

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ  
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

# **ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Учебное пособие**

Иваново 2020

*Рецензенты:*

**Нагановский Ю. К.** – ведущий научный сотрудник ФГБУ Всероссийского ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России, кандидат технических наук

**Пазникова С. Н.** – доцент кафедры химии и процессов горения (в составе УНК «Пожаротушение и проведение аварийно-спасательных работ») ФГБОУ ВО Уральского института ГПС МЧС России, кандидат технических наук

*Учебное пособие рассмотрено на заседании  
Редакционно-издательского совета ФГБОУ ВО  
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России  
(протокол № 5 от 22.10.2020 г.)*

Планирование научного эксперимента: учебное пособие / А. Л. Никифоров, Д. Б. Самойлов, О. Г. Циркина, С. Н. Ульява, И. Ю. Шарбанова, В. А. Комельков. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 157 с.

Учебное пособие представляет собой введение в организацию и теорию планирования научного эксперимента и включает основные разделы, необходимые для изучения дисциплины «Планирование научного эксперимента» при подготовке магистрантов.

В учебном пособии изложены вопросы, направленные на формирование знаний в области философских подходов к решению научно-технических задач, а также современного состояния и выполнения научных исследований, понимания направлений развития научных исследований в области профессиональной деятельности; изучение основ современной теории инженерного эксперимента: методов планирования, реализации на практике, математической обработки данных и анализа результатов активного эксперимента.

Учебное пособие предназначено для всех форм обучения по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиль Пожарная безопасность.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 РОЛЬ ФИЛОСОФИИ КАК НАУКИ В ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
1.1 Философские системы: диалектические методы материализма К. Маркса и идеализма Г. Гегеля.....	7
1.2 Диалектика, как философский инструмент исследования.....	12
ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	23
2.1 Постановка проблемы и выбор темы исследования.....	24
2.2 Выдвижение рабочей гипотезы.....	32
2.3 Определение цели и задач исследования.....	34
2.4 Цели и задачи экспериментального исследования.....	35
ГЛАВА 3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	38
3.1 Научный эксперимент. Классификация экспериментов.....	38
3.2 Подготовка и проведение экспериментальной части исследования.....	44
3.3 Информационный поиск и составление методики исследования.....	44
3.4 Предварительная разработка исследования.....	45
3.5 Выбор входных и выходных переменных.....	46
3.6 Экспериментальные результаты. Анализ и обработка данных.....	52
ГЛАВА 4 ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	54
4.1 Методика разработки программы эксперимента. Структура планов проведения эксперимента.....	54
4.2 Этапы подготовки и проведения эксперимента.....	57
4.3 Оценка результатов эксперимента.....	58
4.4 Логические основы планирования.....	60
4.5 Виды планов эксперимента: планы первого и второго порядков.....	68
4.6 Прогнозирование научного исследования. Экспертные оценки.....	70
4.7 Сущность и задачи метода экспертных оценок.....	76
4.8 Этапы экспертного оценивания.....	77
4.9 Вероятность случайных событий.....	88
ГЛАВА 5 ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	95
5.1 Обработка экспериментальных данных.....	97
5.2 Анализ и обобщение результатов исследования.....	101
5.3 Методы математического анализа.....	106
5.4 Статистический анализ результатов эксперимента.....	112

5.5 Основные этапы и режимы статистической обработки экспериментальных данных .....	117
5.6 Основные задачи предварительной обработки экспериментальных данных .....	117
5.7 Классификация ошибок измерения .....	118
5.8 Выбор и разработка математических моделей.....	120
5.9 Рекомендуемые источники информации, связанные с проведением научных исследований в области профессиональной деятельности.....	127
5.10 Правила оформления научно-исследовательской работы .....	131
5.11 Статьи. Монографии. Диссертации. Открытия.....	139
5.12 Внедрение законченных разработок в промышленность .....	144
ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	147
ГЛОССАРИЙ.....	149
Список литературы .....	154
Сведения об авторах.....	155

## ВВЕДЕНИЕ

Выполнение работ, связанных с научными изысканиями, предполагает проведение экспериментальных проверок, выдвигаемых гипотез и выработку теоретически обоснованных положений, базирующихся на анализе получаемых результатов.

В пожарной науке результаты эксперимента играют важнейшую роль в принятии решений, как при создании новых образцов техники, разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности материалов и объектов защиты, так и при подготовке соответствующих нормативных документов. Таким образом, можно отметить, что в пожарной науке применяются самые разные методы экспериментальных исследований.

Разработка профилактических мероприятий, направленных на снижение пожарных рисков, как правило, предполагает проведение социальных исследований, сущность которых сводится, в данном случае, к исследованию социальных объектов, изучению процессов и закономерностей поведения различных групп людей, а также формированию у них мотивированного поведения, направленного на соблюдение правил пожарной безопасности. Данные социальные исследования систематизируют познавательную деятельность, используя общепринятые в науке основы теорий, методов и процедур. Проведение социальных исследований играет существенную роль в формировании нормативно-правовой базы, регулирующей деятельность надзорных органов.

Пожарная наука, представляющая собой в основе науку техническую, широко использует экспериментальные исследования в области механики, теплотехники, физики и химии пожаровзрывоопасных материалов и процессов, связанных с горением и взрывом. В данном случае используется весь спектр исследований, применяющихся в технических науках.

Организация и проведение любого экспериментального исследования не является спонтанным процессом. Для осуществления продуктивного эксперимента необходимо соблюдение ряда общепринятых требований, предъявляемых к планированию и организации исследовательских работ. Все эти мероприятия направлены на оптимальное распределение сил и средств, вовлеченных в процесс познания. При этом основная цель любого исследования заключается в подтверждении выдвигаемых гипотез. Для этого экспериментаторам зачастую приходится проводить большое количество различных опытов. В данном случае планирование эксперимента сводится к выбору приоритетных направлений исследования и определению оптимального количества опытов.

Однако было бы неправильным не затронуть вопросы, связанные с анализом и обработкой получаемых экспериментальных данных. При обработке результатов, как правило, используются методы математической статистики. Интерпретация конечных результатов относится к области философии и требует от экспериментатора знания основных законов научной методологии, диалектики и логики. Не лишними эти знания будут и при

формулировании гипотезы, что предшествует процессу активного эксперимента, а также в дальнейшем при составлении плана эксперимента.

Финалом каждого научного исследования является написание итогового отчета о проделанной работе. Форма отчета, как правило, является стандартной и включает в себя набор глав, в которых описываются основные этапы проведения научного исследования. Отчет обязательно содержит сведения об актуальности, научной новизне, практической значимости работы, а также основные выводы, в которых приводятся основные теоретические результаты исследования и рекомендации по реализации этих результатов на практике. Основной упор в отчете делается на главу, содержащую описание и интерпретацию экспериментальных данных, подтверждающую достоверность выдвинутой гипотезы.

Таким образом, перед любым исследователем будет стоять многоуровневая задача проведения научного эксперимента. Каждый этап этой работы должен быть пройден в полной мере и надлежащим образом осмыслен и обработан. От этого зависит успех работы в целом. Для того, чтобы рационально потратить выделенное время и материальные ресурсы на проведение эксперимента исследователь должен уметь правильно организовывать и планировать свою работу.

## ГЛАВА 1 РОЛЬ ФИЛОСОФИИ КАК НАУКИ В ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Во введении не случайно была затронута тема роли философии в науке. Именно философы первыми обратили внимание на изучение различных явлений в жизни и науке и попытались объяснить их взаимосвязь. В современном науковедении успешно работает многоуровневая методологическая классификация методов научного познания, согласно которой по степени общности и сфере действия методы научного познания подразделяются на всеобщие философские, общенаучные, частнонаучные, дисциплинарные и междисциплинарные методы исследования.

Из курса философии мы знаем, что в теории науки традиционно применяются два противоположных всеобщих метода – метафизика и диалектика.

**Метафизика** - раздел философии, занимающийся исследованиями первоначальной природы реальности, мира и бытия как такового.

**Диалектика** - метод аргументации в философии, а также форма и способ рефлексивного теоретического мышления, исследующие противоречия, обнаруживаемые в мыслимом содержании этого мышления.

Рассмотрим их более детально.

### 1.1 Философские системы: диалектические методы материализма К. Маркса и идеализма Г. Гегеля

В современной науке невозможно обойтись без диалектических обобщений опытных данных, результаты которых – суть понятия, умение оперировать которыми – большое искусство. Диалектика – учение о наиболее общих закономерных связях и становлении, развитии бытия и познания и основанный на этом учении метод мышления.

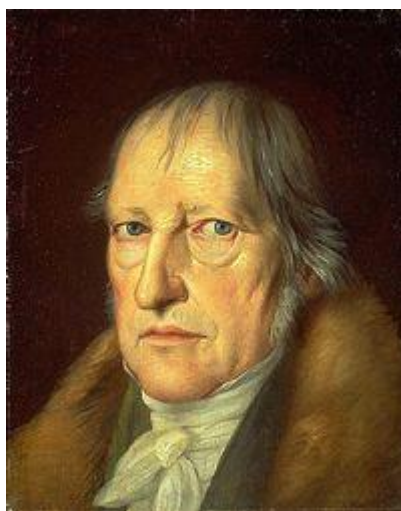
В истории философии сложились три основные формы диалектики:

- античная, которая была наивной и стихийной, поскольку опиралась на житейский опыт и отдельные наблюдения (Гераклит, Платон, Аристотель, Зенон и др.);

- немецкая классическая, которая была разработана Кантом, Фихте, Шеллингом и особенно глубоко Гегелем;

- материалистическая, основы которой были заложены К. Марксом и Ф. Энгельсом.

Георг-Вильгельм-Фридрих Гегель (1770 -1831) - профессор Берлинского университета, при жизни признанный великим философом, завершил развитие немецкого идеализма, разработал диалектический метод, оказавший огромное влияние на философию и науку XIX — XX веков. Объективный идеалист, Гегель рассматривал действительность во взаимосвязи и развитии, признавал источником этого развития абсолютную идею. Развертывание идеи и есть настоящая действительность. Природа и человек - результат ее активности. «Все действительное разумно - все разумное действительно» (Гегель).



**Рис. 1.1.1.** Георг-Вильгельм-Фридрих Гегель (1770 -1831)

В работе «Феноменология духа» Гегель представил картину развития сознания и сделал вывод, что индивидуальное сознание в своем развитии сокращенно проходит все этапы становления человеческой культуры (мораль, право и т.д.).

Критикуя формальную логику, он утверждает, что причина развития находится в самом сознании, а не за его пределами, и этой причиной является борьба внутренних противоположностей.

Движение сознания - это восхождение от абстрактного к конкретному, при этом каждая ступень включает в себе все предыдущие, воспроизводя их на новом уровне.

Гегель выделил три ступени развития индивидуального сознания:

– Первая ступень - познавательная деятельность сознания, когда предмет познания противостоит человеческому «Я», как внешняя данность, и определяет содержание сознания через чувственное восприятие и формы рассудка.

– Вторая ступень - самосознание, когда сознание является и предметом и действием, и выступает, как разум.

– Третья ступень - становление человеческого духа до включенности его в «Абсолютную идею» и «Абсолютный дух». Вершина этого движения - способность человека и общества формировать понятия и категории, как проявления «Абсолютной идеи», или субстанции, т.е. первоначала всего существующего.

В своем разворачивании Абсолютная идея проходит этапы движения от абстрактного к конкретному.

Первый этап - это период, когда она порождает и накапливает свое собственное богатство («Наука логики»). Через логику идея раскрывается в виде системы категории, «чистые мысли»:

Второй этап - «философия природы», где идея переходит в свою противоположность, в материальную природу. Здесь идея опредмечивает себя.



По Гегелю, Бог создает природу с той целью, чтобы из нее вышел человек и человеческий дух.

Первой стадией развития человеческого духа является субъективный дух, проявляющийся на трех уровнях: антропологии (душа, как чувствительная субстанция); феноменология (превращение души в сознание по ступеням: сознание - самосознание - разум), психология (теоретическая и практическая способность духа).

Вторая стадия - объективный дух, который охватывает сферы социальной жизни и понимается как неиндивидуальная целостность, развернутая в праве, морали, государстве, религии.

Высшей формой самореализации Абсолютной идеи является Абсолютный дух - это духовная деятельность человечества на протяжении развития всемирной истории, это также Абсолютная идея, скрыто работающая в постановке людьми своих целей, их делах, это внутренняя идеальная сущность, скрытая причина всех деяний.

Таким образом, в соответствии с философским учением Гегеля:

1. Индивидуальное сознание (субъективный дух) на уровне феноменологии проходит ступени: сознание - самосознание - разум - включенность в Абсолютный дух.

2. Абсолютная идея, пройдя этапы логического развития идей и их реализации в предметном, чувственном мире (природа, человек и человечество), также достигает высшей ступени развития в Абсолютном духе.

3. Значит, в Абсолютном духе осуществляется полное совпадение идеи мышления и бытия. Абсолютной идеей, по Гегелю, является система самого Гегеля, а высшим этапом исторического развития место и время, где творил Гегель - Германия, время Кайзера Вильгельма. Другие страны и народы уже сыграли свою роль в истории или вообще к ней не способны. Человеческое общество, по Гегелю, является высшей ступенью развития человеческого духа. Во всемирной истории дух реализует себя и вся история выступает поэтому, как необходимое и закономерное развитие сознания свободы.

Общественная жизнь зависит от развития нравственности, и даже государство Гегель понимал, как действительность нравственной идеи. Разум, осуществляющий себя как волю, лежит в основе государства.

