий/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Т.А. Добровольская. - Курск, 2023. - 70 с. - Библиогр.: с. 70.

Содержат сведения по основным этапам проведения научно-исследовательской работы, включая выбор направления исследования, постановку научно-технической проблемы, проведение теоретических и экспериментальных исследований, рекомендации по оформлению результатов научной работы

Предназначены для студентов направления подготовки 29.04.05 «Конструирование изделий легкой промышленности» дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 25 экз. Заказ. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Практическое занятие №1

Выбор направления научного исследования, постановка научно-технической проблемы и этапы научно-исследовательской работы

Цель: изучение структуры и основных этапов научно-исследовательских работ

Задание:

1. Изучить методы выбора и цели направления научного исследования
2. Изучить основные этапы научно-исследовательской работы
3. Изучить факторы определения актуальности исследования
4. Изучить методы поиска, накопления и обработки научной информации

Отчет должен содержать ответы на вопросы:

1. Что является целью научного исследования?
2. Что такое научное направление? Его структурные единицы
3. Проблема и комплексная проблема.
4. Какие этапы включает процесс выполнения научно-исследовательской работы? Охарактеризуйте каждый этап
5. Какими факторами обосновывается актуальность в научном аспекте?
6. Какими факторами обосновывается актуальность в прикладном аспекте?

Теоретические сведения

Методы выбора и цели направления научного исследования

В научно-исследовательской работе различают научное направление, проблемы и темы.

Научное направление - это сфера исследований научного коллектива, посвященных решению крупных фундаментальных теоретически-экспериментальных задач в определенной отрасли

науки. Структурными единицами направления являются комплексные проблемы, темы и вопросы.

Проблема - это сложная научная задача. Она охватывает значительную область исследования и должна иметь перспективное значение. Проблема состоит из ряда тем.

Тема - это научная задача, охватывающая определенную область научного исследования. Она базируется на многочисленных исследовательских вопросах, под которыми понимают более мелкие научные задачи. При разработке темы либо вопроса выдвигается конкретная задача в исследовании: разработать конструкцию, новый материал, технологию и т. д. Решение проблемы ставит более общую задачу, например решить комплекс научных задач, сделать открытие.

Выбор постановки проблемы или темы является весьма сложной и ответственной задачей и включает в себя ряд этапов:

- формулирование проблемы;
- разработка структуры проблемы (выделяют темы, подтемы и вопросы);
- установление актуальности проблемы, т.е. ее ценности для науки и техники.

После обоснования проблемы и установления ее структуры приступают к выбору темы научного исследования. К теме предъявляют ряд требований: актуальность, новизна, экономическая эффективность и значимость.

Критерием для установления актуальности чаще всего служит экономическая эффективность. На стадии выбора темы экономический эффект может быть определен только ориентировочно. Для теоретических исследований требование экономичности может уступать требованию значимости.

Важной характеристикой темы является осуществимость или внедряемость, поэтому, формулируя тему, научный работник должен хорошо знать производство и его запросы на данном этапе

Целью научного исследования является достоверное и всестороннее изучение объекта, процесса или явления, их структуры, связей и отношений на основе разработанных в науке научных принципов и методов познания, а также получение и внедрение в производство полезных для человека результатов.

В каждом научном исследовании выделяется объект и предмет исследования. *Объект научного исследования* - это материальная идеальная природная или искусственная система. *Предмет научного исследования* - это структура системы, закономерности взаимодействия как внутри, так и вне ее, закономерности развития, качества, различные ее свойства

Комплексная проблема представляет собой совокупность некоторых проблем, объединенных одной целью:

- *проблема* - это совокупность сложных теоретических и практических задач, решение которых актуально для общества;
- *тема научного исследования* - это составная часть проблемы, относящаяся к определенному кругу научных вопросов;

научный вопрос - это мелкие научные задачи, относящиеся к конкретной теме научного исследования

Постановка научно-технической проблемы. Этапы научно-исследовательской работы

Выбор проблемы, направления, темы научного исследования и постановка научных вопросов - очень важная задача. Как правило, самые актуальные направления научных исследований формулируются в государственных директивных документах и в документах отраслевых министерств, ведомств. Приступая к постановке научно-технической проблемы в какой-либо определенной области знаний или отрасли народного хозяйства, необходимо провести глубокий анализ задач, обусловленных потребностями общества и социальными запросами. Основные народнохозяйственные проблемы представляются в виде различных целевых и комплексных программ общегосударственного или регионального значения.

Любая научно-техническая проблема начинается с раскрытия основной концепции народнохозяйственной проблемы. Затем необходимо проанализировать общие вопросы в данном научном направлении, а также состояние вопроса, касающегося конкретной задачи в сфере научной деятельности ученого. От исследователя требуется изучение предшествующего опыта и приобретение соответствующих знаний в смежных областях науки и техники.

Вначале при определении проблемы и темы научного исследования на основе противоречий исследуемого направления формулируется сама проблема, и определяются в общих чертах ожидаемые результаты, а затем разрабатывается её структура, выделяются вопросы, устанавливается их актуальность, и определяются основные исполнители.

На этапе планирования из-за недостаточной информированности научных работников иногда выбираются ложные или мнимые проблемы. Это приводит к напрасным затратам средств и труда ученых. В уже сложившихся научных коллективах, имеющих определенные научные традиции и разрабатывающих комплексные проблемы, методика выбора тем существенно упрощается. При коллективном планировании научных исследований большую роль приобретают дискуссии, обсуждение проблем и тем, их критика.

Чтобы проанализировать научную и техническую информацию в рассматриваемой области знаний, нужно провести краткий литературный обзор по данной проблеме. Это необходимо, чтобы вскрыть проблемную ситуацию и выявить наличие противоречий между социальной потребностью и необходимостью решения выдвигаемых задач, а также показать их научную актуальность и методологическую ценность в познании причинных и функциональных связей между явлениями и процессами объекта исследования.

Такой анализ позволяет сформулировать рабочую гипотезу, наметить методы решения проблемы, выделить задачи и основные этапы исследования. Таким образом, этот этап должен завершаться формулированием цели, определением объекта исследования, оценкой научной новизны и практической ценности результатов решения научно-технической проблемы, возможности и эффективности их внедрения в практику.

Изучение и обоснование физической сущности объекта или явления, создание абстрактной математической модели, описывающей их поведение в определенных условиях, предсказание и анализ предварительных результатов являются *целью теоретических исследований.*

При необходимости проведения экспериментальных исследований формулируются их задачи, выбирается методика, приборы и средства измерения, а также составляется программа эксперимента в виде рабочего плана, в котором указываются объем работ, методы, техника, трудоемкость и сроки выполнения. Методические решения, полученные в результате экспериментальных исследований, формулируются в виде методических указаний для проведения эксперимента.

Общий анализ полученных результатов, сопоставление их с выдвинутой гипотезой производится после завершения теоретических и экспериментальных исследований. Если между исследованиями имеются существенные расхождения, то уточняются теоретические модели, а при необходимости проводятся дополнительные эксперименты. Затем формулируются практические и научные выводы.

Процесс выполнения научно-исследовательской работы включает в себя шесть этапов.

1.Формулирование темы. На этом этапе предполагается общее знакомство с научной темой или проблемой, по которой предстоит выполнить работу и предварительное ознакомление с литературой, после чего формулируется тема исследования. Затем составляется план, разрабатывается техническое задание и определяется ожидаемый экономический эффект.

2.Формулирование цели и задач исследований. Этот этап включает подбор литературы и составление библиографических списков, проведение патентных исследований по теме НИР, составление аннотации источников и анализ обработанной информации. В заключении ставится цель и задача исследования.

3.Теоретические исследования. При выполнении этого этапа предполагается изучение физической сущности явления, формирование гипотез, выбор и обоснование физической модели. Затем производится математизация и анализ модели и полученных решений.

4.Экспериментальные исследования. После разработки цели и задачи экспериментального исследования производится планирование эксперимента, разрабатываются методики его проведения и выбор средств измерения. Заканчиваются

экспериментальные исследования проведением серии экспериментов и обработкой полученных результатов.

5.Анализ и оформление научных исследований. На этом этапе производится сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными и анализ расхождений. Затем уточняются теоретические модели и проводятся дополнительные эксперименты, на основе которых становится возможным превращение гипотез в теорию. Научные работы на данном этапе завершаются формулированием научных выводов и составлением научно-технического отчета.

6.Внедрение результатов исследования в производство, определение экономического эффекта. Каждое теоретическое исследование требует больших затрат умственного труда, поэтому здесь могут быть и неудачи. Экспериментальная часть является наиболее трудоемкой и материалоемкой, особенно когда возникает необходимость в повторных исследованиях.

Процесс выполнения НИР отличается от *этапов* научно-исследовательской работы. *Этапы научно-исследовательской работы* предполагают:

1) формулирование темы, цели, задач исследования;
2)изучение литературы, проведение исследований (при необходимости) и подготовка к техническому проектированию;
3)техническое проектирование с разработкой различных вариантов;
4)разработку и технико-экономическое обоснование проекта;
5)рабочее проектирование;
6)изготовление опытного образца и его производственные испытания;
7)доработку опытного образца;
8)государственные испытания .

Актуальность и научная новизна исследования

Научная работа должна быть актуальна как в научном так и в прикладном аспектах.

Одним из основных критериев при экспертизе является *актуальность темы* научного исследования. Актуальность

означает, что поставленные задачи требуют скорейшего решения для практики или соответствующей отрасли науки.

Кроме этого, актуальность темы научной работы указывает на актуальность объекта и предмета исследования. Прежде всего актуализация темы предполагает ее увязку с важными научными и прикладными задачами. Необходимо коротко обозначить задачи, которые стоят перед теорией и практикой научной дисциплины в аспекте выбранной темы исследования и конкретных условий.

Актуальность в научном аспекте обосновывается следующими факторами:

- задачи фундаментальных исследований требуют разработки данной темы для объяснения новых фактов;
- возможны и остро необходимы в современных условиях уточнение развития и разрешение проблемы научного исследования;
- теоретические положения научного исследования позволяют устранить существующие разногласия в понимании процесса или явления;
- гипотезы и закономерности, выдвинутые в научной работе, позволяют обобщить известные ранее и полученные соискателем эмпирические данные.

В прикладном аспекте актуальность определяется следующими факторами:

- задачи прикладных исследований требуют разработки вопросов по данной теме;
- существует необходимость решения задач научного исследования для нужд общества и производства;
- научная работа по данной теме существенно повышает качество разработок творческих научных коллективов в определенной отрасли знаний;
- новые знания, полученные в результате научного исследования, способствуют повышению квалификации кадров или могут войти в учебные программы обучения студентов.

Одним из главных требований к теме научной работы является *ее научная новизна.* Работа должна содержать решение научной задачи или новые разработки, которые расширяют существующие границы знания в данной отрасли науки.

Новизна научной работы может быть связана как со старыми идеями, что выражается в их углублении, дополнительной аргументации, показе возможного использования в новых условиях, в других областях знания и на практике, так и с новыми идеями, выдвигаемыми лично исследователем.

Для выявления элементов научной новизны необходимо наличие следующих условий:

- тщательное изучение литературы по предмету исследования с анализом его исторического развития. Весьма распространенная ошибка исследователей заключается в том, что за новое выдается уже известное, но не оказавшееся в их поле зрения;
- рассмотрение всех существующих точек зрения. Критический анализ и сопоставление их в свете задач научного исследования часто приводит к новым или компромиссным решениям;
- вовлечение в научный оборот нового фактического и цифрового материала, например, в результате проведения удачного эксперимента, а это уже заявка на оригинальность;
- детализация уже известного процесса или явления.

В научной работе могут быть приведены следующие элементы новизны: новая сущность задачи, т.е. такая задача, поставлена впервые; новая постановка известных проблем или задач; новый метод решения; новое применение известного метода или решения; новые результаты и следствия.

При выполнении научно-исследовательских работ в легкой промышленности можно необходимо начинать с составления общего плана работы. Этот план может быть, например, такого содержания:

1. Аналитический обзор литературы по теме исследования, составление технико-экономического обоснования, обоснование выбранного направления исследования.
2. Выбор объектов и методов исследования.
3. Проведение разведывательного (предварительного) эксперимента, уточнение методики испытаний, выбор методов обработки данных, полученных при испытаниях.
4. Выполнение основного эксперимента, получение данных и результатов испытаний, их точности (погрешности) и достоверности.

5. Анализ и обсуждение результатов исследований.
6. Практическое использование результатов исследований и их экономическая эффективность.
7. Заключение (выводы и предложения).
8. Составление и оформление отчета

Аналитический обзор Научное исследование обычно начинают с обзора литературы. Это очень важный этап. Чтобы не повторять уже выполненные работы и глубоко разобраться в вопросах, связанных с темой, необходимо самым тщательным образом ознакомиться с работами, имеющими отношение к теме исследования, изучить не только учебную литературу, но также научные статьи, отчеты, монографии, патенты и т. п.

Список научной литературы, имеющей отношение к теме, составляют путем просмотра библиографических сборников, реферативных журналов, каталогов и др.

Изучение научной литературы имеет свою специфику. Чтение научной работы (статьи, монографии, отчета и т. п.) следует начинать с беглого просмотра ее с целью составления общего представления о работе. После этого приступают к последовательному чтению всей работы и выявляют отдельные разделы, главы, представляющие особый интерес. Проработка этих глав проводится особенно тщательно. В зависимости от содержания составляют конспект всей работы или только ее отдельных глав, особо выделяя выводы и рекомендации автора. Конспекты целесообразно делать в виде отдельных карточек, с которыми в дальнейшем удобнее было бы работать. После продумывания прочитанного и законспектированного материала делают заключение на работу, дают ей критическую оценку. Конспекты по работам (статьям, монографиям, отдельным главам) не следует механически в полном объеме включать в литературный обзор. Такой обзор получится очень большим по объему с множеством повторений. Целесообразно в литературный обзор включать лишь то новое, оригинальное (идеи, выводы, приборы, методы и т. п.), что содержит критические замечания с оценкой работ.