Диалектический метод Гегеля рассматривает явления и процессы во всеобщей взаимосвязи и развитии. Первоначально термин «диалектика» означал искусство ведения спора. Родоначальниками диалектики считают Сократа и софистов. Затем диалектика разрабатывалась в философии, как метод анализа действительности (учение о развитии Гераклита, Зенона, Канта и т.д.). Гегель придал диалектике развитую и совершенную форму, он характеризовал диалектику, как душу истинного познания, как принципы, вносящие в содержание науки внутреннюю связь и необходимость.

Гегель сформировал три основных закона диалектики:

- закон перехода количественных изменений в качественные;
- закон взаимопроникновения противоположностей;

– закон отрицания отрицания.

Диалектический метод Гегеля включает в себя такие принципы анализа действительности, как восхождение от абсолютного к конкретному, соответствие исторического и логического.

В свою очередь, Карл Маркс (1818 - 1883 гг.) и Фридрих Энгельс (1820 - 1895) решали проблемы, поставленные немецкой классической философией, создав учение о диалектическом материализме.

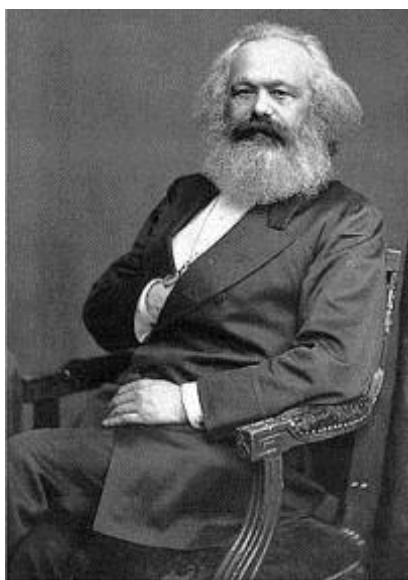


Рис.1.1.2. Карл Маркс

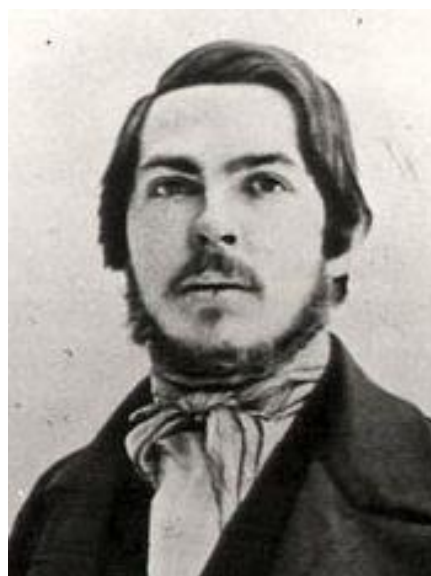


Рис. 1.1.3. Фридрих Энгельс

К. Маркс, будучи студентом Берлинского университета, увлекся философией Гегеля, был членом кружка младогегельянцев. Работа журналистом «Рейнской газеты» ближе познакомила его с реальной жизнью, и он переходит на позиции Л. Фейербаха, выступая за полную реализацию человеком своих природных способностей, за гуманизацию отношения человека к природе и человека к человеку. Маркс выясняет роль экономических интересов людей в общественной жизни, изучает историю социализма и критикует Гегеля. «Вместо господства всеобщего гегелевского разума в государстве идет борьба сословий и партий и задача мыслителя честно защищать интерес прогрессивных слоев общества». Но диалектический метод Гегеля, его рациональное зерно, стал и частью философии и Маркса и Энгельса - диалектического материализма.

Следует отметить, что Маркс в своих научно-философских теориях отстаивает гуманизм, основанный на идее свободной, универсальной, творческой сущности человека. При этом он указывает, что истинной творческой и духовной свободе препятствует отчуждение труда, как результат частнособственнических отношений.

На смену отчуждению должно прийти присвоение, очеловечивание всех отношений, в т. ч. и экономических.

Человек не просто часть природы, а важный продукт ее развития, поэтому он способен к любому роду деятельности, к труду. Человеческая деятельность включает и материальную, чувственно-предметную деятельность и духовное освоение действительности. В процессе деятельности человек использует не только предметы природы, но и орудия труда, систему знаний, и вступает в связь с другими людьми. «Диалектика природы». Внутренний мир личности ставится в зависимость от внутреннего мира других людей, и эта связь порождает возможность внутреннего развития личности. Универсально развитый, живущий в единстве и гармонии с внешней и внутренней природой человек - гуманистический идеал, который рисует Маркс в ранний период своего творчества. Достижение этого идеала Маркс и Энгельс в дальнейшем связывают с ликвидацией частнособственнических отношений, преодолением социального закрепления ролей человека в системе разделения труда, формированием отношений нового типа - коммунистических отношений.

Материалистический подход был распространен и на общественные отношения. Материалистическое понимание истории предполагает, что:

1. Материальное производство, система отношений определяют политику, право, мораль и т.д.

2. Идеи и теории отражают объективную реальность, «сознание - есть общественный продукт» («Немецкая идеология»).

3. Идеология - теоретическое отражение целей и интересов классов.

Философия является только частью марксизма. В политэкономии и социологии рассматриваются формы практической деятельности человека в сфере экономического и социально политического преобразования общества, необходимых с точки зрения Маркса и Энгельса. Для того, чтобы на смену старому буржуазному обществу с его «классовыми противоречиями пришла ассоциация, в которой свободное развитие каждого станет условием свободного развития всех» («Манифест Коммунистической партии»).

Фундаментальным принципом марксизма является принцип практики. Практика понимается шире опыта. Практика - активная, деятельная, преобразующая позиция человека по отношению к природе и обществу. Она имеет общественно-исторический характер.

В гносеологии марксизма теория и практика взаимосвязаны. Если теория - обобщение практики, то последняя основа познания, его цель и критерий истины.

Решающее положение марксистской гносеологии - знание - результат отражения в сознании человека материального объективного мира в форме идеальных субъективных образов. Отражение - свойство всего материального мира, который в своей эволюции достигает высшей формы - психического отражения, обладая которым человек, как существо социальное, приобретает способность мыслить, т.е. отражать мир в понятиях, суждениях, умозаключениях.

Проблема истинности знаний решается через диалектику объективной истины (по содержанию независимой от сознания) и субъективной истины (зависимой от сознания); абсолютной истины (полной) и относительной

(имеющей исторический конкретный характер). Завершая немецкую классическую философию, Маркс и Энгельс стремились создать монистическое учение на основе диалектического материализма.

В 1845 г. Маркс публикует «Тезисы о Фейербахе», где пишет, что: «Главный недостаток всего предшествующего материализма, включая и феербаховский, заключается в том, что предмет, действительность, чувственность берется только в форме объекта или в форме созерцания, а не как человеческая чувственная деятельность, практика. Философы лишь различным образом объясняли мир, но дело заключается в том, чтобы изменить его».

## **1.2 Диалектика, как философский инструмент исследования**

Диалектика, как философский инструмент исследования истории человечества, наиболее «активно» была использована Марксом и Энгельсом. Гегель же диалектику применял к анализу развития человеческого мышления. Субъективная диалектика у него не является отражением объективного мира, и наоборот, последний представляет собой инобытие идеи. Философия Гегеля идеалистична, поскольку его философия не опирается на материализм, исторический процесс, диалектика человеческого мышления выводятся из саморазвития абсолютной идеи. В противоположность Гегелю Маркс и Энгельс утверждали всеобщность диалектического процесса. Не только мышление, но и природа и общество диалектичны, материи присуще внутреннее саморазвитие. «Так называемая объективная диалектика царит во всей природе, а так называемая субъективная диалектика, диалектическое мышление есть только отражение господствующего во всей природе движения путем противоположностей». Диалектика понимается Марксом и Энгельсом как наука о связи явлений и наиболее общих законах движения и развития природы, общества и мышления.

В отличие от гегелевской философии, философия марксизма отвергает идеализм, вынимает диалектику из «мистической оболочки» и игнорирует все трансцендентальное, объявляя все бытие сугубо материальным и материально обусловленным. Философия марксизма выступает против удвоения мира на поюсторонний и потусторонний. Материальное единство мира обосновывается длительным процессом человеческого познания. Идеальное – высший продукт человеческой материи. «Наше сознание и мышление, каким бы сверхчувственным оно не казалось, является продуктом вещественного, телесного органа — мозга» (Энгельс). Такова диалектика марксизма.

Диалектика Гегеля в его философии призвана дать движение его системе, это своеобразный двигатель, работающий на противоречии, она сама и есть противоречие. Бытие всему сущему дает Абсолютная Идея, (Гегелевский Бог), цель идеи – истина. Истина есть процесс постепенного постижения, поэтому, как говорит Гегель, «идея существенно есть процесс». Но с помощью чего осуществляется этот процесс? Тут-то и появляется на свет сила и мощь

диалектики. Идея сама по себе диалектична, «тождественная с собой идея содержит в самой себе отрицание самой себя, противоречие».

Диалектическое противоречие, присущее абсолютной идее, есть деятельность ее самопознания. Высшим актом этого самопознания служит абсолютное знание – философия.

Человек у Гегеля – субъект познания, составная часть Абсолютной Идеи, призванная познавать Идею с помощью философии.

Вера Гегеля в разум – это вера в неодолимый прогресс. Потому философия Гегеля оптимистична, она идеализирует человеческий прогресс. Зачатки этого оптимизма в марксистской философии превратились в цель и обоснование классовой борьбы. Без классовой борьбы по Марксу, прогресса быть не может.

Важная особенность марксистской диалектики состоит в том, что она представляет собой органическое единство материализма и диалектики. Ранее в домарксистской философии по ряду причин получалось так, что материализм был основным метафизическим, а диалектика была преимущественно идеалистической. Философы не видели связи материализма и диалектики и даже противопоставляли их друг-другу. Маркс и Энгельс преодолели этот разрыв, создав диалектический материализм.

Материалистический характер марксистской философии означает, что она требует рассматривать мир таким, каков он есть. Диалектический характер ее означает требование учитывать объективно существующую взаимосвязь явлений действительности, их изменение и развитие, их внутреннюю сложность и противоречивость. Это означает, что нельзя объяснить природу, исходя из каких-то заранее взятых принципов, наоборот, нужно выводить принципы из изучения природы. Это ставит философию на твердую научную почву, освобождает ее от всяких вымыслов, принимаемых на веру догм, от различных схоластических умозрительных конструкций.

Маркс и Энгельс дали материалистическую интерпретацию законов и категорий диалектики, раскрыли их методологическую роль. Если у Гегеля познание – это метафизическая категория, с помощью которой Абсолютная идея познает себя посредством человека, то в философии марксизма человек – самодостаточный субъект познания, выше него только исторический уровень общественного производства, изменяющийся во времени, и обуславливающий мышление человека.

Маркс и Энгельс указывают на социальную обусловленность сознания и познания. Человек познает мир, воздействуя на него и преобразуя его в процессе материального производства. Общественная практика, и прежде всего материальное производство, образует основу познания и является критерием его истинности.

Показав, что идеи и теории людей зависят от материальной, практической деятельности людей, Маркс и Энгельс обосновали необходимость единства теории и практики и преодолели разрыв между ними, который был свойствен прежней философии. Исходя из того, что развивающаяся общественная практика является основой процесса познания и критерием истины, Маркс и

Энгельс смогли объяснить исторический ход человеческого познания, его диалектическое развитие, его закономерности.

Подводя итог вышеизложенному дадим краткую характеристику метафизического и диалектического подходов к изучению научных проблем в целом и к эксперименту в частности:

метафизика рассматривает все явления разрозненно, в состоянии покоя и неизменности. Такой подход к изучению научных проблем допускается в тех случаях, когда приходится тщательно анализировать какой-то элемент системы в отдельности или выяснять внутреннюю структуру связей между явлениями, не принимая в расчет любые их изменения. Любая научная теория полнее отражает действительность, если берет на вооружение диалектику – учение о наиболее общих закономерностях становления и развития всех явлений природы, общества и мышления;

диалектический метод отражает не только противоречия, но и неотрывность, и единство противоположностей. Это позволяет на практике объединять в целостность, казалось бы, несоединимые стороны явления. Поэтому в хозяйственной деятельности возникают различные формы, позволяющие находить компромисс.

Различают два уровня научного познания: эмпирический и теоретический. Одни общенаучные методы применяются только на эмпирическом уровне (наблюдение, эксперимент, измерение); другие – только на теоретическом (идеализация, формализация), а некоторые (например, моделирование) – как на эмпирическом, так и на теоретическом.

Эмпирический уровень научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об исследуемых объектах (путем измерения, экспериментов) здесь происходит первичная систематизация полученных знаний (в виде таблиц, схем, графиков).

Теоретический уровень научного исследования осуществляется на рациональной (логической) ступени познания. На данном уровне происходит выявление наиболее глубоких, существенных сторон, связей, закономерностей, присущих изучаемым объектам, явлениям. Результатом теоретического познания становятся гипотезы, теории, законы.

Однако эмпирические и теоретические уровни познания взаимосвязаны между собой. Эмпирический уровень выступает в качестве основы, фундамента теоретического.

Проблема методологии технических наук до сих пор слабо разработана и освещена в научной литературе. В рамках самого известного подхода методы научного познания принято подразделять по степени их общности, т.е. по широте применимости в процессе научного исследования, на всеобщие, или философские (диалектический и метафизический), общенаучные и частнонаучные.

Диалектический метод имеет в научно-техническом познании первенствующее значение среди всеобщих методов в силу прежде всего специфики объекта познания - сложных технических устройств, представляющих собой системы, и тем более человеко-природно-машинных систем. Диалектический метод представляет собой единство ряда познавательных принципов:

1. Принцип всесторонности рассмотрения изучаемых объектов. Комплексный подход в познании. Объект познания необходимо изучать со всех сторон, стремиться к выявлению и изучению как можно большего числа (из бесконечного множества) его свойств, связей, отношений. Современные исследования во многих областях науки все больше требуют учета возрастающего числа фактических данных, параметров, связей и т.д.

2. Принцип рассмотрения во взаимосвязи. Системный подход в познании. Недопустимо рассматривать изучаемый объект вне связи с другими объектами, явлениями или игнорировать характер взаимосвязей его элементов, иначе окажется невозможным понять и изучить материальный объект в его целостности, как систему.

3. Принцип детерминизма. Он исходит из положения о всеобщем, универсальном и объективном характере причинности. Ориентация на него позволяет отделить необходимые связи от случайных, существенные от несущественных, установить те или иные повторяемости, коррелятивные зависимости и др., т.е. осуществить продвижение мышления к сущности. Познавательный процесс, идущий от следствий к причинам, от случайного к необходимому и существенному, имеет целью раскрытие закона. Закон же детерминирует явления, а потому познание закона объясняет явления и изменения самого предмета.

4. Принцип изучения в развитии. Только изучив историю возникновения и формирования интересующего нас объекта, можно понять его нынешнее состояние, а также предсказать будущее. При этом под развитием понимаются порожденные количественными изменениями качественные скачки, переход в иное состояние, а источник саморазвития видится в самом явлении, состоящем из противоречий.

Данный принцип может реализоваться в познании в единстве двух подходов: исторического (воспроизведение развития объекта с учетом всех деталей, включая и случайные отклонения, с соответствующими описаниями этих наблюдений во всех подробностях) и логического (воспроизведение развития объекта подвергается определенным логическим преобразованиям, обрабатывается теоретическим мышлением с выделением общего, существенного и освобождается в то же время от всего случайного, несущественного, мешающего выявлению закономерности данного развития).

Термином "метафизика" (от гр. - то, что после физики) изначально обозначалось учение о сверхчувственных принципах и началах бытия. С развитием диалектики в XIX в. метафизическим методом стали называть прежний философский способ мышления, при котором:

а) явления рассматриваются изолированно друг от друга;

- б) не признаются внутренние противоположности в развитии объекта;
- в) источником развития считается внешняя сила, толчок;
- г) саморазвитие понимается как простой рост, количественное увеличение или в виде замкнутой окружности.

На перечисленных установках основывалось механистическое естествознание Нового времени. Механицисты интересовались не столько исследованием процессов, происходящих в природе или обществе, сколько изучением вещей и их классификацией. Под влиянием успехов естествознания того времени, достигнутых прежде всего в механике при широком использовании математических методов, в науке начала складываться точка зрения, достигшая своего расцвета в первой половине XIX в., согласно которой все явления природы имеют механическую основу, все они могут быть объяснены с помощью законов механики Ньютона, являются следствием действия простых сил. К примеру, таким методом были разработаны модели электродинамики.

Применение метафизического подхода в техническом знании позволило вывести его на научный уровень, осуществить целый ряд механических изобретений. Однако со временем была установлена ошибочность всеобщего механистического подхода - оказалось невозможным все явления природы свести к классической механике. Прорыв в технических изобретениях XX в., появление комплекса технических наук, научно-технической картины мира стали возможными благодаря прочному переходу научно-технического познания к диалектической методологии. Впрочем, и сейчас в процессе научно-технических исследований постоянно возникает необходимость изолированного рассмотрения объекта, временного абстрагирования от некоторых его свойств для рассмотрения других, описания количественных характеристик и т.д. Таким образом, метафизический метод в современных технических науках служит частным дополнением диалектического.

Общенаучные методы используются в самых различных областях науки, имеют весьма широкий, междисциплинарный спектр применения. Их классификация тесно связана с понятием уровней научного познания.

Частнонаучные методы используются только в рамках исследований какой-то отдельной науки или области научного познания. При этом, как правило, они также восходят к философским методам и содержат в различных сочетаниях те или иные общенаучные методы познания, являются, по сути, их разновидностями для изучения конкретной области объективного мира.

В принципе в методологическом плане исследование в технической науке не очень существенно отличается от общенаучного. Для современной инженерной деятельности требуются не только краткосрочные исследования, направленные на решение специальных задач, но и широкая долговременная программа фундаментальных исследований в лабораториях и институтах, специально предназначенных для развития технических наук. В то же время современные фундаментальные исследования в технических науках более тесно связаны с приложениями.



Наиболее существенными методологическими особенностями технических наук являются следующие:

- их практическое воплощение, материализация происходит лишь при условии общественной потребности в связанных с ними продуктах труда;

- их технологичность, позволяющая из множества предполагаемых вариантов выбрать оптимальный;

- их ориентация на предотвращение и устранение нежелательных последствий научно-технического прогресса. Она связана с развертыванием современного научно-технического прогресса и является специфичной для него. Точнее говоря, ориентация на профилактику негативных последствий научно-технического прогресса давно уже стала нормой при разработке новой техники и технологии.

Наряду с этим начинает проявляться новая методологическая особенность - ориентация на разработку технических систем, направленных на оптимизацию взаимодействия общества и природы, устранение уже имеющихся негативных последствий технического прогресса.

В современных технических науках используются все основные методы естествознания в своих, так сказать, технических разновидностях. Методологическое единство естествознания и технических наук опирается прежде всего на то, что в мире природы и мире техники люди имеют дело с одной и той же материей, движущейся по одним и тем же объективным законам. Конкретно к основным общенаучным методам, широко используемым в технических науках, относятся:

- наблюдение- длительное, целенаправленное и планомерное восприятие предметов и явлений объективного мира, как непосредственно, так и с помощью приборов;

- эксперимент- научно поставленный опыт, с помощью которого объект или воспроизводится искусственно, или ставится в точно учитываемые условия, что дает возможность изучать их влияние на объект в чистом виде;

- описание- результат наблюдения или эксперимента, состоящий в фиксировании данных с помощью обычного языка либо определенных систем обозначений, принятых в науке (символов, знаков, матриц, графиков и т.д.);

- измерение- познавательная операция, обеспечивающая численное выражение объектов в системе количественных эталонов и стандартов (масса, длина, координаты, скорость и т.д.);

- сравнение- сопоставление объектов с целью выявления признаков сходства или различия между этими объектами;

- моделирование- изучение объекта путем создания и исследования его материальной или идеальной копии, замещающей оригинал, с определенных сторон, интересующих исследователя;

- формализация -отображение результатов мышления в точных понятиях или утверждениях, т.е. построение абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов действительности;

- аксиоматизация - логическое построение теорий на основе аксиом-утверждений, доказательства истинности которых не требуется;
- анализ - фактическое или мысленное расчленение целостного предмета на составные части (стороны, признаки, свойства, отношения или связи) с целью его всестороннего изучения;
- синтез- фактическое или мысленное воссоединение целого из частей, элементов, сторон и связей, выделенных с помощью анализа;
- индукция- метод исследования и способ рассуждения, в котором общий вывод о свойствах предметов и явлений строится на основе отдельных фактов или частных посылок;
- дедукция - переход от общих (истинных) рассуждений или суждений к частным, вывод новых положений с помощью законов и правил логики;
- обобщение- переход от единичного к общему, от менее общего к более общему знанию, с установлением общих свойств и признаков исследуемых объектов;
- аналогия - умозаключение, в ходе которого на основе сходства объектов в одних свойствах, связях делается вывод об их сходстве и в других свойствах, связях;
- абстрагирование - мысленное отвлечение от предметов, свойств и отношений, затрудняющих рассмотрение объекта исследования в "чистом" виде, необходимом на данном этапе изучения, в результате чего возникают научные понятия и категории.

Важная особенность методологии технических наук заключается в том, что в них теоретические и эмпирические методы тесно переплетены на всех уровнях исследования.

Принципиальное методологическое значение имеет проблема общего метода технических наук. В этой связи особого внимания заслуживает позиция В.И. Белозерцева и Я.В. Сазонова, согласно которой общим методом технических наук и технического творчества является комбинационно-синтезирующий метод. Он состоит в том, что в процессе создания новой техники, новых материалов, новых технологических процессов ученые, конструкторы, инженеры осуществляют многообразное комбинирование (частично на опытно-экспериментальном, а в основном на теоретическом уровне) самых различных естественных законов, процессов, сил, конфигураций деталей, принципов работы различных подсистем, входящих в то или иное проектируемое техническое устройство до тех пор, пока не будет найдена такая оптимальная, строго определенная последовательность взаимовлияний в целостном единстве уже точно определенных сил, свойств, процессов, законов и подсистем, которая и приводит к появлению (производству) качественно новой техники.

Комбинационно-синтезирующий метод технических наук выражает творческую активность мышления инженера-ученого, создающего новые технические системы, новые материалы и технологические процессы на основе

объединения, использования отдельных естественных, природных законов, сил, свойств, процессов и материалов.

Комбинационно-синтезирующий метод тесно связан с системно-структурным методом. Системно-структурный метод - способ исследования объекта, в качестве которого в данном случае выступают техника, технология и инженерная деятельность, рассматриваемые как системы, что достигается посредством использования общенаучных методологических принципов, специальных понятий. Данный метод предполагает:

- рассмотрение объекта как системы;
- определение состава, структуры и организации элементов и частей системы;
- выявление зависимости каждого элемента от его места и функций в системе с учетом того, что свойства целого не сводимы к сумме свойств его элементов;
- анализ того, насколько поведение системы обусловлено как особенностями ее элементов, так и свойствами структуры;
- исследование механизма взаимозависимости системы и среды;
- изучение характера иерархичности, присущего данной системе;
- определение функций системы и ее роли среди других систем;
- обеспечение множественности описаний с целью множественного охвата системы;
- рассмотрение динамики системы, представление ее как развивающейся целостности, обнаружение на этой основе закономерностей и тенденций развития системы.

В качестве важного познавательного средства технических наук выделяется проективно-прагматический метод, который дает исследователю общую схему действия. Суть его составляет логика так называемого практического вывода. Необходимо не просто подвести информацию о факте под закон, а подчинить поставленной научно-технической цели информацию о средствах ее достижения.

Подробно следует рассмотреть эксперимент (лат. - опыт, проба, испытание) как общенаучный метод, занимающий центральное место в методологии технического познания. Эксперимент, в отличие от наблюдения, представляет собой исследовательскую ситуацию изучения явления в специально создаваемых, контролируемых условиях, позволяющих активно управлять ходом данного процесса, т.е. вмешиваться в него и видоизменять его в соответствии с исследовательскими задачами, а также воспроизводить изучаемое явление при воспроизведении данных условий. В техническом познании роль эксперимента еще более возрастает в силу специфики объекта - его искусственного характера. Целями реализации технических экспериментов являются отработка и совершенствование техники и ее составных элементов, а также освоение новых технологий и обеспечение повышения целевой и эксплуатационной эффективности.

Проведение технического эксперимента - это деятельность по производству технических эффектов, отчасти может быть квалифицирована как инженерная, т.е. как конструирование машин, как попытка создать искусственные процессы и состояния, однако с целью получения новых научных знаний о природе или подтверждения научных законов, а не исследования закономерностей функционирования и создания самих технических устройств.

К особенностям современного научно-технического эксперимента относят:

- высокий уровень его материально-технического обеспечения, требующий, как правило, работы целого научного коллектива;
- использование мощных технологий обработки данных (компьютерных методов, схем статистического анализа, приемов математического моделирования);
- взаимодействие подходов из различных областей науки для решения конкретных проблем.

Впрочем, до сих пор в прикладных технических науках эксперимент нередко заменяет инженерная деятельность. Именно в инженерной деятельности проверяется адекватность теоретических выводов технической теории и черпается новый эмпирический материал.

Метод декомпозиции(как технический вариант единства анализа и синтеза) применяется для решения сложной технической задачи и сводится к расчленению системы на подсистемы или даже на элементы с целью их детального исследования и последующего синтеза. Например, ракета-носитель как сложная техническая система расчленяется на блоки, которые, в свою очередь, делятся на отсеки, имеющие законченное конструктивное и функциональное назначение. Каждый отсек (топливный, переходный, отсек двигательной установки) подвергается аналитической проработке, а для каждого его элемента проводятся тепловые, прочностные и другие расчеты.

Метод моделирования имеет, наряду с экспериментом, наибольшее значение в технических науках в силу специфики возникновения технического объекта. Как уже отмечалось, под моделированием понимается исследование объектов познания посредством построения их моделей, когда реальный объект заменяется его образцом, а знания, полученные на основе исследования модели, переносятся на реальный объект. Однако в техническом познании реальный объект зачастую отсутствует. В этом случае моделирование можно рассматривать как процесс не только познания объекта, но и его создания.

В целом цикл моделирования включает в себя ряд этапов:

- процедуру создания модели технического объекта;
- исследование модели;
- ее преобразование;
- переход от модели к техническому объекту.

При этом моделирование оказывается непосредственно связано с экспериментом. В силу того, что сегодня масштаб технических исследований очень значителен, затраты велики, как правило, вначале создается упрощенная модель, в которой материализуются основные принципы соответствующей технической системы. В настоящее время часто начинают с имитационного эксперимента, т.е. строится математическая модель, которая переводится на язык программы и вводится в компьютер.