По материалам литературного обзора слагается окончательное представление о состоянии вопроса по теме исследования и

появляется возможность уже конкретно и детально изложить цели и задачи исследования, уточнить основные этапы и их содержание. При этом не следует бояться коренного пересмотра ранее составленного общего плана исследования. Таким образом, в заключении литературного обзора составляется окончательный план исследования, формулируются цели, задачи и порядок выполнения.

При подготовке литературного обзора обычно выявляются приборы и методы, которые следует использовать для выполнения намеченного исследования, либо определяется, какие новые приборы - или усовершенствования к действующим необходимо сделать для решения поставленной задачи. Здесь же окончательно отбирают материалы - объекты исследования - или формулируют требования к новым материалам как объектам исследования и составляют техническое задание на изготовление таких материалов.

Выбор объектов и методов исследования Правильный выбор методов исследования в большинстве случаев определяет успех всей работы. Необходимо определить, что является объектом исследования - материалы, система материалов, методика, прибор, технологическая операция и т. д. Выбор объекта исследования должен соответствовать основной задаче и цели намечаемого исследования и сопровождаться детальным его описанием.

Приборы и методы, которые следует использовать для выполнения намеченного исследования, обычно выявляются при подготовке литературного обзора. Однако этот выбор не должен ограничиваться простым копированием ранее использованной методики. Опыт предыдущих исследований нужно учитывать, однако методику следует совершенствовать, вносить в нее новое, способствующее интенсификации испытания и снижению расхода материалов.

Проведение разведывательного (предварительного) эксперимента Цель разведывательного эксперимента - уточнение методики испытания (размеры проб, их количество, режим испытания и т. п.) и методов обработки экспериментальных данных. В процессе разведывательного эксперимента проверяют правильность работы приборов и их показаний, при необходимости сравнивают их показания с эталоном, отрабатывают технику

измерений и уточняют условия проведения опыта. Выявляют также необходимость проведения дополнительных экспериментов, не предусмотренных планом работы, определяют объем основного эксперимента. Математическая обработка предварительных экспериментальных данных позволяет установить число образцов, необходимое для выполнения основного эксперимента, и достоверность результатов последнего.

Выполнение основного эксперимента При выполнении экспериментальной части работы тщательно соблюдаются принятые методики. Эксперимент проводят в определенных, строго фиксированных условиях окружающей среды (температура и относительная влажность воздуха в лаборатории), чтобы получать сопоставимые результаты. Экспериментальные данные обрабатывают современными методами математической статистики с использованием вычислительной техники.

Анализ и обсуждение результатов исследований Путем обобщения определенных зависимостей, выявления закономерностей дают теоретическое объяснение исследуемым явлениям. На основании табличных данных строят графики, диаграммы, номограммы и т. п. Графическое изображение является наиболее наглядным методом показа выявленных закономерностей.

Практическое использование результатов исследований и их экономическая эффективность Указывают области практического применения полученных результатов, приводят расчет экономической эффективности.

Заключение (выводы и предложения) На основании анализа результатов работы формулируют выводы и предложения. В выводах должно найти отражение то новое, оригинальное, что получено в результате выполненной работы; показано научное и практическое ее значение, проведена оценка технико-экономической эффективности, которая может быть получена при использовании результатов работы.

В заключительной части предложений указывают, чем завершена работа: получением научных данных о новых объектах, процессах, явлениях; разработкой научных основ, новых методов и принципов исследования; получением новых качественных и количественных характеристик объектов и явлений; составлением

новых рекомендаций, методик, норм; составлением технического задания на прибор и установку: внедрением в производство технологических процессов, режимов; оказанием научно-технической помощи производству; получением других положительных результатов.

Если в работе получены отрицательные результаты, то это также следует указать в заключении.

Поиск, накопление и обработка научной информации

Понятие *«документ».* Нас окружают многочисленные документы, которые служат для фиксации социального опыта и впоследствии они могут использоваться в разнообразных сферах деятельности. Документом являются внешние по отношению к человеку материальные объекты: материальные носители с зафиксированной в их структуре информацией, предназначенной для хранения и распространения в социуме. Общая цель любого документа - сохранить информацию разной формы, содержания и предназначения в структуре материального носителя и предоставить возможность использовать её по мере необходимости для решения научных, производственных, идентификационных, экономико-финансовых, учетно-регистрационных и других задач. Под определение документа попадает необъятное число объектов, в том числе и природных. Документ стал рассматриваться как материальный объект, содержащий информацию в закрепленном виде.

Термин «литература» нередко используется как синоним документа, но это неправильно. *Литература* является совокупностью произведений письменности, имеющих общественное значение. Объем этого термина более узок по сравнению с документом, потому что в него не входят источники информации, зафиксированные иным, неписьменным способом Большинство научных документов опубликованы, то есть являются изданиями. Среди них можно выделить: избранные труды выдающихся ученых; полные собрания сочинений классиков науки и техники; монографии - научные издания, содержащие всестороннее и полное исследование одной проблемы или темы и

принадлежащие одному или нескольким авторам; тематические сборники, состоящие из статей различных авторов и посвященных изложению нескольких вопросов определенной темы. Такие издания, в отличие от монографии не освещают темы в целом, но подробно рассматривают её отдельные стороны, являющиеся наиболее особо значимыми или актуальными.

Немало научных документов относится к группе неопубликованных. Особое место среди них занимают диссертации и авторефераты к ним.

Диссертация представляет собой квалификационную научную работу в определенной области науки, имеющую внутреннее единство, содержащую совокупность научных результатов, научных положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, которые свидетельствуют о личном вкладе автора в науку и его качествах как ученого.

Для процедуры публичной защиты диссертационной работы необходимо предварительное ознакомление широкой научной общественности с научным вкладом диссертанта. *Автореферат* и служит для этой цели. В автореферате изложены основные положения диссертации, составленные самим автором. Он публикуется ограниченным тиражом (100-150 экземпляров). В автореферате излагаются основные идеи и выводы, обозначен вклад в проведенное исследование, показаны степень новизны и практическая значимость результатов. Автореферат обладает всеми правами издания, хотя на его обложке помещается гриф «на правах рукописи».

Депонированные рукописи также относятся к неопубликованным научным документам. Суть депонирования заключается в передаче на хранение рекомендованных научным советом учреждений и организаций рукописей в специальные информационные органы, на которые возложены функции хранения подобных материалов по отрасли.

Научные издания, содержащие материалы предварительного характера, опубликованные до выхода в свет издания, в котором они могут быть помещены, входят в число неопубликованных научных документов.

К неопубликованным научным документам также относятся отчеты о результатах законченных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (отчеты о НИР и ОКР). Они служат важным источником научно-технической информации и некоторые из них размножаются типографским способом, хотя и не считаются публикациями в полном смысле слова.

Одна из самых простых технологических процедур - это сбор исходных источников информации. Исполнителю для ее выполнения достаточно к определенному сроку сконцентрировать большую часть необходимых источников вблизи своего рабочего места.

Систематизация - это упорядочение и группировка всего собранного материала по содержанию и с учетом последовательности его использования при подготовке письменной работы. У систематизированного анализа две основные задачи: тщательная проверка полноты отбора источников и поверхностная проверка соответствия их выходных данных.

Тезисы являются наиболее совершенной формой творчески переработанных выписок. Это сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной, иногда и в опровергающей форме. Тезисы в зависимости от своего предназначения могут быть основными, простыми или сложными.

Основные тезисы - близкая к дословной запись принципиально важных положений оригинального текста с небольшим добавлением обобщений, представляющих собой основу для итоговых выводов.

Простые тезисы - это дословный перечень главных мыслей автора как для каждой из частей оригинального текста, так и для всего текста в целом. Сравнительная краткость и прямота изложения отличительный признак этих тезисов. Их основное предназначение - облегчить понимание сути оригинального текста.

Сложные или развернутые тезисы - это одновременно компактный, но достаточно совершенный по своему содержанию материал, который в совокупности с планом и другими выписками может послужить первоосновой для записи чернового варианта основного текста письменной работы.

Конспект весьма сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя цитаты наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему.

Резюме - краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная прежде всего на основе содержащихся в нем выводов.

Аннотация - краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление.

Составление уточненного списка исходных источников информации. В большинстве случаев после просмотра произведенных записей у исполнителя возникает необходимость внесения в первоначальный вариант списка исходных источников информации уточнений. В конечном счете эти уточнения сводятся к корректировке содержания списка -исключению из него одних источников и внесению в него других, которые по каким-либо причинам не были привлечены в качестве исходных.

Поиск научной информации по УДК. Для успешного проведении поиска научной информации ее необходимо классифицировать. Наибольшее распространение в последнее время получила **У**ниверсальная **Д**есятичная **К**лассификация (УДК).

Поиск научной информации, или *информационный поиск* - это совокупность операций, направленных на отыскание документов, необходимых для разработки темы. Поиск может быть механическим, ручным, автоматизированным и механизированным.

Проработка научно-технической информации требует творческого подхода, сосредоточенности и внимания. Системность и настойчивость являются важными факторами. Важно правильно записать проработанный текст, потому что запись прочитанного материала является неотъемлемым требованием.

Практическое занятие №2

Теоретические и экспериментальные исследования

Цель: изучение методов проведения теоретических и экспериментальных исследований

Задание:

1. Изучить методы и особенности проведения теоретических исследований
2. Изучить структуру и модели теоретического исследования
3. Изучить особенности проведения экспериментальных исследований

Отчет должен содержать ответы на вопросы:

1. Для чего используются аналитические методы исследования?
2. Каковы недостатки математических моделей?
3. Этапы системного анализа
4. Какие этапы включают теоретические исследования?
5. Какие стадии включает процесс математической формализации?
6. Особенности проведения теоретического исследования.
7. Классификация и виды экспериментов.
8. Особенности проведения экспериментального исследования.

Теоретические сведения

Методы и особенности теоретических исследований

Аналитические методы исследований используют для исследования физических моделей, описывающих функциональные связи внутри или вне объекта. С их помощью устанавливают математическую зависимость между параметрами модели. Эти методы позволяют провести глубокое исследование объекта и установить количественные точные связи между аргументами и функциями.

Аналитические методы исследований с использованием экспериментов. Любые физические процессы можно исследовать аналитически или экспериментально. Аналитические зависимости

являются математической моделью физических процессов. Такая модель может быть представлена в виде уравнения или системы уравнений, функции и т.д.

Но математическим моделям присущи серьезные недостатки:

1.Для проведения достоверного опыта требуется установление краевых условий. Ошибка в их определении приводит к видоизменению исследуемого процесса.

2.Часто отыскать аналитические выражения, отражающие исследуемый процесс затруднительно или вообще невозможно.

3.При упрощении математической модели (допущения) искажается физическая сущность процесса.

Экспериментальные методы исследований позволяют более глубоко и детально изучить исследуемый процесс. Однако результаты эксперимента не могут быть перенесены на другой процесс, близкий по физической сущности. Это связано с тем, что результаты любого эксперимента отражают индивидуальные особенности лишь исследуемого процесса. Из опыта еще нельзя определить, какие факторы оказывают решающее влияние на процесс, если изменять различные параметры одновременно. Это означает, что при экспериментальном исследовании каждый конкретный процесс должен быть исследован самостоятельно. Экспериментальные методы позволяют установить частные зависимости между переменными в строго определенных интервалах их изменения.

Таким образом, аналитические и экспериментальные методы имеют свои достоинства и недостатки, и это затрудняет решение практических задач. Поэтому сочетание положительных сторон обоих методов является перспективным и интересным.

Вероятностно-статистические методы исследований. При использовании этих методов применяют математический аппарат. Вероятностный процесс - это процесс изменения во времени характеристик или состояния некоторой системы под влияние случайных факторов.

Методы системного анализа. Системный анализ - это совокупность методов и приемов для изучения сложных объектов - систем, которые представляют собой сложную совокупность взаимодействующих между собой элементов. Суть системного

анализа заключается в выявлении связей между элементами системы и установлении их влияния на поведение системы в целом.

Системный анализ обычно складывается из четырех этапов:

1. Постановка задачи. Определяют цели, задачи исследования и критерии для изучения процесса. Это очень важный этап. Неправильная или неполная постановка целей может свести на нет всю последующую работу.

2. Очерчивание границы системы и определение ее структуры. Все объекты и процессы, имеющие отношение к поставленной цели, разбивают на два класса: собственно систему и внешнюю среду. Различают замкнутые и разомкнутые. Влиянием внешней среды в замкнутой системе можно пренебречь. Затем выделяют структурные части системы и устанавливают взаимодействие между ними и внешней средой.

3. Составление математической модели системы. Сначала определяют параметры элементов и затем используют тот или иной математический аппарат (линейное программирование, теория множеств и др.).

4. Теоретические исследования. При проведении любого теоретического исследования преследуется несколько целей:

- обобщение результатов всех предшествующих исследований и нахождение общих закономерностей путем обработки и интерпретации этих результатов и опытных данных;
- изучение объекта, недоступного непосредственному исследованию;
- распространение результатов предшествующих исследований на ряд подобных объектов без повторения всего объема исследований;
- повышение надежности объекта экспериментального исследования.