Для моделирования структуры технического объекта необходимо предварительно описать его состав и выявить характер взаимосвязей между его элементами, представив их в виде математических выражений. Для описания структуры и свойств технического объекта используется логико-математический аппарат, включающий теорию множеств, математические операции с матрицами и теорию графов (математическое моделирование структуры технического объекта, позволяющее осуществить изоморфное преобразование графического образа объекта для удобства проведения вычислительных операций). В моделировании технических объектов, как правило, предпочтение отдается функциональным моделям, описывающим деятельность каждого элемента, а также связи между элементами.

Задача моделирования заключается не в том, чтобы буквально воспроизвести в тех или иных моделях технический объект. Проблемное поле исследования составляют не сами по себе элементы технического объекта, а их взаимоотношения друг с другом. Анализ модели реального технического устройства, эксперименты над ней выявляют те возможности структурирования технического объекта, которые не обнаруживаются при их непосредственном описании.

Изложенная в предыдущих темах связь технического знания с естественными и математическими науками позволяет специально выделить в его методологии экстраполяцию- распространение знаний о какой-то части объектов, явлений на другую их часть или на совокупность объектов в целом, шире - следствий какой-либо гипотезы или теории с одной сферы описываемых явлений на другие сферы. Так, установив для какого-то газа свойство сжатия и выразив его в виде количественного закона, можно перенести это на другие, не исследованные газы с учетом их коэффициента сжатия. Это распространяется и на прикладное техническое познание.

Допустим, необходимо спрогнозировать себестоимость выработки сжатого воздуха в условиях станкостроительного завода. Воздух на этом заводе сжимается воздушными поршневыми компрессорами. На заводе не ведется учет себестоимости выработки сжатого воздуха каждым компрессором, но ведется учет всех элементов затрат по эксплуатации и ремонту компрессорной станции в целом, а также ее годовой производительности. Поделив сумму годовых затрат по компрессорной станции на годовую производительность (годовой объем сжатого воздуха), можно получить себестоимость выработки единицы объема сжатого воздуха.

Благодаря методу экстраполяции можно спрогнозировать рост объемов научно-технической информации, размеры средств, вкладываемых в техническое переоснащение, и др.

В заключение необходимо отметить, что одним из основных, по крайней мере формально, методологических принципов современного технического познания является учет антропологических последствий на этапе разработки новых технических идей и их последующего внедрения. Согласно такому – экстерналистскому - подходу, жизнеспособными должны признаваться лишь те технические системы, которые экологически безвредны, имеют эргономические преимущества и, что особенно важно, этическое обоснование. Такой подход имеет огромные перспективы по сравнению с традиционным вариантом внедрения новой техники, когда что-то изменить бывает почти невозможно. Более выгодно давать всестороннюю оценку технических проектов, моделей будущей техники, чем позднее предпринимать меры по снижению негативных последствий. Тем более что на уровне моделирования технического объекта можно предусмотреть почти все параметры, влияние которых следует просчитать и оценить.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Раскройте философские основы научного исследования.
2. В чем заключается диалектический метод идеализма Г. Гегеля?
3. Раскройте суть материалистического учения К. Маркса.
4. Что такое единство и борьба противоположностей? Приведите примеры.
5. Разъясните основные отличия философских систем материалистов и идеалистов.
6. Перечислите основные позиции метафизического метода мышления.
7. Диалектический метод представляет собой единство ряда познавательных принципов: перечислите их и дайте им краткую характеристику.
8. Какой метод познания имеет в научно-техническом познании первенствующее значение?

## ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Любое научное исследование, проводимое в области прикладных наук, проходит ряд этапов, которые составляют структуру научного исследования. Научное исследование включает семь основных этапов.

1. *Постановка проблемы.* Этап состоит не только в поиске проблемы, которую необходимо исследовать, но и в точной, четкой формулировке задачи научного исследования. Важно правильно сформулировать задачу исследования, от этого значительно зависит его успешный исход.

2. *Выдвижение и обоснование гипотезы.* В большинстве случаев выработка рабочей гипотезы осуществляется на основе четко сформулированной задачи исследования и критического анализа собранной исходной информации, при этом гипотеза может иметь несколько вариантов, из которых выбирают наиболее целесообразный, не отбрасывая остальные варианты. Для уточнения гипотезы иногда проводят предварительные эксперименты с целью более глубокого изучения исследуемого объекта.

3. *Теоретическое исследование.* В прикладных технических исследованиях теоретическое исследование состоит в анализе и синтезе закономерностей и их применении к исследуемому объекту, а также в поиске с помощью аппарата математики, теоретической механики и других дисциплин новых, еще неизвестных, закономерностей.

Цель теоретического исследования – как можно полнее обобщить наблюдаемые явления, связи между ними, получить больше следствий из принятой рабочей гипотезы. Такое исследование аналитически развивает принятую гипотезу и должно привести к разработке теории исследуемой проблемы, т. е. к научно обобщенной системе знаний в пределах данной проблемы. Эта теория, в свою очередь, должна объяснять и предсказывать факты и явления, относящиеся к исследуемой проблеме. Решающим фактором здесь выступает критерий практики.

4. *Экспериментальное исследование.* Эксперимент, или научно поставленный опыт – наиболее сложный и трудоемкий этап научного исследования. Цель эксперимента различна и зависит от характера научного исследования и последовательности его проведения. При «нормальном» развитии исследования эксперимент проводится после теоретического исследования. В этом случае эксперимент подтверждает или, что реже, опровергает результаты теоретических исследований. Часто порядок исследования бывает иным, и эксперимент предшествует теоретическому исследованию. Это характерно для поисковых экспериментов, при отсутствии достаточной теоретической базы исследования. В этом случае теория объясняет и обобщает результаты эксперимента.

5. *Анализ и сопоставление результатов.* Следствием сопоставления результатов экспериментального и теоретического исследования является подтверждение рабочей гипотезы и формулирование следствий, вытекающих

из нее, или необходимость уточнения гипотезы. Редко бывает так, что гипотезу приходится отвергнуть (при отрицательном результате).

6. *Заключительные выводы.* На этом этапе подводятся итоги исследования, т. е. формулируются полученные результаты и проверяется их соответствие поставленной задаче. Для чисто теоретических исследований этот этап является заключительным. Для большинства работ в области техники возникает еще один этап.

7. *Освоение результатов* – это этап подготовки к промышленной реализации полученных результатов, разработка технологических или конструкторских принципов реализации, которая зачастую не укладывается в рамки чисто инженерной «доводки» и требует неперенного участия авторов исследования.

## **2.1 Постановка проблемы и выбор темы исследования**

Любое исследование начинается постановки проблемы и выбора темы. Поэтому перед каждым исследователем рано или поздно встает классический вопрос – «Что делать?». Следует отметить, что этот вопрос возникает неоднократно при выполнении любой работы и знаменует, как правило, переходы в этапах ее выполнения. Однако самое важное свое значение этот вопрос имеет в самом начале, когда исследователь определяется с выбором темы своей очередной работы. При этом для ученых, проводящих исследования в какой-либо определенной области этот вопрос менее актуален – он формируется исходя из результатов, полученных ранее, и является, по своей сути, продолжением уже выбранного направления. При этом не стоит считать противоречием тот факт, что любое исследование должно представлять собой законченную работу. Как правило, осмысление, анализ и интерпретация полученных ранее результатов позволяют не только определиться с выводами и подвести черту под сделанным, но и сформулировать новую проблему и наметить задачи, связанные с ее решением. Нередко тематика таких исследований может представлять собой совершенно новое направление, которое формируется как боковая ветвь проводимого исследования, когда при выполнении последнего порой открываются весьма неожиданные аспекты, способные стать направлением абсолютно самостоятельным, не входящим в цель и задачи предыдущей работы, из которой оно выросло. В данных случаях формирование темы исследования представляет собой естественный процесс эволюционного познания. Сложнее обстоит дело с молодыми исследователями, которых можно уподобить сказочному витязю на распутье, выбирающему свой путь, свою дорогу в мире исканий. В идеале такой случай представить достаточно сложно. У каждого молодого исследователя за спиной стоит своеобразный «ангел-хранитель» в лице научного руководителя или наставника, наделенного жизненным опытом и владеющего проблематикой научных задач в своем направлении. Как правило, он дает толчок к выбору тематики и формированию нового исследователя, делясь своим опытом и формируя научный задел нового начинания.



Но вернемся к самому сложному варианту, когда у начинающего исследователя нет перечисленных выше предпочтений, и он оказывается один на один с наукой. Как быть в этом случае? Наверное, глупо было бы пытаться выбрать тему предстоящего исследования, изучая все подряд литературные источники. Успех в данном случае возможен, но есть большая вероятность того, что на такой поиск будет затрачено огромное количество сил и времени. Положительный эффект от такого поиска - расширение кругозора исследователя. Но, в целом К.П.Д. поиска может оказаться крайне низким.

Реальнее выглядит выбор проблемы, связанной с выполнением своей повседневной работы. Человек, проделывая такую работу, отрабатывает определенные навыки и приемы, направленные, в первую очередь, на облегчение своего труда. Делается это на основании анализа своих действий при выполнении тех или иных операций. Подобные действия можно считать небольшим исследованием, сделанным лично для себя. Кроме всего прочего, человек, выполняя работу, сталкивается с необходимостью использования различных материалов, машин и механизмов, приборов, технологических приемов, которые могут служить источником, инициирующим занятие научными изысканиями, направленными на улучшение и совершенствование этих материалов, устройств, технологий и пр. То есть, человек, в первую очередь, определяет проблему, которая мешает или сдерживает прогресс в выбранном направлении деятельности.

В качестве примера можно привести ряд научно-исследовательских работ, проводимых в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Так разработка новых материалов для боевой одежды пожарного выросла частично из личного опыта работы ряда сотрудников, а также анализа имеющихся в открытом доступе данных о травматизме пожарных при выполнении задач по тушению пожаров и ликвидации ЧС.

Другим примером являются исследования в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, выполненных с использованием древесины и ее производных. Отправной точкой в выборе темы исследования стало расследование причин возникновения ряда пожаров. Было обращено внимание на факт наличия огнезащитных обработок сгоревших построек. При этом возник вопрос, связанный с оценкой качества таких обработок на момент происшествия. В результате проведенных исследований, опираясь на анализ работ других авторов, а также своих собственных исследований были разработаны методики оценки эффективности огнезащитных составов, предложены способы и средства их обнаружения в процессе эксплуатации зданий и сооружений, а также идентификации на сгоревших остатках. Подобных примеров можно привести немало, что наглядно иллюстрирует проблему выбора темы исследования.

Проблема – это сложный теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения; это задача, подлежащая исследованию. Следовательно, проблема – это то, что возникло в ходе развития науки и потребности общества и еще не известно.

Проблемы не возникают на пустом месте, они всегда вырастают из результатов, полученных ранее. Любая проблема содержит два неразрывно связанных элемента: объективное знание о том, что еще не известно, и предположение о возможности получения новых закономерностей либо принципиально нового способа практического применения ранее полученного знания. Предполагается, что это новое знание обществу необходимо.

Различают три этапа в постановке проблемы: поиск, собственно постановка и развертывание проблемы.

Поиск проблемы. Многие научные и технические проблемы лежат, как говорят, на поверхности, не требуя поиска. На них поступает социальный заказ, когда требуется определить пути и найти новые средства, чтобы разрешить возникшее противоречие. Например, проблема создания «чистого» двигателя, не загрязняющего воздушную среду. Чаще проблемы не такие отчетливые и очевидные, в частности проблема создания транспортного средства на воздушной подушке, возникшая в связи с необходимостью повышения проходимости автомобиля и отойти от такого древнего движителя, как колесо. Это крупные научно-технические проблемы. В своем составе они имеют множество мелких проблем, которые также могут стать темой научного исследования. Часто проблема возникает «от обратного», когда практика дает результаты противоположные или резко отличающиеся от тех, какие ожидалась.

Постановка проблемы. Как известно, правильно поставить проблему, т. е. четко сформулировать цель, определить границы исследования и соответственно установить объекты исследования, – дело далеко не простое и, главное, весьма индивидуальное для каждого конкретного случая. Однако имеются четыре общих «правила» постановки проблемы:

– строгое ограничение известного от нового. Для постановки проблемы нужно хорошо знать новейшие достижения науки и техники в данной области, чтобы правильно оценить новизну обнаруженного противоречия и не поставить проблему, которая уже была решена ранее.

– локализация (ограничение) неизвестного. Следует четко ограничить область нового реально возможными пределами, выделить предмет конкретного исследования, поскольку область неизвестного безгранична и не позволяет охватить ее одним или группой исследований.

– определение возможных условий для решения. Следует уточнить тип проблемы: научно-теоретический или практический, специальный или комплексный, универсальный или частный; определить общую методику исследования, что в значительной мере зависит от типа проблемы, и установить масштабы точности измерений и оценок.

– наличие неопределенности или вариантности – предусматривает возможность замены в ходе развертывания и решения проблемы ранее выбранных методов, способов, приемов новыми, более совершенными или более подходящими, для решения данной проблемы или неудовлетворительных формулировок новыми, а также замены ранее выбранных частных отношений,

определенных как необходимые для исследования, новыми, более полно отвечающими задачам исследования.

Область неизвестного при постановке проблемы (первые два «правила») должна ограничиваться и локализоваться, и соответственно строго должно выполняться третье «правило», требующее, чтобы в проблеме было заложено больше неопределенности, так как разрешение любой проблемы – это вторжение в область, полную неожиданностей, для которых может не оказаться уже известных способов исследования и оценок.