Теоретические исследования начинаются с разработки рабочей гипотезы и моделирования объекта исследования и завершаются формированием теории. Теория проходит в своем развитии путь от количественного измерения параметров объекта и качественного объяснения происходящих процессов до их формализации в виде методик, правил или математических уравнений.

В основе создания любой модели лежат допущения, принимающиеся с целью отсева незначительных факторов, которыми можно пренебречь без существенного искажения условий задачи. При этом исследователь должен четко представлять соответствие принятой модели реальному объекту, поскольку необоснованное принятие допущений может привести к грубейшим ошибкам при проведении исследований. Но учет большого числа факторов, действующих на объект, может привести к сложным аналитическим зависимостям, которые не поддаются анализу.

Теоретические исследования включают в себя несколько характерных этапов:

- анализ физической сущности процессов и явлений;
- формулирование гипотезы исследования;
- построение физической модели;
- математическое исследование;
- анализ и обобщение теоретических исследований;
- формулирование выводов.

Процесс теоретических исследований сопровождается непрерывными постановкой и решением разнообразных задач, связанных с выявлением противоречий в принятых теоретических моделях.

Любая задача содержит *исходные условия,* определенные информационной системой, и *требования,* то есть цель, к которой нужно стремиться при ее решении. Исходные условия и требования задачи постоянно находятся в противоречии, и в процессе ее решения их приходится неоднократно сопоставлять и уточнять до тех пор, пока не будет получено решение задачи.

При проведении теоретических исследований в технических науках, как правило, стремятся к математической формализации выдвинутых гипотез и полученных выводов, используя при этом различные математические методы. Процесс математической формализации задачи включает несколько стадий:

- математическая формулировка задачи;
- математическое моделирование;
- метод решения;
- анализ полученного результата.

Математическая модель представляет собой систему математических соотношений (функций, уравнений, формул, систем уравнений), описывающих те или иные стороны изучаемого объекта.

Первый этап математического моделирования включает в себя постановку задачи, определение объекта и целей исследования, задание критериев изучения объекта и управления им, установление границ его области влияния, то есть области значимого взаимодействия с внешними объектами. Внутри этой области объект может рассматриваться как замкнутая система с установленными начальными и граничными условиями решения задачи.

Выбор типа модели осуществляется на следующем этапе математического моделирования. Иногда строят несколько моделей одного и того же объекта и выбирают наиболее правильную сравнивая результаты исследования с реальным объектом.

При выборе типа математической модели объекта по экспериментальным данным устанавливают степень его *детерминированности,* то есть статичность или динамичность, стационарность или нестационарность, линейность или нелинейность.

Структура и модели теоретического исследования

Теоретическое знание - это сформулированные общие для какой-либо предметной научной области закономерности, позволяющие объяснить ранее открытые факты и эмпирические закономерности, а также предсказать и предвидеть будущие события и факты.

Теоретическое знание трансформирует результаты, полученные на стадии эмпирического познания, в более глубокие обобщения, вскрывая сущности явлений, закономерности возникновения, развития и изменения изучаемого объекта.

Теоретическое исследование начинается с поиска. Выясняется, какая концепция, теория или предметная область могут объединить и собрать воедино все наработанные эмпирические результаты или их большую часть. Нередко бывает, что часть результатов не

ложится в единое русло и их приходится отбрасывать. Но подчас оказывается, что чего-то из необходимых эмпирических результатов недостает и эмпирическую часть исследования следует продолжить.

Когда предметная область определена исследователем, начинается процесс построения логической структуры теории, концепции и т.п.

Процесс построения логической структуры состоит из двух этапов. Первый этап - *этап индукции* - восхождение от конкретного к абстрактному. Исследователь должен определить центральное системообразующее звено своей теории: концепцию, систему аксиом или аксиоматических требований, или единый методологический подход и т. д.

Причем исследователю в процессе обобщения эмпирических результатов приходится, с одной стороны, постоянно обращаться к своей предметной области в аспекте требований полноты теории (образовавшиеся «пустоты» в предметной области). В дальнейшем их надо заполнять, в том числе путем дополнительной опытно-экспериментальной работы либо заимствования результатов у других авторов (естественно, со ссылками).

С другой стороны, постоянно соотносить получаемые обобщения и предметную область с совокупностью получаемых теоретических результатов в аспекте требования полноты, а также непротиворечивости строящейся концепции, теории.

Исследователь на этапе индукции детально инвентаризирует все имеющиеся у него результаты, все, что может представлять интерес. И начинает группировать их по определенным основаниям классификаций в первичные обобщения, затем в обобщения второго порядка и так далее. Происходит индуктивный процесс - абстрагирование - восхождение от конкретного к абстрактному - пока все результаты не сведутся в авторскую концепцию - короткую (5-7 строк), но ёмкую формулировку, отражающую в самом общем сжатом виде всю суть теоретической работы и совокупность результатов.

Следующий этап *время дедуктивного процесса,* то есть конкретизации - восхождения от абстрактного к конкретному.

На этом этапе формулировка концепции развивается в совокупности факторов, условий, принципов, моделей, механизмов, теорем и т. д. Иногда, если проблема исследования расчленяется на несколько относительно независимых аспектов, концепция развивается в несколько концептуальных положений - а те уже далее развиваются в совокупности принципов и т. п. Принципы также могут развиваться в классы моделей, типы задач и т. д. Так выстраивается логическая структура научной теоретической работы.

Только правильно и обоснованно выбранная методика гарантирует надежность полученных при выполнении исследований результатов. Поэтому важным этапом НИР является разработка методики исследования. Методика должна предусматривать теоретические и экспериментальные исследования.

Обычно теоретические исследования выполняют методом моделирования, т.е. изучения явления с помощью модели. *Модель* - искусственная система, отображающая основные свойства изучаемого объекта, то есть оригинала.

При математическом моделировании физика явлений может быть различной, но математические зависимости одинаковы. При физическом моделировании физика явлений в объекте и модели и их математические зависимости одинаковы.

При изучении сложных процессов часто применяют математическое моделирование. При построении модели изучаемый объект и его свойства обычно упрощают. Однако надо иметь в виду, что чем ближе модель к оригиналу, тем ближе полученные при теоретическом исследовании результаты к действительным.

Модели могут быть физическими, математическими и натуральными.

Физические модели позволяют наглядно представить протекающие процессы в натуре и исследовать влияние отдельных параметров на их свойства. *Математические модели* позволяют количественно использовать явления, трудно поддающиеся изучению на физических моделях. *Натуральные модели* представляют собой масштабно-измененные объекты, они

позволяют наиболее полно исследовать процессы, протекающие в натуральных условиях.

Модель должна отображать существенные явления процесса и быть оптимальной. Излишняя детализация усложняет модель и затрудняет теоретические исследования, делая их более громоздкими. Но в то же время слишком упрощенная модель не обеспечивает требуемую адекватность и точность. Изучить и проанализировать явление более полно можно лишь при условии, что его модель представлена описаниям физической сущности и имеет математический вид.

Теоретические исследования при изучении моделей значительно ускоряет компьютер. Применение компьютера для моделирования оказывается полезным, если аналитическими методами невозможно установить количественную связь между входящими и выходящими параметрами, а получение эмпирической зависимости сопряжено с большими затратами.

Процесс моделирования на компьютере содержит пять этапов:

1)выделение основных факторов и характеристик процессов и описание взаимосвязи между ними с помощью математических уравнений;

2)преобразование математического описания к виду, удобному для ввода в компьютер;

3)составление программы для компьютера;

4)анализ полученных результатов;

5)сопоставление этих результатов с опытными.

Также моделирование можно осуществлять с помощью компьютерных программ.

Общие сведения об экспериментальных исследованиях

Эксперимент является важнейшей составной частью научных исследований, в основе которого находится научно поставленный опыт с точно учитываемыми и управляемыми условиями. В научном языке и исследовательской работе термин *эксперимент* обычно используется в значении, общем для целого ряда сопряженных понятий: целенаправленное наблюдение, воспроизведение объекта познания, опыт, организация особых условий его существования, проверка предсказания. В это понятие

вкладывается научная постановка опытов и наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом его развития и воссоздавать его каждый раз при повторении этих условий. Само по себе понятие «эксперимент» означает действие, направленное на создание условий в целях воспроизведения того или иного явления и по возможности наиболее чистого, т.е. не осложняемого другими явлениями.

Основная цель эксперимента - выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования. Постановка и организация эксперимента определяются его назначением. Эксперименты, которые проводятся в различных отраслях науки, являются отраслевыми и имеют соответствующие названия: физические, химические, биологические, социальные, психологические, и т.п.

Эксперименты различаются:

- по целям исследования (констатирующие, преобразующие, поисковые, решающие, контролирующие);
- по способу формирования условий (естественный и искусственный);
- по структуре изучаемых объектов и явлений (простые, сложные);
- по организации проведения (лабораторные, натурные, полевые, производственные и т.п.);
- по характеру внешних воздействий на объект исследования (вещественные, энергетические, информационные);
- по характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования (обычный и модельный);
- по типу моделей, исследуемых в эксперименте (материальный и мысленный);
- по числу варьируемых факторов (однофакторный и многофакторный);
- по контролируемым величинам (пассивный и активный);
- по характеру изучаемых объектов или явлений (технологический, социометрический) и т.п.

Для классификации экспериментов могут быть использованы и другие признаки.

Естественный эксперимент предполагает проведение опытов в естественных условиях существования объекта исследования (чаще всего используется в биологических, социальных, педагогических и психологических науках).

Искусственный эксперимент предполагает формирование искусственных условий (широко применяется в технических и естественных науках).

Констатирующий эксперимент используется для проверки определенных предположений. В процессе этого эксперимента констатируется наличие определенной связи между воздействием на объект исследования и результатом, выявляется наличие определенных фактов.

Преобразующий, или созидательный, эксперимент предполагает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и другими объектами. Исследователь в соответствии с раскрытыми тенденциями развития объекта исследования преднамеренно создает условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта.

Поисковый эксперимент проводится в том случае, если затруднена классификация факторов, влияющих на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных предварительных (априорных) данных. По результатам поискового эксперимента устанавливается значимость факторов, осуществляется отсеивание незначимых.

Контролирующий эксперимент сводится к контролю за результатами внешних воздействий над объектом исследования с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

Решающий эксперимент ставится для проверки справедливости основных положений фундаментальных теорий в том случае, когда две или несколько гипотез одинаково согласуются с этими явлениями. Этот эксперимент дает такие факты, которые согласуются с одной из гипотез и противоречат другой.

Лабораторный эксперимент проводится в лабораторных условиях с применением специальных моделирующих установок,

типовых приборов, стендов, оборудования и т.д. Чаще всего в лабораторном эксперименте изучается не сам объект, а его образец (модель). Этот эксперимент позволяет доброкачественно, с требуемой повторностью изучить влияние одних характеристик при варьировании других, тем самым получить хорошую научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов Однако такой эксперимент не всегда полностью моделирует реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурного эксперимента.

Натурный эксперимент проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Этот вид эксперимента часто используется в процессе натурных испытаний изготовленных систем. В зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются: на производственные, полигонные, полевые, полунатурные и т.п.

Натурный эксперимент всегда требует тщательного продумывания и планирования, а также рационального выбора методов исследования.

Основной научной проблемой натурного эксперимента является обеспечение достаточного соответствия (адекватности) условий эксперимента реальной ситуации, в которой затем будет работать создаваемый объект. Поэтому центральными задачами натурного эксперимента являются:

- идентификация статистических и динамических параметров объекта;
- изучение характеристик воздействия среды на испытываемый объект;
- оценка эффективности функционирования объекта и проверка его на соответствие заданным требованиям.

В психологии, социологии, педагогике широко распространены эксперименты *открытые* и *закрытые.*

В *открытом эксперименте* задачи открыто объясняются испытуемым, в *закрытом* - в целях получения объективных данных эти задачи скрываются от испытуемого.

Закрытый эксперимент характеризуется тем, что его тщательно маскируют и работа протекает внешне в естественных условиях.

Простой эксперимент используется для изучения объектов, не имеющих разветвленной структуры, с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простейшие функции.

В *сложном эксперименте* изучаются явления или объекты с разветвленной структурой и большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции.

Информационный эксперимент используется для изучения воздействия определенной (различной по форме и содержанию) информации на объект исследования. Чаще всего информационный эксперимент используется в биологии, психологии, социологии, кибернетике и т. п. С помощью этого эксперимента изучается изменение состояния объекта исследования под влиянием сообщаемой ему информации.

Вещественный эксперимент предполагает изучение влияния различных вещественных факторов на состояние объекта исследования. Например, влияние различных пластифицирующих добавок на подвижность бетонной смеси, прочность бетона и т. п.

Классический, или обычный, эксперимент - экспериментатор выступает в роли субъекта, познающего объект или предмет экспериментального исследования при помощи средств для осуществления эксперимента (приборы, инструменты, экспериментальные установки).

Различие между орудиями эксперимента при моделировании позволяет выделить мысленный и материальный эксперименты.

Мысленный эксперимент - одна из форм умственной деятельности познающего субъекта, в процессе которой структура реального эксперимента воспроизводится в воображении.

Материальный эксперимент. В процессе этого эксперимента используются материальные, а не идеальные объекты исследования. Основное отличие материального эксперимента от мысленного в том, что реальный эксперимент представляет собой форму объективной материальной связи сознания с внешним миром, а мысленный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта.

Сходство мысленного эксперимента с реальным определяется тем, что реальный эксперимент, прежде чем быть осуществленным

на практике, сначала проводится человеком мысленно в процессе обдумывания и планирования. Поэтому нередко мысленный эксперимент выступает в роли идеального плана реального эксперимента, в известном смысле предваряя его.

Модельный эксперимент. Этот вид эксперимента в отличие от классического имеет дело с моделью исследуемого объекта. Модель входит в состав экспериментальной установки, замещая не только объект исследования, но часто и условия, в которых изучается некоторый объект.

Энергетический эксперимент используется для изучения воздействия различных видов энергии (механической, тепловой, электромагнитной и т. д.) на объект исследования. Этот тип эксперимента широко распространен в естественных науках.

Однофакторный эксперимент предполагает:

- выделение особозначимых факторов;
- поочередное варьирование факторов, интересующих исследователя;
- стабилизацию мешающих факторов.

Суть *многофакторного эксперимента* состоит в том, что варьируются все переменные сразу и каждый эффект оценивается по результатам всех опытов, проведенных в данной серии экспериментов.

При проведении *пассивного эксперимента* предусматривается измерение только выбранных показателей (переменных, параметров) в результате наблюдения за объектом без искусственного вмешательства в его функционирование. Например, наблюдение: за числом заболеваний вообще или какой-либо определенной болезнью; за интенсивностью, составом, скоростями движения транспортных потоков, за работоспособность определенной группы лиц; за числом дорожно-транспортных происшествий т. п.

Активный эксперимент связан с выбором специальных входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы.

Технологический эксперимент направлен на изучение элементов технологического процесса (продукции, оборудования, деятельности работников и т. п.) или процесса в целом.

Особым видом экспериментальных исследований является вычислительный эксперимент.

Вычислительным экспериментом называют методологию и технологию исследований, основанных на применении прикладной математики и электронно-вычислительных машин как технической базы при использовании математических моделей. Он основывается на создании математических моделей изучаемых объектов, которые формируются с помощью особой математической структуры, которая способна отражать свойства объекта, проявляемые им в различных экспериментальных условиях.

Но эти математические структуры превращаются в модели при некоторых условиях:

- когда элементам структуры дается физическая интерпретация;
- при установлении соотношения между параметрами математической структуры и экспериментально определенными свойствами объекта;
- когда характеристики некоторых элементов модели и модели в целом находят соответствие свойствам объекта.

Математические структуры являются моделью изучаемого объекта и отражают в математической, то есть символической или знаковой форме объективно существующие в природе зависимости, связи и законы.

Практически всегда математическая модель или её часть может сопровождаться элементами наглядности с соответствующими пояснениями, например, диаграммами, графиками, рисунками и т.д. Иногда модель какого-либо сложного устройства может по некоторым свойствам уподобляться модели простого объекта.

В основе каждого вычислительного эксперимента находится математическая модель, основанная на приемах вычислительной математики. Вместе с бурным развитием электронно-вычислительной техники развивается и современная вычислительная математика, состоящая из многих разделов. Например, не так давно появился дискретный анализ, дающий возможность получения любого численного результата только с помощью арифметических и логических действий. Здесь задача математики сводится к представлению решений, возможно

приблизительных, в виде последовательности арифметических операций, то есть алгоритма решения.

Теория и практика вычислительного эксперимента создавалась на основе математического моделирования методов вычислительной математики.

Технологический цикл вычислительного эксперимента делят на несколько этапов.

1.Для исследуемого объекта строится физическая модель. В рассматриваемом явлении она фиксирует разделение всех действующих факторов на главные и второстепенные. Последние на этом этапе исследования отбрасываются. Одновременно формулируются допущения и условия применимости модели, а также границы, в которых будут справедливы полученные результаты. Создают математическую модель специалисты, хорошо знающие данную область естествознания или техники, а также математики, представляющие себе возможности решения математической задачи. Модель записывается в математических терминах, в виде дифференциальных или интегродифференциальных уравнений.

2.Разрабатывается метод расчета сформулированной математической задачи. Эта задача представляется в виде совокупности алгебраических формул, по которым должны проводиться вычисления, а также условий, показывающих последовательность применения этих формул. Набор таких формул и условий носит название вычислительного алгоритма.

Вычислительный эксперимент имеет многовариантный характер, потому что решение поставленных задач часто зависит от многочисленных входных параметров. Но тем не менее каждый конкретный расчет в вычислительном эксперименте проводится при фиксированных значениях всех параметров. В результате вычислительного эксперимента довольно часто ставится задача определения оптимального набора параметров. При создании оптимальной установки приходится проводить большое число расчетов однотипных вариантов задачи, отличающихся значением лишь некоторых параметров. Поэтому при организации вычислительного эксперимента экспериментатору необходимо использовать эффективные численные методы.

3.Разрабатывается алгоритм и программа решения задачи.

4.При проведении расчетов в программе результат получается в виде некоторой цифровой информации, которую затем необходимо расшифровать. При вычислительном эксперименте точность информации определяется достоверностью модели, положенной в его основу, правильностью программ и алгоритмов для чего обычно проводятся предварительные «тестовые» испытания модели.

5.Обработка результатов расчетов, их анализ и выводы. На данном этапе может возникнуть необходимость уточнения математической модели, то есть её упрощения или усложнения; появиться предложения по созданию упрощенных инженерных способов решения и формул, дающих возможность получить необходимую информацию более простым способом.

В случае когда проведение натурных экспериментов и построение физической модели оказываются невозможными или слишком дорогостоящими, вычислительный эксперимент приобретает исключительное значение.

Примером вычислительного эксперимента могут стать исследования масштабов современного воздействия человека на окружающую среду. Например, изменение климатических условий на земле представляет собой результат очень сложного взаимодействия физических процессов, протекающих в атмосфере, в океане и на поверхности суши. Поэтому климатическую систему можно исследовать с помощью соответствующей математической модели, которая должна учитывать все эти взаимодействия. Масштабы климатической системы огромны, и эксперимент даже в одном каком-то регионе чрезвычайно дорог. Однако глобальный климатический эксперимент все-таки возможен, но не натурный, а вычислительный, проводящий исследования не реальной климатической системы, а ее математической модели.

В науке и технике также известно немало областей, в которых вычислительный эксперимент оказывается единственно возможным при исследовании сложных систем.

Для проведения эксперимента любого типа необходимо:

- сформулировать гипотезу, подлежащую проверке;
- создать программы экспериментальных работ;

- определить способы и приемы вмешательства в объект исследования;
- обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ;
- разработать пути и приемы фиксирования хода и результатов эксперимента;
- подготовить средства эксперимента (модели, установки, приборы, и т.п.);
- обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

Практическое занятие №3

Оформление результатов научных исследований

Цель: изучение методов проведения теоретических и экспериментальных исследований

Задание:

1. Изучить основные формы представления результатов научной работы
2. Изучить структуру научного отчета
3. Изучить особенности оформления структурных элементов научного отчета

Отчет должен содержать ответы на вопросы:

1. Какие существуют формы представления результатов научной работы?
2. Каким образом выбирается форма представления научных результатов?
3. Научная статья, в чем ее особенности?
4. Что представляет собой доклад по результатм научной работы?
5. Что такое научный отчет?
6. Какова структура научного отчета?
7. Что представляет собой введение научного отчета?
8. Что представляет собой заключение научного отчета?

Теоретические сведения

Оформление результатов исследования – один из самых трудоемких этапов работы. Существует несколько основных форм представления результатов научной работы: статья, тезисы; доклад, сообщение; реферат; текст научного сочинения; отчет. Определение формы представления результатов проектной и исследовательской деятельности сопутствует составлению плана исследования. Именно тогда выявляются контуры будущей работы, намечается характер и объем иллюстративного материала, складывается круг источников. Это говорит о том, что поиск оптимальной формы работы идет на каждой стадии исследования В науке существуют требования к описанию исследовательских результатов. Ниже приведены некоторые общие рекомендации к научно-литературным текстам, которых следует придерживаться, несмотря на то, что учебно-исследовательская работа является иногда имитацией «взрослого» исследования специалистов. Часто требования к оформлению работ указываются в конкурсных материалах или приглашениях к участию в конференциях. Например, для публикации в научном сборнике или журнале работа представляется в форме тезисов – сжатого перечисления основных положений и выводов исследования, или статьи – развернутого изложения содержания тезисов по той или иной актуальной проблеме.

Научная статья является своеобразным литературным жанром. В научной статье должна быть обозначена проблема, отмечены известные попытки ее решения. Исходя из этого, в структуре научной статьи целесообразно выделить: - описание проблемы и ее актуальности для теории и практики; - краткие данные о методике исследования; - анализ собственных научных результатов и их обобщение; - выводы и предложения по проведению исследовательской деятельности в дальнейшем; - ссылки на цитируемую литературу.

Доклад – это документ, содержащий изложение результатов исследовательской деятельности или опытно-конструкторской работы, опубликованный в печати или прочитанный в аудитории. В докладе должна быть отражена новизна и практическая значимость

темы, раскрыто ее основное содержание и обоснованы выводы и предложения докладчика. Все это отмечается и в тезисах доклада, которые, как правило, публикуются в сборнике по итогам мероприятия (конференции, семинара и т.п.). Особой формой доклада является стендовый доклад.

Научный отчет – документ, содержащий подробное описание методики и хода исследования, его результатов, а также выводов, полученных в процессе научно-исследовательской или опытно-экспериментальной работы. Назначение научного отчета – исчерпывающе осветить выполненную работу по ее завершении или за определенный промежуток времени. Структура научного отчета

1. Краткое изложение плана и программы законченных этапов научной работы.
2. Значимость проведенной работы, ее исследовательская ценность и практическая значимость.
3. Характеристика применявшихся методов исследования.
4. Описание результатов исследования.
5. Заключение, подводящее итоги исследования и отмечающее нерешенные вопросы.
6. Выводы и предложения по проведению исследовательской деятельности в дальнейшем.

Реферат имеет другие особенности, о которых мы писали в главе «Обзор информационных источников – одна из составляющих проектной работы». Заметим, что любые формы – и статья, и тезисы, и тексты научного сочинения, и доклады – создаются на основе текста собственно научного сочинения, где подробно рассматривается весь ход исследования и описываются его результаты. Начинается оно с компоновки подготовленных текстов по главам в соответствии с примерной структурой работы. После того как главы сформированы, следует их внимательно прочитать и отредактировать как с точки зрения орфографии и синтаксиса, так и по содержанию (сверить цифры и факты, сноски, цитаты и т.п.). Сразу же после прочтения каждой главы и осуществления правки приступают к написанию выводов к соответствующей главе. Вывод по главе обычно содержит изложение сущности вопроса, разбираемого в ней, и обобщение

результатов проделанного анализа. Далее составляется заключение по всей работе

Введение представляет собой наиболее ответственную часть проектной и исследовательской работы, так как содержит в сжатой форме все основные, фундаментальные положения, обоснованию и проверке которых посвящено исследование. Введение должно включать в себя: формулировку темы, проблему исследования, актуальность исследования, объект, предмет, цель, гипотезы, задачи, методы исследования, этапы исследования, структуру исследования, его практическую значимость, краткий анализ литературы и др. источников информации. Объем введения по отношению ко всей работе небольшой и обычно составляет 2–3 страницы.

Матрица введения

Введение

Данная работа посвящена … (обозначается тема). Описание проблемы исследования/ проекта (5–7 распространенных предложений).

С научной точки зрения, актуальность данной работы заключается в… (или Научная значимость данной работы заключается…)

С социальной точки зрения, работа актуальна, так как… (или Социальная значимость работы определяется…) Для меня лично работа актуальна тем, что… (или Личностная значимость данной работы заключается в том, что…)

Учебное исследование реализуется в предметных рамках…(названия предметных областей знаний). Близкие учебные дисциплины…

Исследование может быть квалифицировано как … (вид исследования / проекта по основной деятельности, по характеру контактов, по продолжительности).

Объектом исследования является …

Предметом исследования является …

На основании вышеизложенного сформулирована следующая цель исследования: …

Гипотеза исследования заключается (состоит) в том, что … Проверка истинности гипотезы предполагает выполнение следующих задач:

1. 2. …

В исследовании были использованы следующие методы:

1. 2. …

Практическая значимость данной работы определяется … (или состоит в том, что…)

Текст исследовательской работы делится на крупные главы и мелкие параграфы. Основная (содержательная) часть работы может содержать 2–3 главы, в которых рассматриваются ведущие вопросы темы.

Глава 1 обычно содержит итоги анализа литературы по теме исследования, ее теоретическое обоснование; главы 2–3 описывают практические этапы работы, анализ полученных данных, выявление определенных закономерностей в изучаемых явлениях в ходе эксперимента или исследования. В конце каждой главы пишутся выводы.

Заключение обычно составляет не больше 1–2 страниц. Важным требованием к заключению является то, что оно не должно повторять выводы по главам. В заключении формулируются наиболее общие выводы по результатам исследования и предлагаются рекомендации. Отмечается степень достижения цели, обозначаются перспективы дальнейших исследований.

Матрица заключения

Заключение

Данная работа посвящена … (раскрытие актуальности проблемы в 2–5-ти предложениях).

Далее раскрываются основные понятия, на которые опирались при написании главы 1, комментируются выводы, сделанные в главе 1. Результаты нашего исследования (работы) показали... На основе выводов главы

2 дается комментарий степени достижения цели, подтверждения, опровержения или корректировки гипотезы. Таким образом, …

Дается окончательная формулировка утверждения, сделанного в результате подтверждения или опровержения гипотезы.

Полученные результаты исследования дают возможность утверждать, что продукт исследовательской работы является актуальным и востребованным…

Дается анализ практической значимости продукта исследования. Особой точности требует составление библиографического списка.