Развертывание проблемы. Решение научно-технической или научной проблемы не следует рассматривать как однократный акт. Решение проблемы часто совпадает с ее развертыванием, то есть с возникновением и формулированием дополнительных вопросов, которые группируются вокруг центрального вопроса – узлового пункта любой проблемы.

Решение дополнительных вопросов позволяет исследователю данные и факты, необходимые для поиска ответа на главный вопрос проблемы. Дополнительные вопросы, в известной мере, отождествляют с понятием «аспект проблемы», т. е. с изучением объекта исследования в новой связи, с новыми объектами, или приравнивают к рассмотрению старого, изученного объекта в отношении новых условий.

Центральный вопрос научной проблемы – это своеобразный узел, к которому привязаны различные аспекты проблемы. В некоторых случаях они могут рассматриваться как отдельные темы исследований, отдельные разделы проблемы, а иногда и как самостоятельные проблемы. Одна проблема может перерасти в другую, эти проблемы могут пополняться новыми вопросами, в результате аспекты основной проблемы множатся и в этом, в значительной мере, и заключается ее развертывание. Образно говоря, чтобы исследователю «не изобретать велосипед», ему необходимо знать, что уже сделано и на каком уровне, для чего необходимо изучить литературные и другие доступные источники информации.

Проведение научного исследования начинается с изучения и анализа опыта предшественников, а также материалов исследований в смежных областях наук. Часто из-за недостаточной осведомленности исследователь может сделать поспешные, недостаточно обоснованные выводы, неправильные заключения или повторить в своей работе открытия других.

По некоторым данным, ежедневно в мире издается в различной форме в среднем около 100 печатных листов текста в расчете на одного специалиста, работающего в узкой отрасли науки и техники. Такой рост печатных работ делает процесс изучения материалов довольно сложной задачей. В изучении материалов выделяют два этапа: поиск источника информации и ознакомление с источниками информации.

Первый этап – поиск источника информации. Изучение начинают с монографий, посвященных направлению, в котором предполагается проводить исследования. Этим достигают две цели: знакомятся с современной точкой зрения на исследуемую проблему, подходом к ней и методикой исследований;

знакомятся с основной литературой – монографии, как правило, имеют достаточно полный библиографический указатель.

В дальнейшем начинающему исследователю необходимо следующее:

– знакомиться с литературой, указанной в библиографии, т. е. с книгами, брошюрами, статьями в журналах, с диссертациями и пр.;

– просматривать реферативные журналы по соответствующему разделу науки и техники и информационные издания (экспресс-информация, информационные листки, сборники НИИ и отраслей промышленности);

– изучать специализированные журналы;

– изучать труды институтов, тезисы докладов конференций, авторефераты диссертаций.

Второй этап – ознакомление с источниками информации. Бытуют две крайности: либо просматривают оглавление книги и другие источники и, не находя там интересующего материала, теряют к источнику интерес; читают и даже конспектируют все подряд, не разделяя необходимое от излишнего. В первом случае возможна потеря информации по смежному вопросу. Правильнее строить этап изучения материала, разбивая его на две составляющие: ознакомление и чтение.

Если в процессе беглого ознакомления с информационным материалом появится необходимость детально ознакомиться с ним, все подряд читать не следует: установлено, что в научно-технической литературе только 30 % содержательного материала и читать книгу следует так, чтобы именно на нем концентрировалась мысль.

Исходя из всего вышесказанного, во главу угла выбора темы научного исследования должна быть поставлена проблема, к которой предъявляется ряд обязательных требований, и без соблюдения которых она не будет представлять интереса.

Основными требованиями являются актуальность, научная новизна и практическая значимость выполняемого исследования. Перечисленные требования являются обязательными для любой работы и определяют ее научную ценность. Исследования, результаты которых не могут быть использованы на практике и не заключают в себе решения важной проблемы, не имеют теоретической и практической ценности. Исключение составляют фундаментальные исследования. Фундаментальная наука представляет собой область познания, подразумевающая теоретические и экспериментальные научные исследования основополагающих явлений, и поиск закономерностей, руководящих ими и ответственных за их форму, строение, состав. Цель фундаментальных исследований заключается в лучшем понимании основополагающих принципов глобальных процессов и проблем. Зачастую конечные результаты таких исследований не несут прямой коммерческой выгоды: фундаментальные исследования начинаются потребностью в познании. В данном случае ученый-исследователь, вне зависимости от своей научной специальности, в большей степени выступает в роли философа, анализируя, сопоставляя и обрабатывая всю имеющуюся информацию по изучаемой теме, и

делает глобальное обобщение, формируя концепцию нового знания. В данном случае основы философских знаний и базовые философские теории, которые были рассмотрены в 1 главе, являются востребованными. При этом следует отметить, что имеющиеся противоречия в философских школах Г. Гегеля и К. Маркса при обсуждении чисто научных и научно-технических проблем сведены к минимуму и, как правило, дополняют друг друга.

В долгосрочной перспективе фундаментальные исследования, проводимые, как правило, научно-исследовательским институтами и университетами, могут стать основой многих коммерческих продуктов, а также определять тематику прикладных работ.

Итак, после выбора темы прикладного исследования перед ученым встает задача его проведения. Данное мероприятие выполняется в определенной последовательности и включает в себя ряд логических операций.

Как правило, проведению любого научного исследования предшествует процесс подготовки.

Подготовка к проведению научного исследования традиционно предполагает наличие нескольких этапов. Специалисты предлагают различные варианты методических рекомендаций. Заметим, что существующие рекомендации касаются в основном не наличия либо отсутствия того или иного этапа, а их последовательности. В связи с этим предлагаемые в методических рекомендациях этапы проведения исследования, включают в себя все элементы, признанные наукой, как необходимые составляющие исследовательской деятельности, и предлагают лишь особую, возможно, отличную от прочих рекомендации их последовательность, которая представляется наиболее удобной для практического применения.

Последовательность действий можно представить в следующем виде:

а) Определяется объектная область, объект и предмет исследования.

Научное исследование, в отличие от повседневного опытного познания, носит систематический и целенаправленный характер. Поэтому важной задачей является четкое определение сферы научно-исследовательской деятельности - ее объекта и предмета, своеобразной «системы координат» исследования. Работа над любым исследованием начинается с определения названной «системы». Ее составляют три элемента: «объектная область», «объект» и «предмет» исследования. Этот этап предшествует выбору темы исследования. Дадим краткие определения каждого из элементов «системы».

Объектная область исследования - это сфера науки и практики, в которой находится объект исследования. В школьной практике она может соответствовать той или иной учебной дисциплине, например математике, биологии, литературе, физике и т.д.

Объект исследования - это определенный процесс или явление, порождающее проблемную ситуацию. Объект - это своеобразный носитель проблемы - то, на что направлена исследовательская деятельность. С понятием объекта тесно связано понятие предмета исследования.

Предмет исследования - это конкретная часть объекта, внутри которой ведется поиск. Предметом исследования могут быть явления в целом,

отдельные их стороны, аспекты и отношения между отдельными сторонами и целым (совокупность элементов, связей, отношений в конкретной области объекта). Именно предмет исследования определяет тему работы.

Границы между объектной областью, объектом, предметом условны, подвижны. То, что в одном случае является объектом исследования, в другом - может стать объектной областью; то, что было в данном случае объектом, в ином случае предстает в качестве предмета исследования.

Например, если объектом одного исследования стали творческие связи русской и французской литератур XIX в., то в качестве предмета изучения здесь могут быть выделены особенности межкультурных заимствований. В работе иного характера, напротив, объектом могут стать межкультурные связи, а предметом - особенности взаимодействий русской и французской словесности.

б) Формулируется тема, проблема и актуальность исследования.

Тема - еще более узкая сфера исследования в рамках предмета. Выбор темы для многих является весьма трудным этапом. Часто учащиеся выбирают слишком масштабные или сложные темы. Такие темы могут оказаться непосильными для их раскрытия в рамках учебного исследования. Возможен и такой случай, когда учащийся в силу тех или иных причин выбирает тему, давно ставшую «общим местом» или являющуюся «неизвестной землей» лишь для еще не вполне осведомленного начинающего исследователя.

Тема - ракурс, в котором рассматривается проблема. Она представляет объект изучения в определенном аспекте, характерном для данной работы.

При выполнении курсантами, магистрантами и адъюнктами научных работ в рамках научного общества обучающихся, а также выпускных квалификационных работ приходится сталкиваться с уже рассмотренными ранее вопросами выбора темы. Чтобы облегчить процесс выбора темы, выделим основные критерии:

– желательно, чтобы тема представляла интерес для обучающегося не только на данный, текущий момент, но и вписывалась в общую перспективу его профессионального развития, т.е. имела непосредственное отношение к предварительно выбранной будущей специальности;

– выбор темы должен быть обоюдно мотивирован интересом к ней и ученика, и педагога. Это происходит тогда, когда сам научный руководитель занят исследовательской работой и в рамках избранной им сферы выделяет требующую разработки область для изучения ее обучающимся. В какой-то мере это может напомнить традиционные отношения «мастер - ученик»;

– тема также должна быть реализуема в имеющихся условиях. Это значит, что по выбранной теме должны быть доступны оборудование и литература. Примером реализуемой темы может служить тема «Исследование пожарной опасности древесины и ее производных». Заявленная тема не требует использования дорогостоящих приборов, не вызывает сложностей с выбором объекта исследований и не требует крупных материальных затрат.

Не менее важно с самого начала правильно сформулировать тему. Ведь тема - это своего рода визитная карточка исследования. Сразу оговоримся, что такая формулировка будет носить не окончательный, а предварительный характер. Здесь также целесообразно вспомнить о некоторых традиционных требованиях: тема должна быть сформулирована по возможности лаконично, а используемые при ее формулировке понятия должны быть логически взаимосвязаны.

Формулировка темы отражает сосуществование в науке уже известного и еще не исследованного, т.е. процесс развития научного познания. Вследствие этой причины очень ответственным этапом в подготовке исследования становится этап обоснования актуальности темы.

Обосновать актуальность выбранной темы исследования - значит объяснить необходимость изучения данной темы в контексте общего процесса научного познания. Определение актуальности исследования - обязательное требование к любой работе. Актуальность может состоять в необходимости получения новых данных и необходимости проверки новых методов и т.п.

Тема исследования выбирается с учетом ее актуальности в современной науке, и здесь главную помощь обучающимся оказывает его научный руководитель, ориентирующий начинающего исследователя в степени проработанности той или иной проблемы, в соответствии с чем и будет выбираться тема работы. Освещение актуальности, как и формулировка темы, не должно быть многословным. Не нужно начинать ее описание издалека. Одной страницы, чтобы показать главное, вполне достаточно.

Обосновывая актуальность избранной темы, следует указать, почему именно она и именно на данный момент является актуальной. Здесь желательно кратко осветить причины, по которым изучение этой темы стало необходимым и что мешало ее раскрытию раньше, в предыдущих исследованиях.

Несомненным показателем актуальности является наличие проблемы в данной области исследования.

*в) Выявляется, когда и почему возникает проблема?*

Как правило, ее появление связано с тем, что существующее научное знание уже не позволяет решать новые задачи, познавать новые явления, объяснять ранее неизвестные факты или выявлять несовершенство прежних способов объяснения, признанных фактов и эмпирических закономерностей.

Таким образом, можно представить проблему как некую противоречивую ситуацию, требующую своего разрешения. Разрешение этого противоречия самым непосредственным образом связано с практической необходимостью. Это значит, что обращаясь к той или иной проблеме, исследователю нужно четко представить, на какие вопросы практики могут дать ответ результаты его работы.

В любом научном исследовании очень важны правильная постановка и ясная формулировка новых проблем. Они определяют стратегию исследования, направление научного поиска.

На данном этапе работы не всегда можно точно определить тему исследования, пути и способы ее разработки и осуществления. Для этого необходимо изучить научную литературу по вопросу. После чего тема обычно уточняется, изменяется.

## **2.2 Выдвижение рабочей гипотезы**

Уточнив тему в результате изучения специальной литературы, исследователь может приступить к выработке гипотезы. Это один из самых ответственных моментов работы над исследованием. Сначала обратимся к определению самого понятия.

В переводе с древнегреческого гипотеза значит «основание, предположение». В современной научной практике гипотеза определяется как научно обоснованное предположение о непосредственно наблюдаемом явлении.

Анализ исходной информации позволяет сформулировать рабочую гипотезу. В современный период существующего в науке и технике знания в избранном направлении, как правило, вполне достаточно, чтобы поставить новую проблему или отметить нерешенный вопрос, однако недостаточно, чтобы их решить. Для этой цели необходимы новые научные знания, новые факты, т. е. объективные явления или процессы, которые совершаются в действительности и являются достоверными. Собрать факты – важнейшая составная часть научного исследования. Их собирают в соответствии с выдвинутой научной проблемой, но они сами по себе не составляют научного исследования. На первых этапах исследования факты нужны для выдвижения определенного предположения – рабочей гипотезы.

Открытие новой гипотезы затруднено потому, что часто нужно отказываться от шаблона, к которому привыкли, при этом настолько, что его считают безусловным. Рабочая гипотеза – это высказанное исследователем обоснованное предположение о вероятной причине возникновения наблюдаемых фактов либо о вероятном, предположительном развитии процесса или явления. Для гипотезы характерно то, что в ней формулируются положения с новым содержанием, выходящим за пределы имеющегося знания, выдвигаются новые идеи, носящие вероятный характер, на основе которых происходит поиск новых научных результатов. В этом и заключается суть и ценность гипотезы как формы развития науки.

Первоначально новая мысль появляется в форме догадки, выдвигаемой, чаще всего, интуитивно. Большое значение в этом процессе имеет научная фантазия, без которой в науке и технике трудно высказать новую идею. Чтобы догадка стала достоянием науки, необходимо превратить ее в научную гипотезу, заключив фантазию в строгие рамки, установленные наукой. Значит, далеко не всякое произвольное предположение о причине определенного явления – гипотеза. Гипотезой является только такое предположение, которое, во-первых, не противоречит научно установленным предположениям и законам в данной области науки и, во-вторых, вероятность истинности высказанного



предположения может и должна быть обоснована. Если высказанное предположение находится в противоречии с твердо установленными научными положениями, то его нельзя считать научной гипотезой. Например, «гипотеза» о возможности создания вечного двигателя, противоречащая закону сохранения энергии.

Рабочая гипотеза, как минимум, определяет причины, условия, движущие силы, обуславливающие развитие исследуемого явления. По максимуму, она дает полное или почти полное вероятное объяснение всего процесса развития исследуемого явления. Однако максимум может быть получен только в процессе теоретического или экспериментального обоснования выдвинутой гипотезы, т.е. в процессе научного исследования. Тогда обоснованная, подтвержденная и развитая рабочая гипотеза перерастает в научную теорию.

Гипотеза должна удовлетворять ряду требований:

- быть проверяемой;
- содержать предположение;
- быть логически непротиворечивой;
- соответствовать фактам.

При формулировке гипотезы обычно используются словесные конструкции типа:

- «если..., то...»;
- «так..., как ...»;
- «при условии, что...»,

т.е. такие, которые направляют внимание исследователя на раскрытие сущности явления, установление причинно-следственных связей. Процесс формулирования гипотезы не является одномоментным актом. Вначале лучше составить ее рабочий вариант - как первичное, временное предположение, служащее систематизации материала. После накопления значительного количества фактического материала рабочий вариант гипотезы уточняется, видоизменяется и приобретает вид окончательной научной гипотезы.

Достаточно полно и четко разработанная рабочая гипотеза существенно облегчает дальнейшую работу, позволяя заложить в методике теоретических и экспериментальных исследований вполне конкретные параметры, характеризующие изучаемое явление или объект, которые предположено измерить. Кроме того, правильно осуществленная предварительная аналитическая разработка гипотезы (математическое выражение) поможет наметить более полно и правильно основные направления последующего эксперимента, поскольку разработка теории должна предшествовать эксперименту.

Когда вопросы, связанные с обоснованием гипотезы, достаточно хорошо проработаны исследователь может переходить к выполнению важнейшей части исследования – собственно научному эксперименту. Для этого определяются его цели и задачи, выбор которых не стоит рассматривать как начало самостоятельного этапа – это продолжение ранее начатого, так как выработка цели и задач происходит уже в ходе разработки гипотезы. Следует отметить,

что любое деление на этапы достаточно условно, особенно в практической деятельности, какой является и деятельность научно-исследовательская. Тем не менее, такое деление необходимо в чисто учебных, объяснительных целях для того, чтобы максимально ясно обозначить все составляющие той или иной деятельности. На практике же названные этапы могут протекать параллельно, перекрещиваться и даже меняться местами в зависимости от конкретной ситуации исследования. Важно лишь всех их учитывать как необходимые элементы данного вида деятельности. Именно этим оправдывается предпринятое нами структурирование. Но вернемся к определению понятий целей и задач в контексте подготовки к исследованию.

### 2.3 Определение цели и задач исследования

В общем виде цель и задачи должны уточнить направления, по которым пойдет доказательство гипотезы.

*Цель исследования* - это конечный результат, которого хотел бы достичь исследователь при завершении своей работы. Выделим наиболее типичные цели. Ими может быть определение характеристик явлений, не изученных ранее; выявление взаимосвязи неких явлений; изучение развития явлений; описание нового явления; обобщение, выявление общих закономерностей; создание классификаций.

Формулировку цели исследования также можно представить различными способами - традиционно употребляемыми в научной речи клише. Приведем примеры некоторых из них. Можно поставить целью:

- выявить...;
- установить...;
- обосновать...;
- уточнить...;
- разработать...

Формулировать задачи необходимо очень тщательно, так как описание их решения в дальнейшем составит содержание глав. Заголовки глав рождаются именно из формулировок задач. Предложим одно из определений понятия «задача».

*Задача исследования* - это выбор путей и средств для достижения цели в соответствии с выдвинутой гипотезой. Задачи лучше всего формулировать в виде утверждения того, что необходимо сделать, чтобы цель была достигнута. Постановка задач основывается на дроблении цели исследования на подцели. Перечисление задач строится по принципу от наименее сложных к наиболее сложным, трудоемким, а их количество определяется глубиной исследования.

Цель - идеальное видение результата, который направляет деятельность человека. Исследователь для достижения поставленной цели и проверки положений сформулированной им гипотезы выделяет конкретные задачи исследования.

После формулирования гипотезы, целей и задач исследования следует этап определения методов.

*е) Выбираются методы исследования.*

Метод – это способ достижения цели исследования. Очевидна решающая роль выбора метода в успехе той или иной исследовательской работы. Методы научного познания делятся на общие и специальные. К общим методам относятся: теоретические, эмпирические, математические.

Теоретические методы:

– моделирование позволяет применять экспериментальный метод к объектам, непосредственное действие с которыми затруднительно или невозможно. Оно предполагает мыслительные действия или практические действия с «моделью»;

– абстрагирование состоит в мысленном отвлечении от всего несущественного и фиксации одной или нескольких интересующих исследователя сторон предмета;

– анализ и синтез. Анализ – метод исследования путём разложения предмета на составные части. Синтез – соединение полученных при анализе частей в нечто целое. Анализ и синтез существуют как целое. Методами анализа и синтеза проводится, например, начальный этап исследования – изучение литературы по теме исследования.

– восхождение от абстрактного к конкретному осуществляется в два этапа. На первом этапе единый объект расчленяется на части, описывается при помощи понятий и суждений; а на втором этапе восстанавливается исходная целостность предмета. Эмпирические методы:

– наблюдение;

– сравнение;

– эксперимент. Экспериментальное изучение объекта имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами.

Математические методы:

– статистические методы;

– методы и модели теории графов и сетевого моделирования;

– методы и модели динамического программирования;

– методы и модели массового обслуживания;

– метод визуализации данных (функции, графики и др.)

## **2.4 Цели и задачи экспериментального исследования**

Проведение научного исследования включает в себя два этапа: собственно проведение (так называемый технологический этап) и аналитический, рефлексивный этап.

Перед началом проведения эксперимента составляется рабочий план его осуществления.

В рабочем плане выделяют три части:

– необходимо указать цель планируемых экспериментов; перечислить необходимое для проведения эксперимента оборудование; формы записей в черновых тетрадах. В рабочий план включается так же первичная обработка и анализ результатов практических действий, этап их проверки. План должен предусматривать всё, что можно предвидеть уже на первом этапе. Определить объект, предмет исследования, методы;

– описание экспериментальной части работы. Содержание экспериментальной части зависит от темы работы, объектной области, в соответствие с чем определяется его специфика. Необходимо проанализировать насколько выбранные методы помогут подтвердить гипотезу, уточнить соответствие целям исследования;

– оформление результатов исследования. Прописывается способ экспертизы и представления результатов исследования – от рецензии до обсуждения в группе обучающихся и выступлений на научных мероприятиях. Чем чаще результаты подвергаются обсуждению в разных по составу аудиториях, тем лучше для её автора. На завершающем этапе целесообразно продумать способ представления результатов своего исследования, отработать формы представления в виде статьи и тезисов, осмыслить возможные рекомендации по практическому применению результатов, т.е. спланировать внедренческий этап исследования.

Важной частью выполнения данного этапа является составление так называемого план-проспекта.

План-проспект – это такой план, который представляет собой реферативное, более подробное изложение вопросов, по которым будет систематизироваться весь собранный фактический материал. План-проспект служит основой для последующей оценки научным руководителем обучающегося соответствия его работы целям и задачам проводимого исследования. По этому плану можно оценить содержание будущей исследовательской работы, принципы раскрытия темы, построение и соотношение объёмов отдельных её частей. Практически план-проспект – это черновое оглавление работы с реферативным раскрытием содержания её глав и параграфов. Наличие плана-проспекта позволит анализировать её результаты, проверить их соответствие намеченной цели и при необходимости внести коррективы.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определения понятиям: эксперимент, объект исследования, предмет исследования, опыт.

2. По каким признакам выполняется классификация экспериментальных исследований? Назовите основные виды эксперимента и раскройте их сущность.

3. Что включают в себя цели и задачи экспериментального исследования?

4. В чем заключается постановка проблемы исследования?
5. Что такое рабочая гипотеза?
6. В чем заключается подготовка и проведение экспериментальной части исследования?
7. Что такое информационный поиск?
8. Как производится составление методики исследования?
9. Какие цели преследует предварительная разработка исследования?
10. К чему сводится подготовка и проведение экспериментальной части исследования?
11. Как осуществляется анализ и обработка данных эксперимента?
12. Что включает в себя оформление результатов исследования?
13. В чем заключается прогнозирование научного исследования?
14. Раскройте сущность и задачи метода экспертных оценок?
15. Перечислите этапы экспертного оценивания.
16. Дайте определение понятию вероятность случайных событий.
17. На основании чего производится выбор входных и выходных переменных?

## **ГЛАВА 3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **3.1 Научный эксперимент. Классификация экспериментов**

Одним из наиболее ответственных этапов проведения научного исследования является экспериментальная проверка выдвинутых гипотез, призванные подтвердить их правильность. В каждом виде научной деятельности имеется свой набор приемов и методов доказательного исследования гипотезы. Для этого, как правило, прибегают к экспериментальным исследованиям, на основании которых при подтверждении правильности гипотезы может быть создана математическая модель изучаемого процесса или явления.

Эксперимент - это метод научного познания, при котором объект или явление исследуется в определенных, заранее оговоренный (или заданных) условиях, позволяющих наблюдать за ним и управлять его поведением, т.е. другими словами - экспериментом мы называем ту часть исследования, которая заключается в том, что исследователь осуществляет манипулирование переменными, и наблюдает эффекты, производимые этим воздействием на другие переменные. Эксперимент может быть многомерным в следующих двух отношениях. План эксперимента может содержать более чем одну «независимую» переменную (пол, год обучения, метод обучения арифметике, тип и размер шрифта в учебнике и т. д.). Или более чем одну «зависимую» переменную (число ошибок, скорость, количество правильных ответов, данные различных тестов и т. д.).

Что же представляет собой эксперимент, чем обоснована необходимость его проведения и каковы основные принципы проведения экспериментов?

Целью всякого эксперимента является проверка гипотез о причинной связи между явлениями: исследователь создает или изыскивает определенную ситуацию, приводит в действие гипотетическую причину и наблюдает за изменениями в естественном ходе событий, фиксирует их соответствие или несоответствие предположениям, гипотезам.

Нужно сказать, что эксперимент, как метод эмпирического исследования, начал активно применяться лишь с 20-х годов прошлого века. И по сегодняшний день эксперимент достаточно сложен по той простой причине, что организационные проблемы, связанные с проведением эксперимента, достаточно сложны и хлопотливы, а многие процессы по сей день мало изучены для выдвижения объяснительных гипотез. В данной ситуации для повышения степени научной обоснованности результатов исследования необходимо проводить повторные эксперименты, используя при этом различные их виды.

А собственно - какие виды эксперимента существуют?

Все эксперименты условно можно классифицировать по ряду признаков, а именно:

– по способу формирования условий: естественные, искусственные;

- по целям исследования: преобразующие, констатирующие, контролирующие, поисковые;
- по организации проведения: лабораторные, натурные;
- по характеру внешних воздействий на объект: вещественные, энергетические, информационные;
- по характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования: обычный, модельный;
- по типу моделей исследуемых в эксперименте: материальный, мысленный;
- по контролируемым величинам: пассивный, активный;
- по числу варьируемых факторов: однофакторный, многофакторный.

Дадим краткое пояснение каждому из них:

*Естественный эксперимент* чаще применяется в социальных, педагогических, биологических (реже технических, физико-математических, медицинских) исследованиях. Его сущность состоит в изучении явления (объекта) на реальном образе (реальной ситуации) в естественных условиях его функционирования. Примером естественного эксперимента может служить изучение поведения животных в заповеднике.

*Искусственный эксперимент* характерен для технических, естественных (реже для гуманитарных) наук. Он заключается в создании искусственных условий и изучении реального объекта на его аналоге - модели, сохраняющей основные свойства этого объекта. Например, для изучения процесса истираемости деталей в машине создается установка, позволяющая обеспечить трение движущихся деталей из того же материала, что и в реально работающих машинах. В качестве условий эксперимента выбираются: скорость движения, тип смазки, температурный режим и т.д.

*Преобразующий эксперимент* включает активное изменение структуры и функций объекта исследования с целью формирования новых свойств, качеств объекта и связей между его компонентами.

*Констатирующий эксперимент* проводится с целью проверки предположений, связей, полученных в ходе теоретического исследования.

*Контролирующий эксперимент* проводится с целью изучения (контроля) влияния на объект внешних воздействий.