Список литературы – это список изученной по теме литературы, представленный специальным образом. Наиболее удобен в исследовательской работе алфавитный (по алфавиту фамилий авторов или заглавий) способ группировки литературных источников. В список литературы входят все использованные в работе источники. Сведения о книгах (монографиях, учебниках, справочниках и т.д.) должны включать следующие необходимые элементы: фамилию, инициалы автора; заглавие; данные о последующих изданиях; место издания, издательство; год издания и объем в страницах.

Большое значение в оформлении работы имеют приложения. Приложение – это часть текста научного исследования, имеющая дополнительное (обычно справочное) значение, необходимое для более полного освещения темы. Оно размещается после основного библиографии. К приложениям относятся копии документов, статистические материалы, и т.п. По форме они представляют собой тексты, графики, карты, таблицы и др.

К приложениям тоже предъявляются определенные требования: в оглавлении приложение оформляется в виде самостоятельной рубрики, со сквозной нумерацией страниц всего текста (приложение 1, приложение 2, …); каждое приложение оформляется на отдельном листе и должно иметь заголовок в правом верхнем углу.

Не менее важна еще одна особая часть основного текста – примечания.

Примечания содержат разъяснения, уточнения, дополнения, размещаемые внутри текста различным образом: а) в круглых скобках; б) подстрочно (оформляются как сноски); в) после параграфов или глав. Примечанием может быть: библиографическая ссылка; определение терминов или устаревших слов; справочная информация о лицах, событиях, произведениях;

перевод иностранных слов и предложений; пояснения основного текста. После сведения частей работы в единое целое рекомендуется провести сплошную нумерацию сносок. В целях придания излагаемому материалу ясности, конкретности, образности в исследовательской работе размещаются иллюстрации: рисунки, таблицы, фотографии, схемы и др.

Практическое занятие №4

Методика планирование эксперимента

Цель: изучение принципов планирования эксперимента, лежащих в основе организации фундаментальных и прикладных научных исследований

Задание:

1. Изучить принципы разработки методики эксперимента
2. Ознакомится с особенностями разработки программы эксперимента
3. Освоить этапы планирования эксперимента

Отчет должен содержать ответы на вопросы:

1. Что необходимо предусматривать при разработке методики проведения эксперимента?
2. Что необходимо разрабатывать в методике проведения эксперимента?
3. Каковы этапы планирования эксперимента?
4. какие требования предъявляются к входным и выходным параметрам?

Теоретические сведения

Правильная разработка методики эксперимента имеет особое значение. *Методика* - это совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель

исследования. При разработке методики проведения эксперимента обходимо предусматривать:

- проведение предварительного целенаправленного наблюдения над изучаемым объектом или явлением с целью определения его исходных данных (выбор варьирующих факторов, гипотез);
- создание оптимальных условий, в которых возможно экспериментирование (подбор объектов для экспериментального воздействия, устранение влияния случайных факторов);
- систематическое наблюдение за ходом развития изучаемого явления и точные описания фактов;
- определение пределов измерений;
- проведение систематической регистрации измерений и оценок фактов различными способами и средствами;
- создание перекрестных воздействий, повторяющихся ситуаций, изменение условий и их характера;
- создание усложненных ситуаций с целью подтверждения или опровержения ранее полученных данных;
- переход от эмпирического изучения к логическим обобщениям, анализу и теоретической обработке полученного фактического материала.

Правильно разработанная методика экспериментального исследования предопределяет его ценность. Поэтому разработка, выбор, определение методики должно проводиться особенно тщательно.

Исследователь при выборе методики эксперимента должен удостовериться в ее практической пригодности.

В методике подробно разрабатывается процесс проведения эксперимента, составляется последовательность проведения наблюдений и операций измерений, детально описывается каждая операция в отдельности с учетом выбранных средств для проведения эксперимента, обосновываются методы контроля качества операций, обеспечивающие при минимальном (установленном ранее) количестве измерений их заданную точность и высокую надежность.

Не менее важным разделом методики является выбор методов обработки и анализа экспериментальных данных. Обработка данных сводится к систематизации всех цифр, классификации и

анализу. Результаты экспериментов должны быть сведены в графики, формулы, таблицы, позволяющие качественно и быстро сопоставлять и анализировать полученные результаты. Все переменные должны быть оценены в единой системе единиц физических величин.

Особое внимание в методике должно быть уделено математическим методам обработки и анализу данных, например, аппроксимации связей между варьирующими характеристиками, установлению эмпирических зависимостей, установлению различных критериев. Диапазон чувствительности или нечувствительности критериев должен быть стабилизирован. При разработке плана-программы эксперимента всегда необходимо стремиться к его упрощению без потери достоверности и точности.

По своему объему эксперименты могут быть различными. В лучшем случае достаточно лабораторного, в худшем приходится проводить серию исследований: полигонных, поисковых или предварительных, лабораторных. На проведение любого эксперимента затрачивается большое количество ресурсов, производится множество наблюдений и измерений. Иногда может оказаться, что выполнено много лишнего и ненужного. Чаще это вызвано тем, что экспериментатор нечетко обосновал цель и задачи эксперимента. Поэтому важно, прежде чем приступать к проведению эксперимента, правильно и четко разработать его методологию.

В последнее время исследователи чаще стали применять математическую теорию эксперимента, которая позволяет значительно уменьшить объем работы и повысить точность исследования. Методология эксперимента в этом случае включает такие этапы, как разработка плана-программы; оценка измерений и выбор средств для проведения эксперимента; математическое планирование эксперимента с одновременным проведением эксперимента; обработка и анализ полученных данных.

Таким образом, методика эксперимента - это система различных способов или приемов для последовательного и наиболее эффективного осуществления эксперимента.

Каждый экспериментатор должен составить *план* или *программу* проведения эксперимента, который включает:

- постановку цели и задач эксперимента;
- обоснование объема эксперимента, числа опытов;
- выбор варьируемых факторов;
- определение последовательности изменения факторов;
- порядок реализации опытов;
- выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками;
- описание проведения эксперимента;
- обоснование средств измерений;
- обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Кроме перечисленных выше пунктов план эксперимента включает: наименование темы исследования; рабочую гипотезу, методику эксперимента, перечень необходимых материалов, приборов, установок; список исполнителей, календарный план и смету.

Таким образом, проведение эксперимента - это важнейший и наиболее трудоемкий этап, при его выполнении очень важна последовательность проведения опыта. После установления объема эксперимента составляют перечень средств измерений, материалов, список исполнителей, календарный план и смету расходов.

Планирование эксперимента необходимо производить в наиболее короткий срок и с наименьшими затратами, получая при этом достоверную и точную информацию. Этого можно достигнуть при планировании определенных правил, которые учитывают вероятностный характер результатов измерений и наличие внешних помех, которые могут воздействать на изучаемый объект.

Все факторы, определяющие процесс, изменяются одновременно по специальным правилам, а результаты эксперимента представляются в виде математической модели, обладающей некоторыми статическими свойствами.

Таким образом, можно выделить несколько этапов планирования эксперимента:

- сбор и анализ собранной информации;
- выбор входных и выходных переменных, области экспериментирования;

- выбор математической модели, при помощи которой будут представляться экспериментальные данные;
- план эксперимента и выбор критерия оптимальности;
- проведение анализа данных и определение метода;
- проведение эксперимента;
- проверка статических предпосылок для полученных экспериментальных данных;
- обработка полученных результатов;
- интерпретация и рекомендации по использованию полученных результатов.

В процессе сбора и анализа собранной и обработанной информации устанавливают и анализируют все известные данные об изучаемом процессе или объекте, какие факторы и как влияют на состояние процесса или объекта, их взаимосвязь, возможные пределы изменения и т.д.

Основные требования для выбора входных факторов это возможность установления нужного значения данного фактора и поддержание его в течение всего опыта.

Факторы могут быть качественными и количественными. Уровням количественных факторов соответствует числовая шкала (давление, температура и т. п.). Качественными факторами могут является конструкции аппаратов, катализаторы, и т. п.

Выходные переменные - реакции либо отклики на воздействие входных параметров. Они могут быть *экономическими* (прибыль, расход энергии и т. п.), *технологическими* (надежность, стабильность горения дуги, и т. п.) и т. д.

Выбор модели исследования зависит от наших знаний об объекте или процессе, его целей и математического аппарата. Чаще исследуемые модели и задачи сводятся к задаче получения статической модели. Она представляет собой математическую зависимость между входными и выходными параметрами изучаемого процесса или объекта. Теоретической основой для решения задачи статического моделирования является предположение о возможности описания протекающего процесса математическим уравнением.

Часто задачей исследования является оптимизация процесса, т.е. определение таких значений входящих параметров, при которых

выходящий параметр имеет максимальное или минимальное значение.

В решении этой задачи выделяют два основных подхода: теоретический и эмпирический.

Существует также и промежуточный подход. При использовании этого подхода вид исходящей модели представляется теоретически, а значения параметров рассчитываются по экспериментальным данным, полученным при изучении объекта.

В последние годы эмпирический подход используется гораздо шире. Это объясняется ростом сложности изучаемых объектов, недостатком времени на их детальное изучение, появлением новых эмпирических способов оптимизации и др.

Практическое занятие №5

Построение многофакторной регрессионной математической модели

Цель: изучение методов обработки данных при построении многофакторных регрессионных математических моделей

Задание:

1. Изучить методы обработки данных ортогонального центрального композиционного эксперимента
2. Ознакомиться с методикой построения математической модели по данным ОЦКЭ.
3. Изучить методы обработки данных по результатам ротатабельного центрального композиционного эксперимента.
4. Освоить методику построения математической модели по данным РЦКЭ

Отчет должен содержать:

1. Построение математической модели ортогонального центрального композиционного эксперимента (согласно заданию)
2. Построение математической модели ротатабельного центрального композиционного эксперимента (согласно заданию)

Методические указания

Обработка данных ортогонального центрального композиционного эксперимента

При ортогональном планировании коэффициенты уравнения регрессии оцениваются независимо с минимальными дисперсиями, приняв факторы с незначимыми коэффициентами можно сразу отбрасывать, без пересчета оставшихся значимых коэффициентов, как это необходимо, при неортогональных планах.

В ОЦКЭ как правило $N_ц = 1$. Полную ортогональность плана второго порядка можно обеспечить, если преобразовать переменные и специальным образом выделить координаты «звездных точек». Принимается, что:

$$\left(x'_{iu}\right)^2 = x_{iu}^2 - \frac{\sum_{u=1}^{N} x_{iu}^2}{N} = x_{iu}^2 - \bar{x}_{iu}^2 . \qquad (1)$$

Тогда соблюдается условие: $\sum_{u=1}^{N} x_0 x'_{iu} = 0$

Коэффициенты регрессии определяют по формулам:

$$b_0 = b'_0 - b_{11}\bar{x}_1^2 - b_{22}\bar{x}_2^2 - \ldots - b_M \bar{x}_M^2 , \qquad (2)$$

где $$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^{N} \bar{y}_u}{N} ; \qquad (3)$$

$$\bar{x}_i^2 = \frac{\sum_{u=1}^{N} x_i^2}{N} ; \qquad (4)$$

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^{N} x_{iu} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^{N} x_{iu}^2} ; \qquad (5)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^{N} x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^{N} x_{iu}^2 x_{ju}^2}; \qquad (6)$$

$$b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^{N} \left(x_{iu}^{/}\right)^2 \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^{N} \left(x_{iu}^{/}\right)^2}. \qquad (7)$$

Оценка значимости коэффициентов проводится по критерию Стьюдента. Дисперсию коэффициентов регрессии определяют:

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2\{\bar{Y}\}}{\sum_{1}^{N} x_{iu}^2}, \qquad (8)$$

где $S^2\{\bar{Y}\} = \frac{S^2\{Y\}}{n}$. (определяется аналогично как для ПФЭ)

Проверку адекватности математической модели производят с помощью критерия Фишера:

$$F_R = \frac{S^2\{Y\}}{S_{ад}^2}, \qquad (9)$$

где

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum m \cdot (\bar{Y}_u - Y_R)^2}{N - \frac{(M+2)(M+1)}{2}}, \qquad (10)$$

$У_R$- расчетные значения параметра оптимизации;
m - число повторностей;
M - число факторов.

Задание:

Установить зависимость стойкости к истиранию Y кулирного бельевого трикотажа от числа циклов истирания X_1 и числа стирок X_2 на основании ортогонального эксперимента.

Условия проведения эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Входные факторы	Уровни варьирования			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Число стирок, X_1	0	10	20	10
Число циклов истирания, X_2	0	1000	2000	1000

Матрица ортогонального эксперимента представлена в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планирования двухфакторного ОЦКЭ

№ опыта	Факторы				$\bar{Y}$	$S^2\{Y\}$
	Кодированные		Натуральные			
	X_1	X_2	X_1	X_2		
1	-1	-1	0	0	4330	78400
2	+1	-1	20	0	2250	23720
3	-1	+1	0	2000	2330	78400
4	+1	+1	20	2000	250	23720
5	-1	0	0	1000	3330	78400
6	+1	0	20	1000	1250	23720
7	0	-1	10	0	2850	42436
8	0	+1	10	2000	850	42436
9	0	0	10	1000	1850	42436
$\sum$					19290	433668

Методика построения математической модели по данным ОЦКЭ

Каждый опыт проводился в пяти повторностях (m=5).

1. Проверим дисперсии на однородность по критерию Кочрена:

$$G_R = \frac{78400}{433668} = 0{,}18.$$

Табличное значение критерия G_T [p_D = 0,95; N = 8; f = 5-1 = 4] = 0,358. Так как $G_R < G_T$, то гипотеза об однородности дисперсий не отвергается.