*Поисковый эксперимент* проводится чаще всего в случаях, когда теоретических знаний в области исследования недостаточно, либо они отсутствуют вообще. Поисковый эксперимент имеет целью проведение начальной фазы исследования, на базе которой будет впоследствии формироваться научная гипотеза и продолжены теоретические исследования. По результатам поискового эксперимента устанавливается значимость факторов, осуществляется отсеивание незначимых.

Примером поискового эксперимента может служить народная медицина: люди издавна изучали воздействие трав и других естественных средств вначале на животных, а затем на себе. Запоминая положительные эффекты и отвергая отрицательные (либо фиксируя их негативность), люди создали систему знаний

о болезнях и лекарствах, которая до сих пор объясняется и осмысливается медицинской наукой.

*Лабораторный эксперимент* осуществляется в случаях, когда изучение объекта непосредственно в естественной среде его существования либо невозможно, либо затруднено по тем или иным соображениям (например, материальным). Он проводится на специально созданных установках, моделях, либо с использованием типовых, серийно выпускаемых приборов. Условия эксперимента заранее оговариваются с целью максимального приближения их к реальным условиям деятельности исследуемого объекта. Следует подчеркнуть, что данный вид эксперимента наиболее подходит для технических наук. Не являются исключением все отрасли пожарной науки – именно лабораторный эксперимент служит отправной точкой к изучению процессов и явлений на натуральных объектах.

*Натурный эксперимент* проводится на реальном объекте в естественных условиях его существования в течение длительного времени.

Если лабораторный эксперимент дает предварительную информацию по исследуемому объекту (явлению, процессу), натурный эксперимент, за счет реальных условий, уточняет и расширяет ее, повышает (либо опровергает) достоверность заключений, полученных в лаборатории.

*Вещественный эксперимент* предполагает изучение влияния различных вещественных факторов на состояние объекта исследования. Например, влияние легирующих добавок на качество стали.

*Энергетический эксперимент* используется для изучения воздействия различных видов энергии (электромагнитной, механической, тепловой и т.д.) на объект исследования.

*Информационный эксперимент* используется для изучения воздействия определенной (различной по форме и содержанию) информации. Используется в психологии, социологии и т.д.

*Обычный эксперимент* предполагает непосредственное изучение объекта исследования.

*Модельный эксперимент* предполагает изучение модели объекта. Например, аэродинамические характеристики автомобиля в аэродинамической трубе. Модельный эксперимент по сравнению с обычным имеет больше возможностей. Его недостаток - перенос результатов эксперимента с модели на объект, что требует дополнительных затрат и теоретического обоснования правомочности такого переноса.

Большее распространение получило исследование математических моделей с использованием ЭВМ. Оно позволило:

– повысить точность исследования проблем, по которым другие виды экспериментов либо невозможны, либо весьма затруднены по ресурсным, временным или иным причинам;

– путем анализа множества возможных вариантов поведения изучаемого объекта получить целостное представление о его свойствах, характере изменений функционирования.



*Материальный эксперимент* предполагает изучение материального объекта.

*Мысленный эксперимент* представляет собой вид познавательной деятельности, в которой структура реального эксперимента воспроизводится в воображении. Человек в уме оперирует пространственными образами, мысленно ставит тот или иной объект в различные положения и мысленно подбирает такие «экспериментальные» ситуации, в которых, как и в обычном опыте, должны появиться более важные или почему-либо интересные особенности данного объекта. В данном случае уместно вспомнить науку наук – философию. Именно философия – умение рассуждать и мыслить позволяет априори определить исход эксперимента, сформировать гипотезу, определить логику исследования.

Как правило, мысленный эксперимент проводится в рамках некоторой модели (теории) для проверки её непротиворечивости.

В качестве иллюстрации сказанного рассмотрим на примере правомочность предположения, что тяжелые тела падают быстрее легких. Пусть имеется два тела: тяжелое и легкое. Если считать, что тяжёлые тела падают быстрее лёгких, то тогда тяжелое тело должно падать с большей скоростью. Теперь представим, что тяжелое и легкое тела были соединены перемычкой и образовали новый, ещё более тяжёлый предмет. Он тяжелее, и, следовательно, должен падать быстрее, чем тяжелое тело. Но одновременно он должен падать медленнее, чем тяжелое тело, так как легкое тело должно тормозить движение тяжёлого. Обнаруживается противоречие, из которого можно сделать вывод о неправомочности данного предположения.

Ценность мысленного эксперимента, во-первых, состоит в том, что он позволяет исследовать ситуации, неосуществимые практически. Во-вторых, он позволяет в ряде случаев осуществлять познание и проверку истинности знаний, не прибегая к материальному экспериментированию.

*Пассивный эксперимент* предполагает контроль (изучение) поведения объекта по заранее обоснованным показателям без вмешательства исследователя в функционирование объекта. Примером пассивного эксперимента является ежедневный учет интенсивности автомобильного движения, пассажиропотоков на транспорте.

*Активный эксперимент*, наоборот, ориентирован на управление со стороны исследователя функционированием объекта исследования в нужном ему направлении.

*Однофакторный эксперимент* предполагает изучение объекта при поочередном варьировании одного фактора и стабилизации других.

*Многофакторный эксперимент* предполагает изучение объекта при варьировании всеми переменными одновременно. Влияние каждого фактора оценивается по результатам всей совокупности опытов проеденных в ходе эксперимента.

Кроме перечисленного выше эксперименты могут различаться:

- по характеру объекта и предмета исследования,
- по специфике поставленной задачи,

- по характеру экспериментальной ситуации,
- по логической структуре доказательства гипотезы.

По характеру объекта и предмета исследования следует различать социологические, экономические (хозяйственные), правовые, социально психологические, педагогические, психологические, эстетические эксперименты.

Различия между этими разновидностями экспериментов определяются спецификой соответствующих научных дисциплин, однако в некоторых случаях различные виды экспериментов могут быть тесно взаимосвязанными, базирующимися на одних и тех же процессах реальности.

Ранее отмечалось, что по характеру объекта исследования различаются реальные и мысленные эксперименты. Если в реальном эксперименте объяснительные гипотезы проверяются путем планомерного управления условиями социальной деятельности, то в мыслительном эксперименте проверке гипотез подвергаются не реальные явления, а информация о них. По той причине, что в мыслительном эксперименте отсутствует весьма важный признак экспериментирования - целенаправленное вмешательство в реальные процессы, преобразование объекта введением в действие экспериментального фактора, многие исследователи не рассматривают его в числе разновидностей социального эксперимента.

Также эксперименты можно классифицировать по специфике поставленной задачи:

1) Фундаментальные и прикладные исследования.

Фундаментальные исследования направлены на приобретение новых знаний, прикладные же - на получение практического эффекта.

2) Проективные и ретроспективные.

Проективные эксперименты направлены в будущее: исследователь проектирует проявления предполагаемых следствий, вводя в действие гипотетические причины.

Ретроспективные - направлены в прошлое: исследователь манипулирует информацией о совершившихся событиях, пытается проверить гипотезы о причинах, вызвавших имеющиеся следствия.

3) Одно- и многофакторные эксперименты.

В однофакторном эксперименте проверяется гипотеза о следствиях воздействия одной независимой переменной, в многофакторном эксперименте - целого комплекса переменных в их взаимодействии.

По характеру экспериментальной ситуации следует, прежде всего, различать контролируемые и неконтролируемые эксперименты. На результаты неконтролируемых экспериментов оказывают существенное влияние вне экспериментальные факторы, характер и степень влияния которых неизвестны, часто остается неизвестной и сама природа этих факторов. При контролируемом эксперименте контроль переменных означает выравнивание всех условий на экспериментальном и контрольном объекте, кроме воздействия экспериментального фактора, и периодическое измерение значений как экспериментальных, так и не экспериментальных переменных.

Попытки проведения контролируемого эксперимента, как правило, приводят к эксперименту лабораторному, то есть к такому эксперименту, когда пытаются искусственно создать условия, максимально приближенные, как к задачам исследования, так и к реальной ситуации. Одной из центральных проблем такого эксперимента является правильное введение в эксперимент, правильный инструктаж, а именно:

- 1) объяснение целей эксперимента (для чего все это предпринимается),
- 2) объяснение задач испытуемых (что они должны делать),
- 3) призыв к нормальному спокойному поведению «как всегда».

В полевом эксперименте ситуация воздействия экспериментального фактора гораздо более близка к естественным условиям, но вместе с тем и гораздо менее управляема и контролируема.

Среди полевых экспериментов различаются активно направленные и естественные. Активно направленным считается эксперимент, в котором исследователь активен: вводит в действие экспериментальный фактор, который, по его гипотезе, должен привести к определенным следствиям. Плюс к этому, исследователь стремится достичь того, чтобы испытуемые не знали о проводимом эксперименте. В естественном эксперименте изучаемый фактор не вводится экспериментатором, его воздействие вызвано естественным ходом событий.

Исследователь разыскивает подходящую ситуацию, где экспериментальный фактор находится лишь в естественной максимальной изоляции от других факторов и лишь наблюдает за развитием событий до и после воздействия изучаемого фактора, фиксируя их, насколько это возможно. Следует отметить, что остается спорным вопрос, являются ли подобные исследования разновидностью эксперимента или наблюдения. Многие существенные признаки эксперимента отсутствуют (активность исследователя, контроль переменных), но сохраняется объяснительная гипотеза и логическая схема ее доказательства.

Помимо всего вышесказанного, эксперименты могут также различаться по логической структуре доказательства гипотезы. В этом случае они делятся на параллельные (симультанные) и последовательные (сукцессивные) эксперименты.

В параллельном эксперименте доказательство опирается на сравнение состояний двух объектов, экспериментального и контрольного (в социальных исследованиях это, как правило, экспериментальная и контрольная группа людей) в одно и то же время. При этом экспериментальной является группа, на которую оказал воздействие экспериментальный фактор, контрольной - где этого воздействия не было.

В последовательном эксперименте контрольная группа отсутствует. Одна и та же группа является контрольной до введения экспериментального фактора и в качестве экспериментальной после того, как этот фактор оказал (или мог бы оказать) предполагаемое воздействие.

Рассмотрев возможные варианты классификации экспериментальных исследований, вернемся к насущным задачам, с которыми сталкивается каждый исследователь.

В данном случае исследователю необходимо осуществить выбор экспериментального метода, входных и выходных факторов, которые будут определять сложность проводимого исследования и оказывать существенное влияние на доказательную часть выдвинутой гипотезы.

### **3.2 Подготовка и проведение экспериментальной части исследования**

Исходным обязательным документом для проведения эксперимента является техническое исследование, определяющее цель, содержание, порядок работ, а также намеченный способ реализации намеченных действий. Техническое задание разрабатывается на основе научного прогнозирования, анализа передовых достижений отечественной и зарубежной науки и техники в данной и смежных областях знаний.

Основные этапы НТИ:

- информационный поиск и составление методики исследования;
- предварительная разработка исследования;
- подготовка и проведение экспериментальной части исследования;
- обработка данных эксперимента, анализ и обобщение результатов;
- внедрение законченных разработок в промышленность.

### **3.3 Информационный поиск и составление методики исследования**

Источники информации – научные статьи, отчеты, рефераты, аннотации, патенты и т.п. подвергаются всестороннему анализу для подготовки реферата о состоянии вопроса в исследуемой области. Результаты анализа удобнее всего оформлять в виде картотеки. Картотеки являются исходным для составления *реферата о состоянии вопроса*. Качество и полнота реферата во многом определяют окончательный выбор темы, ее содержание и объем исследования. Объем реферата не должен превышать 15 страниц (для крупных исследований – 25 страниц). Обычно принимается следующая структура реферата:

Заглавный лист. На нем помещаются название, фамилии основных авторов, дата.

Аннотация. Здесь поясняется о чем идет речь, с какой целью составлен реферат, и приводится основное заключение.

Оглавление. Содержит наименования разделов и номера страниц.

Текст реферата (основное содержание). Он разделяется на параграфы (1,2,3 и т.д.) и под параграфы (1.1, 1.2, ...; 1.1.1, 1.1.2 и т.д.).

Заключение. Здесь помещают общие выводы, количество которых обычно не превышает десяти.

Приложение. В нем более подробно излагаются отдельные вопросы, представляющие интерес.

Список литературы.

В основном содержании реферата прежде всего анализируют исходные посылки и условия, принятые автором источника. Для этого разбирают основные явления, происходящие в объекте исследования, анализируют принятые допущения и ограничения, проверяют основные ссылки на литературу. Далее изучают модель, принятую автором, выясняют степень адекватности модели и исследуемого объекта, анализируют окончательные формулы и выводы работы. Во время проверки выводов удобно задаваться крайними значениями для выявления области, в которой полученные закономерности справедливы. Рассматривая экспериментальную часть, выясняют, при каких условиях производились опыты, какая измерительная аппаратура использовалась и как обрабатывались результаты. Выводы автора источника анализируют, отделяя факты от желания исследователя. Затем сопоставляют выводы различных авторов. В заключении реферата подытоживают состояние вопроса на основании достоверных фактов, а затем излагают цель исследования (постановку задачи). Цель должна быть сформулирована ясно и четко.

Если цель исследования – разработка способа получения чего-либо или создание определенного устройства (конструкции), то обязательным этапом является патентное исследование, которое необходимо для обеспечения патентной чистоты исследований.

Следующим этапом является составление предварительного плана исследования, способствующего его проведению наиболее экономичным способом и при максимальной эффективности.