2. Определим среднюю дисперсию:

$$S^2\{Y\} = \frac{433668}{9} = 48185{,}3$$

3. Определим коэффициенты регрессии. Для удобства расчетов по составим таблицу 3. В нашем случае $\overline{x}_{iu}^2 = \frac{6}{9} = \frac{2}{3} = 0{,}67$

$$b_1 = \frac{-4330 + 2250 - 2330 + 250 - 3330 + 1250}{6} = -1040;$$

$$b_2 = \frac{-4330 - 2250 + 2330 + 250 - 2850 + 850}{6} = -1000;$$

$$b_{12} = \frac{4330 - 2250 - 2330 + 250}{4} = 0;$$

Таблица 3

u	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	$(x_1^{/})^2$	$(x_2^{/})^2$
1	+1	-1	-1	+1	0,33	0,33
2	+1	+1	-1	-1	0,33	0,33
3	+1	-1	+1	-1	0,33	0,33
4	+1	+1	+1	+1	0,33	0,33
5	+1	-1	0	0	0,33	-0,67
6	+1	+1	0	0	0,33	-0,67
7	+1	0	-1	0	-0,67	0,33
8	+1	0	+1	0	-0,67	0,33
9	+1	0	0	0	-0,67	-0,67
Сумма квадратов	9	6	6	4	2	2

$$b_{11} = \frac{0{,}33 \cdot (4330 + 2250 + 2330 + 250 + 3330 + 1250) - 0{,}67 \cdot (2850 + 850 + 1850)}{2} = 407{,}85;$$

$$b_{22} = \frac{0{,}33 \cdot (4330 + 2250 + 2330 + 250 + 2850 + 850) - 0{,}67 \cdot (3330 + 1250 + 1850)}{2} = -32;$$

$$b_0^{/} = \frac{19290}{9} = 2143{,}3;$$

$$b_0 = 2143{,}3 - 0{,}67 \cdot 407{,}85 - 0{,}67 \cdot (-32) = 1891.$$

Таким образом, получили следующее уравнение регрессии:

$$Y_R = 1891 - 1040x_1 - 1000x_2 + 407{,}85x_1^2 - 32x_2^2 \qquad (11)$$

4. Проверим значимость коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента.

$$S^2\{\overline{Y}\} = \frac{48185{,}3}{5} = 9637;$$

$$S^2\{b_1\} = S^2\{b_2\} = \frac{9637}{6} = 1606; \qquad S\{b_1\} = S\{b_2\} = 40$$

$$S^2\{b_{12}\} = \frac{9637}{4} = 2409{,}3; \qquad S\{b_{12}\} = \frac{9637}{4} = 49$$

$$S^2\{b_{11}\} = S^2\{b_{22}\} = \frac{9637}{2} = 4818{,}5; \qquad S\{b_{11}\} = S\{b_{22}\} = 69{,}4.$$

Подставляя полученные значения, получаем:

$$t_R\{b_1\} = \frac{1040}{40} = 36; \qquad t_R\{b_2\} = \frac{1000}{40} = 25;$$

$$t_R\{b_{11}\} = \frac{407{,}85}{69{,}4} = 5{,}87; \qquad t_R\{b_{22}\} = \frac{32}{69{,}4} = 0{,}46.$$

Табличное значение критерия Стьюдента: $t_T[p_D = 0{,}95;\ f = 9(5-1) = 36] = 2$. Сопоставляя расчетные и табличные значения критерия Стьюдента, находим, что все коэффициенты значимы, кроме b_{22}.

Доверительные интервалы коэффициентов регрессии:

$$\Delta b_1 = \Delta b_2 = 2 \cdot \sqrt{1606} = 80{,}1;$$

$$\Delta b_{11} = \Delta b_{22} = 2 \cdot \sqrt{4818{,}5} = 138{,}8.$$

Таким образом, окончательная математическая модель будет иметь следующий вид:

$$Y_R = 1891 - 1040x_1 - 1000x_2 + 407{,}85x_1^2 \qquad (***)$$

5. Определим адекватность полученной модели. Для удобства расчетов составим таблицу 4.

По уравнению (***) определяем:

Y_{R1} = 1891+1040+100+407,85=4338,85

Y_{R2} = 1891-1040+100+407,85=2258,85

Y_{R3} = 1891+1040-1000+407,85=2338,85
Y_{R4} = 1891-1040-1000+407,85=258,85
Y_{R5} = 1891+1040+407,85=3338,85
Y_{R6} = 1891-1040+407,85=1258,85
Y_{R7} = 1891+1000=2891
Y_{R8} = 1891-100=891

Таблица 4

u	Y_R	$\overline{Y}_u$	$\overline{Y}-Y_R$	$\left(\overline{Y}-Y_R\right)^2$
1	4338,5	4330	-8,85	78,3
2	2258,85	2250	-8,85	78,3
3	2338,85	2330	-8,85	78,3
4	258,85	250	-8,85	78,3
5	3338,85	3330	-8,85	78,3
6	1258,85	1250	-8,85	78,3
7	2891	2850	-41	1681
8	891	850	-41	1681
9	1891	1850	-41	1681
$\sum$				5512,8

Находим:

$$S^2_{ад} = \frac{5 \cdot 5512,8}{9 - \frac{(2+2)(2+1)}{2}} = 9188 \ ;$$

$$F_R = \frac{48185,3}{9188} = 5,2 .$$

Табличное значение критерия Фишера находим по приложению 7: $F_T[p_D = 0,95; f\{s_y^2\} = 9(5-1) = 36; f\{s_{ад}^2\} = 9-6 = 3] = 8,6$. Поскольку $F_R < F_T$, то полученную математическую модель можно считать адекватной.

Определение многофакторной модели по результатам ротатабельного центрального композиционного эксперимента

Матрицы РЦКЭ обладают свойством ротатабельности, т. е. на основе получаемой математической модели в РЦКЭ значения Y_R в различных точках факторного пространства, расположенных на одинаковом расстоянии от центра эксперимента, должны иметь

минимальные и равные дисперсии. В теории планирования эксперимента показано, что матрица РЦКЭ обладает свойством ротатабельности, если в ядре при проведении опытов ПФЭ плечо $\alpha = 2^{M-p/4}$. Число опытов в центре эксперимента N_0 не влияет на свойство рототабельности и выбирается, как правило, так, чтобы выполнялось условие униформности планирования.

Рассмотрим сущность обработки результатов РЦКЭ. Матрицы РЦКЭ не обладают свойством ортогональности, потому коэффициенты регрессии и их дисперсии рассчитывают раздельно по приводимым ниже формулам:

$$b_0 = \frac{A}{N} \cdot (2 \cdot \lambda^2 \cdot (M+2) \cdot \sum_{u=1}^{N} \overline{Y}_u - 2 \cdot \lambda \cdot C \cdot \sum_{i=1}^{M} \sum_{u=1}^{N} x_{iu}^2 \overline{Y}_u); \quad (12)$$

$$b_i = \frac{C}{N} \cdot \sum_{u=1}^{N} x_{iu} \overline{Y}_u; \quad (13)$$

$$b_{ij} = \frac{C^2}{N \cdot \lambda} \cdot \sum_{u=1}^{N} X_{iu} X_{ju} \overline{Y}_u;$$

(14)

$$b_{ii} = \frac{A}{N} \{C^2 [(M+2)\lambda - M] \sum_{u=1}^{N} x_{iu}^2 \overline{Y}_u + C^2 (1-\lambda) \sum_{i=1}^{M} \sum_{u=1}^{N} x_{iu}^2 \overline{Y}_u - 2\lambda C \sum_{u=1}^{N} \overline{Y}_u\}; \quad (15)$$

$$S^2\{b_0\} = \frac{2 \cdot A \cdot \lambda^2 \cdot (M+2)}{N} \cdot S^2\{\underline{Y}\}; \quad (16)$$

$$S^2\{b_i\} = \frac{C}{N} \cdot S^2\{\overline{Y}\}; \quad (17)$$

$$S^2\{b_{ij}\} = \frac{C^2}{\lambda \cdot N} \cdot S^2\{\overline{Y}\}; \quad (18)$$

$$S^2\{b_{ii}\} = \frac{A}{N} \cdot C^2 \cdot [(M+1) \cdot \lambda - (M-1)] \cdot S^2\{\overline{Y}\}; \quad (19)$$

где $$A = \frac{1}{2 \cdot \lambda \cdot [(M+2) \cdot \lambda - M]}; \qquad (20)$$

$$C = \frac{N}{N - N_0}. \qquad (21)$$

Если повторные опыты проводились только в центре эксперимента, то:

$$S^2\{\overline{Y}\} = S^2_{ц}\{Y\} = \frac{1}{N_ц - 1} \cdot \sum_{U=1}^{N_ц} (Y_{uц} - \overline{Y}_ц)^2, \qquad (22)$$

если повторные опыты проводили только в точках ядра и в «звездных» точках, то

$$S^2\{\overline{Y}\} = \frac{1}{m(N - N_ц + 1)} \cdot \sum_{u=1}^{N - N_ц + 1} S^2_u\{Y\}. \qquad (23)$$

Для определения значимости коэффициентов регрессии используют критерий Стьюдента. Сопоставляя расчетное значение с табличным или значения коэффициентов регрессии с его абсолютной доверительной ошибкой $\varepsilon\{b_i\}$,устанавливают значимость коэффициента регрессии. Табличное значение критерия Стьюдента определяют при P_D=0,95 и числе степеней свободы дисперсии выходного параметра, которую использовали для определения дисперсии коэффициента регрессии $S^2\{b_i\}$.

В связи с не ортогональностью столбцов x_i^2 матрицы РЦКЭ после исключения незначимых квадратичных эффектов из модели ее коэффициенты необходимо заново пересчитать.

Проверку гипотезы об адекватности РМФМ второго порядка осуществляют с помощью критерия Фишера.

Если повторные опыты проводили (одинаковое число m) во всех трех группах опытов матрицы РЦКЭ, то расчетное значение критерия Фишера определяют по формуле:

$$F_R = \frac{S^2_{ад}\{Y\}}{S^2\{Y)}, \qquad (24)$$

где $$S^2_{ад}\{Y\} = \frac{m \cdot \sum\limits_{u=1}^{N-N_ц+1} (Y_{Ru} - \overline{Y}_u)^2}{N - \frac{(M+2)(M+1)}{2} - (N_ц - 1)}, \qquad (25)$$

Если повторные опыты проводили только в центре эксперимента, расчетное значение критерия Фишера равно:

$$F_R = \frac{S^2{}_{ад}\{Y\}}{S^2_ц\{Y\}}; \qquad (26)$$

где $$S^2_{ад}\{Y\} = \frac{SS_0\{Y\} - SS_ц\{Y\}}{N - \frac{(M+1)(M+2)}{2} - (N_ц - 1)}; \qquad (27)$$

$$SS_0\{Y\} = \sum_{u=1}^{N} (Y_{Ru} - Y_u)^2; \qquad (28)$$

$$SS_ц\{Y\} = \sum_{u=1}^{N_ц} (Y_{uц} - \overline{Y}_ц)^2 \qquad (29)$$

Гипотеза об адекватности полученной модели не отвергается, если $F_R < F_T$.

Задание

Проведено исследование процесса ультразвуковой сварки искусственного меха. Для данного исследования применялся метод центрального композиционного рототабельного планирования. В качестве параметра оптимизации Y была выбрана прочность сварного соединения, в качестве входных факторов: X_1 – сварочное усилие, X_2 – продолжительность сварки. Условия проведения эксперимента представлены в таблице 5.

Таблица 5

Входные факторы	Уровни варьирования					Интервал варьирования
	-1,414	-1	0	+1	+1,414	
Сварочное усилие, Н	469	575	650	720	756	75
Продолжительность сварки, с	1,22	1,38	1,76	2,14	2,3	0,38

Матрица планирования рототабельного эксперимента представлена в таблице 6.

Таблица 6

Матрица планирования двухфакторного РЦКЭ

№ опыта	Факторы				$\bar{Y}$	$S^2\{Y\}$
	Кодированные		Натуральные			
	X_1	X_2	X_1	X_2		
1	-1	-1	575	1,38	76,5	8,8
2	+1	-1	720	1,38	98,75	9,1
3	-1	+1	575	2,14	104,5	10,9
4	+1	+1	720	2,14	114,17	13,6
5	-1,414	0	469	1,76	95	10,4
6	+1,414	0	756	1,76	101,3	11,9
7	0	-1,414	650	1,22	63,4	8,3
8	0	+1,414	650	2,3	95,4	10,8
9	0	0	650	1,76	110,3	14,4
10	0	0	650	1,76	115,8	15,3
11	0	0	650	1,76	115,2	16,5
12	0	0	650	1,76	115,9	16,9
13	0	0	650	1,76	113	14,7
$\sum$					1319,2	161,6

Методика построения математической модели по данным РЦКЭ

1.Провирим однородность дисперсий:

$$G_R = \frac{16,9}{161,6} = 0,1.$$

Табличное значение критерия G_T [p_D = 0,95; N = 13; f = 3-1 = 2] = 0,39. Так как $G_R < G_T$, то гипотеза об однородности дисперсий не отвергается.

2. Найдем дисперсию воспроизводимости. Поскольку повторные опыты проводились во всех точках плана, то:

$$S^2\{Y\} = \frac{161,6}{13} = 12,43.$$

3. Определим коэффициенты регрессии по формулам. Для этого вначале определим величины λ, A и C:

$$\lambda = \frac{2 \cdot 13}{(2+2)(13-5)} = 0,8;$$

$$A = \frac{1}{2 \cdot 0,8[(2+2) \cdot 0,8 - 2]} = 0,52;$$

$$C = \frac{13}{13-5} = 1,62.$$

$$b_0 = \frac{0,52}{13}[2 \cdot 0,8^2(2+2) \cdot 1319,2 - 2 \cdot 0,8 \cdot 1,62(76,5 + 98,75 + 104,5 + 114173 + 1,414^2 \cdot 95 +$$
$$+ 1,414^2 \cdot 101,3 + 71,47 + 80,57 + 98,75 + 109,3 + 1,414^2 \cdot 63,4 + 1,414^2 \cdot 95,4) =$$
$$= 0,04 \cdot [6754,3 - 2,64 \cdot (786,32 + 711,4) = 112;$$

$$b_1 = \frac{1,62}{13}(-76,5 + 98,75 - 104,5 + 114,17 - 1,414 \cdot 95 + 1,414 \cdot 101,3) = 5,08;$$

$$b_2 = \frac{1,62}{13}(-76,5 - 98,75 + 104,5 + 114,17 - 1,414 \cdot 63,4 + 1,414 \cdot 95,4) = 11,05;$$

$$b_{12} = \frac{1,62^2}{13 \cdot 0,8}(76,5 - 98,75 - 104,5 + 114,17) = -3,17;$$

$$b_{11} = \frac{0,52}{13}\{1,62^2[(2+2) \cdot 0,8 - 2] \cdot 786,32 + 1,62^2(1-0,8) \cdot (786,32 + 711,4) - 2 \cdot 0,8 \cdot 1,62 \cdot 1319,2\}$$

b_{11} = -6,5;

$$b_{22} = \frac{0,52}{13}\{1,62^2[(2+2) \cdot 0,8 - 2] \cdot 711,4 + 1,62^2(1-0,8) \cdot (786,32 + 711,4) - 2 \cdot 0,8 \cdot 1,62 \cdot 1319,2\}$$

b_{22} = -15,9.

Таким образом, получили следующее уравнение регрессии:

$$Y_R = 112 + 5{,}08x_1 + 11{,}05x_2 - 3{,}17x_1x_2 - 6{,}5x_1^2 - 15{,}9x_2^2.$$

4. Определим дисперсии оценок коэффициентов регрессии по формулам:

Поскольку опыты дублируются во всех точках плана, то находим:

$$S^2\{\overline{Y}\} = \frac{12{,}43}{3} = 4{,}14;$$

$$S^2\{b_0\} = \frac{2 \cdot 0{,}52 \cdot 0{,}8^2(2+2)}{13} \cdot 4{,}14 = 0{,}84; \qquad S\{b_0\} = 0{,}92;$$

$$S^2\{b_1\} = S^2\{b_2\} = \frac{1{,}62}{13} \cdot 4{,}14 = 0{,}52; \quad S\{b_1\} = S\{b_2\} = 0{,}72;$$

$$S^2\{b_{12}\} = \frac{1{,}62^2}{0{,}8 \cdot 13} \cdot 4{,}14 = 1{,}04; \qquad S\{b_{12}\} = 1{,}02;$$

$$S^2\{b_{11}\} = S^2\{b_{22}\} = \frac{0{,}52}{13} \cdot 1{,}62^2[(2+1) \cdot 0{,}8 - (2-1)] \cdot 4{,}14 = 0{,}6$$

$$S\{b_{11}\} = S\{b_{22}\} = 0{,}78.$$

5.Определим значимость коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента:

$$t_R\{b_1\} = \frac{5{,}08}{0{,}72} = 7{,}05; \; t_R\{b_2\} = \frac{11{,}05}{0{,}72} = 15{,}3; \; t_R\{b_{12}\} = \frac{3{,}17}{1{,}02} = 3{,}1;$$

$$t_R\{b_{11}\} = \frac{6{,}5}{0{,}78} = 8{,}3; \; t_R\{b_{22}\} = \frac{15{,}9}{0{,}78} = 20{,}4; \quad t_R\{b_0\} = \frac{112}{0{,}92} = 121{,}7;$$

Табличное значение критерия Стьюдента определяется по приложению 6: $t_T[p_D = 0{,}95;\ f = 13(3\text{-}1) = 26] = 2{,}056$. Сопоставляя расчетные и табличные значения критерия Стьюдента, находим, что все коэффициенты значимы.

Определим доверительные интервалы коэффициентов регрессии:

$$\Delta\{b_i\} = 0{,}72 \cdot 2{,}056 = 1{,}48;$$

$$\Delta\{b_{ij}\} = 1{,}02 \cdot 2{,}056 = 2{,}1;$$

$$\Delta\{b_{ii}\} = 0{,}78 \cdot 2{,}056 = 1{,}6$$

6. Проверим полученную модель на адекватность по критерию Фишера. Для удобства расчетов составим таблицу 5.

Y_{R1} = 112 – 5,08 – 11,05 - 3,17 – 6,5 – 15,9 = 70,3

Y_{R2} = 112+ 5,08 – 11,05 + 3,17 – 6,5 – 15,9 = 86,8

Y_{R3} = 112 - 5,08 + 11,05 + 3,17 – 6,5 – 15,9 = 98,74

Y_{R4} = 112 + 5,08 + 11,05 - 3,17 – 6,5 – 15,9 = 102,56

Y_{R5} = 112 – 1,414·5,08 – $(-1,414)^2$· 6,5 = 91,83

Y_{R6} = 114,95 + 1,414·5,08 – $(-1,414)^2$· 6,5 = 106,19

Y_{R7} = 114,95 – 1,414·11,05 – $(-1,414)^2$· 15,9 = 64,61

Y_{R8} = 114,95 + 1,414·11,05 – $(-1,414)^2$· 15,9 = 95,81

Таблица 7

u	Y_R	$\overline{Y}_u$	$\overline{Y}-Y_R$	$\left(\overline{Y}-Y_R\right)^2$
1	70,3	76,5	6,2	38,44
2	86,8	98,75	11,95	142
3	98,74	104,5	5,76	33,18
4	102,56	114,17	11,61	134,8
5	91,83	95	3,17	10,04
6	106,19	101,3	-4,89	23,9
7	64,61	63,4	-1,21	1,46
8	95,81	95,4	-0,41	0,16
9	112	110,3	-1,7	2,89
10	112	115,8	3,8	14,44
11	112	115,2	3,2	10,24
12	112	115,9	3,9	15,21
13	112	113	1	1
$\sum$				427,76

Поскольку повторные опыты проводились во всех точках эксперимента, то:

$$S^2_{ад} = \frac{3 \cdot 386,87}{3} = 386,87;$$

$$F_R = \frac{386,87}{12,43} = 31,1.$$

Табличное значение критерия Фишера: $F_T[p_D = 0,95; f\{s^2_y\} = 13(3-1) = 26; f\{s^2_{ад}\} = 13-6-4 = 3] = 2,98$. Поскольку $F_R > F_T$, то полученную математическую модель нельзя считать адекватной.

Практическое занятие №6

Построение многофакторной корреляционной математической модели

Цель: изучение методов обработки данных при построении многофакторных корреляционных математических моделей

Задание:

1. Изучить методы определения многофакторных моделей (КМФМ) по данным пассивного эксперимента
2. Ознакомиться с методикой определения частных и множественного коэффициента кореляции при многомерном исследовании.
3. Освоить корреляционного анализа.

Отчет должен содержать:

Построение многомерной корреляционной математической модели (согласно заданию)

Методические указания

Определение статических линейных корреляционных многофакторных моделей (КМФМ) по данным пассивного эксперимента

Рассмотрим методы и условия определения КМФМ по данным пассивного эксперимента как результат измерений сопряженных значений случайных величин $Y_j, X_{1j}, X_{2j}, \ldots, X_{ij}, \ldots, X_{nj}$.

Совокупность этих данных определяются следующими характеристиками: средними значениями: $\overline{Y}; \overline{X}_i$; дисперсиями: $S^2\{Y\}$; $S^2\{X_i\}$; симметричной матрицей парных коэффициентов корреляции.

В задачу корреляционного анализа входит определение тесноты связи между случайными величинами $Y, X_1, \ldots, X_n$ и коэффициентов МКФМ следующего вида:

$Y_R = a_1 + a_1 X_1 + \ldots + a_n X_n$ или

$$T_{R=} q_1 t_1 + \ldots + q_n t_n, \qquad (30)$$

где $a_1,\ldots,a_m$- коэффициенты МКФМ с натуральными значениями факторов, которые определяют степень среднего изменения выходного параметра Y_R при изменении фактора X_i на единицу при условии, что остальные факторы, включенные в уравнение остаются const;

q_1,q_n- стандартизированные коэффициенты КМФМ со стандартизированными значениями факторов:

$$t_j = \frac{Y_i - \overline{Y}}{S\{Y\}}\ ; \quad t_{ij} = \frac{X_{ij} - \overline{X}_i}{S\{X_i\}}. \qquad (31)$$

Поскольку все переменные при их стандартизации выражаются в сравнимых единицах измерения (своих среднеквадратичных отклонений), то коэффициенты $q_1, \ldots, q_n$ показывают сравнительную силу влияния каждого фактора на изменение выходного параметра. Стандартизацию случайных величин рекомендуется применять в тех случаях, когда $\overline{X}_i, S\{X_i\}$ весьма различны по своей величине для разных факторов.

Взаимосвязь между стандартизированными коэффициентами q_i и коэффициентами a_i

$$a_i = q_i \frac{S\{Y\}}{S\{X_i\}}; \qquad a_0 = \overline{Y} - \sum_{i=1}^{N} a_{ij}\overline{X}_i\ . \qquad (32)$$

Теснота линейной связи между случайными величинами У, $X_1,\ldots,X_n$ определяется *полным или множественным коэффициентом корреляции* – $R_{Y_1,X_1,\ldots,X_n}$. Этот коэффициент определяет силу совместного влияния всех факторов на выходной параметр У.

Для линейной корреляции двухфакторной модели:

$$R_{YX_1,X_2} = \sqrt{\frac{r^2_{YX_1} + r^2_{YX_2} - 2r_{YX_1}r_{YX_2}r_{X_1X_2}}{1 - r^2_{X_1X_2}}}. \qquad (33)$$

Множественный коэффициентов корреляции всегда положителен и изменяется в пределах от 0 до 1.

Для оценки значимости множественного коэффициента корреляции используют критерий Стьюдента, расчетное значение которого равно

$$t_R\{S_{YX_1...Xn}\} = \frac{R_{YX_1...X_n}}{S\{R_{YX_1....Xn}\}}, \qquad (34)$$

где $S\{R_{YX_{1...}X_n}\}$ – квадратическое отклонение выборочного множественного коэффициента корреляции:

$$S\{R_{YX_1...Xn}\} = \frac{(1-R^2_{YX_1...Xn})}{\sqrt{m-N-1}}. \qquad (35)$$

Расчетное значение критерия Стьюдента t_R сравнивают с t_T [P_D=0,95; f=m-M-1]. Если $t_R > t_T$, то гипотеза о наличии в генеральной совокупности корреляционной связи не отвергается.

Абсолютная доверительная ошибка множественного коэффициента корреляции равна:

$$\varepsilon\{R_{YX_1...Xn}\} = S\{R_{YX_1...Xn}\} \cdot t_T. \qquad (36)$$

Границы доверительного интервала истинного значения множественного коэффициента корреляции определяется неравенством

$$R_{YX_1...Xn} - \varepsilon\{R_{YX_1...Xn}\} \le R_{YX_1...Xn} \le R_{YX1..Xn} + \varepsilon\{R_{YX1..Xn}\}. \qquad (37)$$

В тех случаях, когда необходимо оценить тесноту связи выходного параметра с каким – либо фактором при исключении влияния одного или нескольких факторов определяют *частный коэффициент корреляции*:

$$r_{YX_1(X_2)} = \frac{r_{YX_1} - r_{YX_2} \cdot r_{X_1X_2}}{\sqrt{(1-r^2_{YX_2})(1-r^2_{X_1X_2})}}; \qquad (38)$$

$$r_{YX_2(X_1)} = \frac{r_{YX_2} - r_{YX_1}.r_{X_1X_2}}{\sqrt{(1-r^2_{YX_1})(1-r^2_{X_1X_2})}}. \qquad (39)$$

Величина частного коэффициента корреляции изменяется от 0 до 1.

Коэффициенты КМФМ определяют по методу наименьших квадратов. Для корреляционной двухфакторной модели:

$$q_1 = \frac{r_{YX_1} - r_{YX_2} \cdot r_{X_1X_2}}{1 - r^2_{X_1X_2}}; \qquad (40)$$

$$q_2 = \frac{r_{YX_2} - r_{YX_1} \cdot r_{X_1X_2}}{1 - r^2_{X_1X_2}}. \qquad (41)$$

Дисперсии коэффициентов двухфакторной корреляционной модели равны:

$$S^2\{q_1\} = S^2\{q_2\} = \frac{1 - R^2_{YX_1X_2}}{(1 - r^2_{X_1X_2})(n-2)}. \qquad (42)$$

Для оценки значимости этих коэффициентов используют критерий Стьюдента.

Задание. *По результатам 100 измерений трех сопряженных случайных величинбыли определены следующие статистические характеристики:* $\overline{Y} = 167{,}3$, $\overline{X}_1 = 89{,}5$, $\overline{X}_2 = 93{,}9$; *S{Y} = 10,23, S{X_1} = 5,14, S{X_2} = 5,36;* $r_{yx_1} = 0{,}87$, $r_{yx_2} = 0{,}51$, $r_{x_1x_2} = 0{,}23$. *Требуется определить двухфакторную корреляционную модель Y = f(X_1, X_2).*

1. *Определим множественный коэффициент корреляции по формуле (3.22):*

$$R_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{0{,}87^2 + 0{,}51^2 - 2 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}51 \cdot 0{,}23}{1 - 0{,}23^2}} = 0{,}93.$$

Коэффициент множественной детерминации $KD_R = R^2_{yx_1x_2} = 0{,}8637$ *или множественная детерминация равна 86,37%. Таким образом, только 13,63% дисперсии выходного параметра обусловлено факторами, не включенными модель и случайными факторами.*

2. *Среднее квадратическое отклонение множественного коэффициента корреляции определяют по формуле:*

$$S\{R_{yx_1x_2}\} = \frac{1-0{,}8637}{\sqrt{100-2-1}} = 0{,}014.$$

3. *Определим значимость множественного коэффициента корреляции, используя критерий Стьюдента, расчетное значение которого равно:*

$$t_R\{R_{yx_1x_2}\} = \frac{0{,}93}{0{,}014} = 66{,}43.$$

Табличное значение критерия Стьюдента (см. приложение 6) равно $t_T[p_D = 0{,}95;\ f = 100 - 2 - 1 = 97] = 1{,}99$. *Так как* $t_R > t_T$, *то множественный коэффициент корреляции значим.*

4. *Определим доверительные интервалы множественного коэффициента корреляции по неравенству:*

$$0{,}93 - 1{,}99 \cdot 0{,}014 = 0{,}9 \le R_{yx_1x_2} \le 0{,}96 = 0{,}930 + 1{,}99 \cdot 0{,}014.$$

5. *Коэффициенты двухфакторной корреляционной модели в стандартизированной форме определяются по формулам:*

$$q_1 = \frac{0{,}87 - 0{,}51 \cdot 0{,}23}{1 - 0{,}23^2} = 0{,}79;$$

$$q_2 = \frac{0{,}51 - 0{,}87 \cdot 0{,}23}{1 - 0{,}23^2} = 0{,}33.$$

6. *Дисперсии найденных коэффициентов одинаковы и определяются по формуле:*

$$S^2\{q_1\} = S^2\{q_2\} = \frac{1-0{,}8637}{(1-0{,}8637)\cdot(100-2)} = 0{,}01;$$

$$S^2\{q_1\} = S^2\{q_2\} = 0{,}1.$$

7. *Для определения значимости коэффициентов регрессии определяем* t_R:

$$t_R\{q_1\} = \frac{0{,}79}{0{,}1} = 7{,}9; \qquad t_R\{q_2\} = \frac{0{,}33}{0{,}1} = 3{,}3.$$

Табличное значение критерия Стьюдента (см. приложение) равно $t_T[p_D = 0{,}95;\ f = 100 - 2 = 98] = 1{,}99$. *Так как* $t_R\{q_1\} > t_T$ *и* $t_R\{q_2\} > t_T$ *то коэффициенты значимы.*

8. Доверительные интервалы для коэффициентов многофакторной корреляционной модели равны:

$$0{,}79 - 1{,}99 \cdot 0{,}1 = 0{,}591 \le q_1 \le 0{,}989 = 0{,}79 + 1{,}99 \cdot 0{,}1;$$

$$0{,}33 - 1{,}99 \cdot 0{,}1 = 0{,}131 \le q_1 \le 0{,}529 = 0{,}33 + 1{,}99 \cdot 0{,}1.$$

9. Корреляционная двухфакторная модель для стандартизированных случайных величин имеет вид:

$t_R = 0{,}79 \cdot t_1 + 0{,}33 \cdot t_2$.

10. Коэффициенты многофакторной корреляционной модели с натуральными значениями факторов определяют по формулам:

$$a_1 = 0{,}79 \cdot \frac{10{,}23}{5{,}143} = 1{,}57; \qquad a_2 = 0{,}33 \cdot \frac{10{,}23}{5{,}36} = 0{,}63;$$

$$a_0 = 167{,}321 - 1{,}57 \cdot 89{,}46 - 0{,}63 \cdot 93{,}85 = -32{,}26.$$

$$Y_R = -32{,}26 + 1{,}57 \cdot X_1 + 0{,}63 \cdot X_2.$$

10. Частные коэффициенты корреляции определим по формулам:

$$r_{yx_1(x_2)} = \frac{0{,}87 - 0{,}51 \cdot 0{,}23}{\sqrt{(1 - 0{,}51^2) \cdot (1 - 0{,}23^2)}} = 0{,}899;$$

$$r_{yx_2(x_1)} = \frac{0{,}51 - 0{,}87 \cdot 0{,}23}{\sqrt{(1 - 0{,}87^2) \cdot (1 - 0{,}23^2)}} = 0{,}65.$$

Таким образом, мы видим, что фактор X_1 имеет большую тесноту связи с выходным параметром Y, чем фактор X_2.

При многомерном корреляционном анализе множественный коэффициент корреляции определяется выражением:

$$R_{y/x_1x_2...x_k} = \sqrt{1 - \frac{|K_R|}{K_{R_{11}}}}, \qquad (43)$$

где K_R – корреляционная матрица:

$$K_R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & \dots & 1 \end{pmatrix}; \qquad (44)$$

$K_{R_{11}}$ - алгебраическое дополнение к элементу r_{11} корреляционной матрицы K_R.

При этом элементу корреляционной матрицы r_{12} соответствует коэффициент корреляции r_{yx_1}; элементу корреляционной матрицы r_{13} соответствует коэффициент корреляции r_{yx_2} и т.д. То есть корреляционную матрицу (3.33) можно представить в виде матрицы коэффициентов корреляции соответствующих параметров:

$$K_R = \begin{pmatrix} 1 & r_{yx_1} & r_{y_1x_2} & \dots & r_{yx_k} \\ r_{x_1y} & 1 & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_k} \\ r_{x_2y} & r_{x_2x_1} & 1 & \dots & r_{x_2x_k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_ky} & r_{x_kx_1} & r_{x_kx_2} & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

Уравнение регрессии в общем виде определяется выражением:

$$У_{(x_1,x_2,\dots,x_k)} = \overline{Y} + \sum_{i=2}^{k} \rho_{yi/x_1x_2\dots(i-1)(i+1)\dots k}(X_i - \overline{X}_i), \qquad (45)$$

где $\rho_{y_i/x_1x_2\dots(i-1)(i+1)\dots k}$ - коэффициенты частной регрессии (k – 1) порядка:

$$\rho_{y_i/x_1x_2\dots(i-1)(i+1)\dots k} = -\frac{\sigma_y}{\sigma_{x_i}} \cdot \frac{R_{1i}}{R_{11}}. \qquad (46)$$

Частный коэффициент корреляции, например между величинами y и x_1 по отношению к величинам $x_2, x_3, \dots, x_к$ определяется формулой:

$$r_{yx_1/x_2x_3..x_k} = -\frac{R_{K_{12}}}{(R_{K_{11}}R_{K_{22}})^{1/2}}. \qquad (47)$$

Проверка значимости множественного коэффициента корреляции (точнее коэффициента детерминации) осуществляется с помощью F- распределения:

$$F_R = \frac{R^2/\upsilon}{(1-R^2)/(n-\upsilon-1)}, \qquad (48)$$

где υ - порядок (количество факторов).

Практическое занятие №7

Роль и место научных исследований в инновационном цикле

Цель:

1.Изучение роли научных исследований на отдельных этапах инновационного цикла.

Задание:

1. Изучить виды научных исследований в зависимости от сферы использования.
2. Изучить особенности применения фундаментальных и прикладных исследований в инновационных процессах..

Отчет должен содержать ответы на вопросы:

1. Что представляют собой фундаментальные научные исследования?
2. Что представляют собой прикладные научные исследования?
3. Что представляют собой опытно-конструкторские разработки?
4. Какова особенность использования результатов фундаментальных исследований?.
5. В чем особенность результатов прикладных исследований?
6. Какова взаимосвязь результатов фундаментальных и прикладных исследований и их использования в инновационных проектах?

Основные теоретические сведения

Виды научных исследований их роль в инновационном процессе

Научное исследование – это целенаправленное познание, результаты которого выступают в виде системы понятий, законов и теорий. Характеризуя научное исследование, обычно указывают на его следующие отличительные признаки:

- это обязательно целенаправленный процесс
- это процесс, направленный на поиск нового

Научное исследование характеризуется систематичностью: упорядочены, приведены в систему и сам процесс исследования, и его результаты, ему соответствует строгая доказательность и последовательное обоснование сделанных обобщений и выводов.

В зависимости от сферы использования результатов научные исследования разделяют на следующие виды:

- фундаментальные
- прикладные
- опытно-конструкторские

Фундаментальные научные исследования - это экспериментальные или теоретические исследования, направленные на получение принципиально новых знаний о закономерностях развития природы, общества, человека, их взаимосвязи. Необходимость таких исследований обусловлена потребностями народного хозяйства или отрасли. Они могут заканчиваться рекомендациями относительно постановки прикладных исследований для определения возможностей практического использования полученных научных знаний, научными публикациями и так далее.

Прикладные научные исследования - это научная и научно-техническая деятельность, направленная на получение и использование знаний в практических целях, поиск наиболее рациональных путей практического использования результатов фундаментальных научных исследований. Конечным их следствием является рекомендации по созданию технических нововведений (инноваций).

Опытно – конструкторские разработки - это целенаправленный процесс преобразования прикладных научных исследований в технические приложения. Они направлены на создание новой техники, материалов, технологий и так далее. К объему опытно – конструкторских разработок включают технологические работы, работы по созданию опытных образцов изделий, а также проектные работы для строительства].

Таким образом, реализация новой идеи, которая может обеспечить компании конкурентоспособность и стабильный инновационный рост, тесно связана с научными исследованиями. При этом вероятность успеха инновации напрямую зависит от количества этапов данных исследований и их качества проведения.

Фундаментальные и прикладные исследования в инновационном цикле

На сегодняшний день разделение научных исследований на фундаментальные и прикладные считается общепризнанным. Различие между данными видами исследований следует из целей, которые ставятся перед ними. Границы, разделяющие фундаментальные и прикладные исследования, очерчиваются по тому, что лежит в основе исследования – познавательные или практические цели.

Фундаментальные научные исследования предполагают собой экспериментальную и теоретическую деятельность, которая направлена на получение новых знаний и выявление наиболее существенных закономерностей развития природы и общества, объяснение явлений и процессов, в более полном понимании изучаемого объекта, расширении человеческих знаний. Практическое использование результатов фундаментальных исследований не ставится в качестве непосредственной задачи, отсутствует ориентация на получение прибыли, результаты исследований после публикации становятся общим достоянием. Данные научные исследования создают основу современных технологий, позволяют получить инновации прорывного уровня.

При проведении фундаментальных исследований зарождаются идея и инновационный проект. В инновационном процессе

фундаментальные исследования имеют приоритетное значение вследствие того, что они генерируют идеи и открывают ранее неизвестные области знаний. Также необходимо отметить, что с помощью теоретических фундаментальных исследований происходят научные открытия, выдвигаются теории, благодаря поисковым фундаментальным исследованиям раскрываются новые принципы создания идей и технологий. Фундаментальные исследования являются одним из основных источников экономического развития. Общенаучная информация, включающая в себя открытие явлений, законов, закономерностей, обоснование теорий, увеличивает понимание сложных систем, процессов и явлений. Поэтому развитию науки должно отдаваться приоритетное значение, а ключевую роль в этом развитии должны играть фундаментальные исследования как основа для развития прикладных исследований.

Прикладные исследования представляют собой научную деятельность, направленную на достижение конкретных результатов, на выявление путей практического использования полученных результатов, решение конкретных задач. Данные исследования являются результатом фундаментальных исследований, изучают экономическую эффективность и дальнейшие пути применения результатов фундаментальных исследований в разработках и проектировании. Конкретная цель прикладных исследований состоит в создании новых и совершенствовании используемых технологических процессов, выявлении возможностей создания конструкций машин и приборов, основанных на новых принципах, создании новых видов сырья и материалов, изыскании конкретных путей и методов совершенствования организации производства и управления. Результаты прикладных исследований представляют собой патентоспособные схемы, научные рекомендации, доказывающие техническую возможность создания новшеств (станков, приборов, технологий). При проведении прикладных исследований научная идея, которая зародилась при проведении фундаментальных исследований, преобразуется в конкретную идею новой технологии, услуги или продукта и в конечном итоге реализуется в инновационном проекте.

Библиографический список

1. Шкляр, М. Ф. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. Ф. Шкляр. – 7-е изд. – Москва : Дашков и К°, 2019. – 208 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru.
2. Моисеев, Н. Г. Теория планирования и обработки эксперимента [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Г. Моисеев, Ю. В. Захаров. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2018. – 124 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru.
3. Горелов, С.В. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Горелов, В.П. Горелов, Е.А. Григорьев. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - 534 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru.
4. Методология научных исследований [Текст]: учеб. пособие / А.Б. Пономарев, Э.А. Пикулева. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 186 с.
5. Данилов, Н.Н. Математическое моделирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. Н. Данилов. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 98 с. // Режим доступа - http://biblioclub.ru/
6. Алексеев, В.П. Основы научных исследований и патентоведение [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Алексеев, Д. Озёркин. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 172 с. // Режим доступа - http://biblioclub.ru/
7. Добровольская, Т.А. Методы и средства исследования технологических процессов и объектов легкой промышленности [Текст]: учебное пособие / Т.А. Добровольская, Т.И. Леонтьева; Курск.гос. техн. ун-т. Курск: ЮЗГУ, 2006 г. - 190 с.
8. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учебное пособие для бакалавров / В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - М. : Юрайт, 2012. - 479 с.
9. Бойцева А.А., Павлова Е.А. Роль и место научных исследований в инновационном цикле// Фундаментальные исследования. – 2016. – № 6 (часть 2) – С. 339-343.