### **3.4 Предварительная разработка исследования**

На данном этапе, прежде всего, определяются фундаментальные закономерности, которым подчиняется исследуемый процесс или явление, обосновывается и формулируется предварительная (рабочая) гипотеза, а также осуществляется ее информационное и логико-математическое развитие с получением выводов, соотношений, формул.

При построении информационной (описательной) модели процесса или устройства устанавливаются причинно-следственные связи между характеристиками объекта исследования. В частности, выявляется, что происходит в объекте, под действием каких факторов, какова динамика процесса, какие ограничения имеют место и какие допущения можно сделать без существенного искажения действительной картины явления.

После выбора и обоснования математического аппарата информационная модель переводится на математический язык и проводится анализ математической модели для получения конкретных выводов, расчетных характеристик.

Если объект исследования достаточно сложен и эффективную математическую модель получить не удастся, основное внимание обращают на методы проведения эмпирического исследования, максимально используют

информационную модель процесса как наиболее близкую к физической природе исследуемого явления.

В результате анализа рабочей модели необходимо выявить влияние различных факторов на функционирование объекта, определить конкретные процессы и характеристики, которые предстоит исследовать экспериментальным путем.

Этап заканчивается выдачей технического задания на проектирование экспериментальной установки, на базе которого производится разработка самого проекта.

Для этого реализуется проект экспериментальной установки. Если объектом исследования является математическая модель процесса или устройства, то адекватность математической модели исследуемому процессу должна быть выполнена на этапе предварительной разработки исследования. Одновременно оформляется конкретный план эксперимента, где указывается, какие величины в процессе эксперимента должны иметь постоянные значения, а какие будут изменяться. Устанавливаются диапазоны изменения переменных, уточняется, какие измерения и в каких условиях предстоит сделать, какова последовательность измерений, их представительность и т.д.

### **3.5 Выбор входных и выходных переменных**

Экспериментальные методы – это схемы последовательностей операций исследователя, определяемые строением научного эксперимента.

Строение эксперимента можно изучать на различных уровнях. В зависимости от этого фиксируемые нами методы будут характеризоваться той или иной степенью детализации. Рассмотрение общего строения эксперимента поможет установить схему последовательностей операций исследователя, характерную для любого эксперимента. Это – наиболее общая и универсальная схема. Последующая детализация экспериментальных методов приведет лишь к выделению экспериментальных процедур, характерных для определенных областей исследования.

В познавательном цикле наряду с экспериментом в каждом элементарном акте осуществляются процессы счета и измерения. В связи с этим возникают специфические методы счета и измерения. Хотя счет и измерения являются необходимыми процессами в развитии науки, мы вынуждены абстрагироваться от них. Процедуры счета и измерения дополняют процедуры эксперимента. Тот факт, что на основе установленных количественных характеристик в науке часто удается сделать выводы относительно строения объекта познания и законов его функционирования, не меняет дела. Действительно читаются и измеряются лишь конкретные элементы строения объекта познания. Следовательно, в процессе счета и измерения всегда присутствует считаемый и измеряемый объект. Кроме этого, методологические модели изучаемого объекта, созданные на основе счета и измерений, должны быть подтверждены или опровергнуты экспериментом.

Особое место в экспериментальных исследованиях занимают математическая обработка результатов счета и измерений, а также построение математических моделей предмета познания, которые играют важную роль в научных исследованиях. Однако, чтобы говорить об этих методах корректно, необходимо подвергнуть специальному анализу процесс познания в математике. В этих условиях математические методы можно описывать в терминах математики, что для целей методологического анализ совершенно недостаточно. Конечно, абстрагируясь от математических методов, упрощается решаемая проблема. Однако такое допущение возможно и даже необходимо. Эксперимент надлежит исследовать независимо от математической обработки результатов счета и измерения. Изучение относительно самостоятельной процедуры исследования в методологии – предпосылка для изучения функционирующего комплекса методов в том или ином познавательном цикле.

Экспериментальные методы определяются не только объектом познания, но и строением процесса познания. Такая схема, определяемая строением эксперимента, является правильно построенной схемой операций ученого в эксперименте или экспериментальным методом. Став фиксированным исследователем, такой метод становится алгоритмом его действий.

Если установленное общее строение эксперимента рассмотреть с методологической точки зрения, то экспериментальный метод может быть описан следующей цепочкой последовательных операций:

1. Постановка задачи на конструирование эксперимента как такой подсистемы, взаимодействия которой не определяются человеком.

2. Гипотетическое изменение предмета познания соотносится с имеющимися знаниями о природных или общественных объектах, выбирается элемент, преобразующий средство познания, а также соответствующее ему изменение. Результаты выбора проверяются исследователем и корректируются в зависимости от контекста поставленной задачи.

3. Разрабатывается конструкция средств познания для реализации взаимодействия преобразующего элемента средства познания с предметом познания, при этом решаются следующие задачи:

а) разработка системы подготовительных изменений средства познания и его конструкции,

б) включение преобразующего элемента в средство познания,

в) исключение влияния подготовительных изменений на преобразующие изменения.

Если, осуществляя эти (а, б, в) операции, ученый сталкивается с принципиальной, технической или экономической неосуществимостью, тогда выбирается новый преобразующий элемент, либо начинается новая познавательная задача.

4. Создается конструкция средств познания, но с таким расчетом, чтобы во взаимодействии «преобразующее изменение средства познания → изменение предмета познания» на долю ученого оставалась лишь операция пуска и остановки. Благодаря этому создается подсистема тел, взаимодействия и изменения которой определяются ее строением и не зависят от деятельности

ученого в эксперименте. Что же касается функций последнего в эксперименте, то они образуют сложную систему познавательной деятельности. Ученый должен контролировать течение процесса, фиксировать изменение предмета познания, устанавливать соответствие взаимодействия мысленной модели, в соответствие с которой такое взаимодействие конструировалось.

5. Производятся средства познания.

6. Соотносятся гипотетическая модель изменения предмета познания с имеющимися знаниями об объекте, и выбирают систему, которая имеет в своем составе предмет познания.

7. В выбранной системе выделяется объект и предмет познания. Для этого имеющиеся знания об объекте познания используют для конструирования изменений выбранной системы, которые в эксперименте приняли бы заданную форму. Совокупность заданных изменений объекта познания осуществляется, прежде всего, с помощью средств познания.

8. Конструктивно выделяются познавательные изменения предмета познания (с помощью преобразующих изменений средства познания и заданных изменений объекта познания). Поскольку такие изменения заданы, всякое новое изменение предмета познания будет соответствовать или не соответствовать гипотетической модели познавательного изменения и, следовательно, подтвердит или опровергнет гипотетическое предположение.

9. На стадии подготовки эксперимента производятся заданные изменения предмета познания. По мере надобности конструируются необходимые средства познания. Если заданные изменения должны иметь место в ходе эксперимента, тогда средства производства включаются в конструкцию средства познания.

10. Конструктивно обеспечивается взаимодействие преобразующего изменения средства познания и познавательного изменения предмета познания.

11. Конструктивно обеспечивается связь между заданными изменениями объекта познания и познавательными изменениями предмета познания.

12. В тех случаях, когда можно задать различные и контролируемые исследователем состояния системы, разрабатываются необходимые для этого конструкции средств познания.

13. Разрабатывается подсистема фиксации результатов эксперимента;

14. Разрабатывается подсистема счета и измерения.

15. Устанавливается необходимая, конструктивно оформленная связь между взаимодействием подсистем фиксации результатов эксперимента и счета и измерения.

16. Отлаживается взаимодействие «преобразующее изменение средства познания → изменение предмета познания». При этом особое внимание обращается на соответствие этого взаимодействия тем моделям, которые были созданы исследователем.

17. Осуществляется элементарный акт процесса познания. При этом исследователь выполняет пуск, контроль за протеканием и выключение взаимодействия, упомянутого в п. 16.



18. Фиксируются результаты эксперимента в образах познавательных изменения предмета познания.

19. Образы познавательных изменений предмета познания переводятся в протокольные записи (описываются предложениями).

Приведенная схема последовательностей операций в эксперименте является весьма общей. Каждый ее пункт, в свою очередь, состоит из определенной последовательности операций.

Схема последовательности операций в эксперименте образует систему и поэтому порядок ее элементов фиксирован. Экспериментатор не может начать работу, пока не будет построена гипотетическая модель. Без соотнесения гипотетического изменения предмета познания с имеющимися знаниями об объекте познания нельзя выбрать преобразующее изменение средства познания. Это делает невозможной процедуру разработки подготовительных изменений и соответствующих им конструкций элементов средства познания.

Важнейшим условием выполнения экспериментального исследования является правильный выбор экспериментатором входных и выходных параметров.

Интерполяция экспериментальных данных и оценка погрешностей и неопределенностей результатов измерения позволяют выявлять закономерности между значениями выходных параметров и вариантами сочетаний влияющих факторов, т.е. решать типичную задачу построения многофакторной эмпирической модели по экспериментальным данным. Решение таких задач относится к математическому направлению, которое носит название планирования экспериментов. Это направление подразумевает использование таких математических методов, как метод минимальных квадратов, регрессионный анализ, многофакторный анализ и т.д., подчиняя эти методы одной цели – выбору математической модели, описывающей статистические данные.

В то же время методы, используемые в планировании экспериментов, дополняют друг друга, позволяют учитывать особенности полученных результатов измерения. Так метод наименьших квадратов, позволяющий определять параметры аппроксимирующей зависимости, становится регрессионным анализом, как только переходят к статистическим оценкам параметров этой зависимости.

Входные параметры, которые оказывают влияние на состояние объекта и могут быть измерены, называют факторами. Каждый фактор характеризуется областью определения, которая должна быть установлена до проведения измерений. Эта область может быть дискретной или непрерывной, причем, во втором случае проводят искусственную дискретизацию.

Границы области определения каждого отдельного фактора обусловлены:

– его физической природой (значения яркости изображения при оценке качества изображения соответствуют зрительному восприятию),

– конкретными условиями, характерными для данного объекта исследования (временем действия, условиями в кинотеатре, стоимостью оборудования),

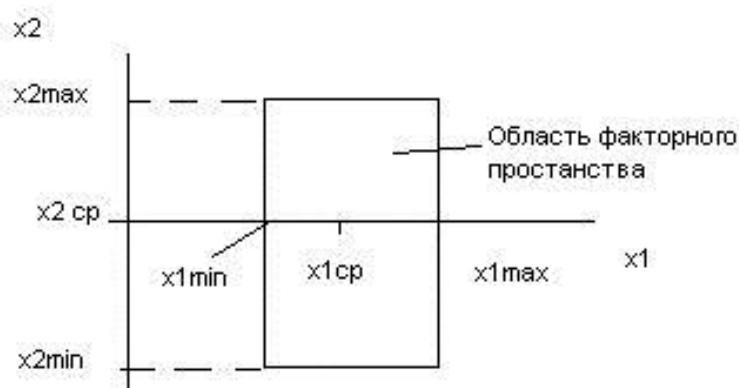
– возможностью совмещения факторов и т.д.

Каждую конкретную комбинацию факторов можно рассматривать как точку в многомерном факторном пространстве. Для того чтобы получить как можно больший объем статистических экспериментальных данных, на которых основывается формулируемая математическая модель, необходимо рассмотреть возможности моделирования значений влияющих факторов, т.е. их достаточную управляемость.

Область возможных комбинаций факторов называют областью возможных планов эксперимента или факторным пространством:

$$X_{1\min} \leq X \leq X_{1\text{cp}} \quad (3.5.1)$$

Графическое изображение области возможных планов эксперимента при двухфакторном эксперименте приведено на рис.3.5.1.



**Рис.3.5.1.** Область возможных планов эксперимента

Выходной параметр  $Y$ , определяющий состояние объекта, может быть принят за критерий оптимальности, целевую функцию. Графическое изображение этой функции называют поверхностью отклика. Ее значение зависит от значений входных параметров.

Выходными характеристиками могут быть

- экономические (стоимость, производительность),
- технологические (точность, качество),
- конструктивные,
- надежностные (вероятность безотказной работы) параметры.

Общая схема постановки задачи, приведенная на рис.3.5.2 четко показывает роль и значение входных и выходных параметров в данном процессе



**Рис.3.5.2.** Общая схема постановки задачи

Этап экспериментальных проверок заканчивается оформлением результатов эксперимента в виде протокола исследования.

### 3.6 Экспериментальные результаты. Анализ и обработка данных

Любой эксперимент должен заканчиваться обработкой полученных данных и представлением результатов в виде таблиц, графиков, формул статистических оценок, а также в виде словесных описаний.

После обработки результатов эксперимента проводят проверку и (в случае необходимости) коррекцию первичной гипотезы. После этого оценивают и объясняют расхождения между результатами первоначальной разработки и его экспериментальной части.

После обработки результатов эксперимента можно переходить к оформлению результатов исследования.

Материалы, полученные при проведении НТИ, должны быть обработаны, систематизированы и помещены в *отчет*.

Обычно принимается структура отчета в соответствии с «ГОСТ 7.32-2017. Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Титульный лист.

Список исполнителей.

Реферат. Оглавление (содержание).

Перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов.

*Введение.* Здесь обосновывается актуальность и выполнимость выбранной темы исследования, приводится краткая характеристика современного состояния исследуемой проблемы и формулируется цель исследования

*Основное содержание отчета.* Вначале обычно дается обзор литературных источников. В обзоре в основном помещают материалы реферата о состоянии вопроса. Далее последовательно излагается ход и результаты предварительной разработки исследования и экспериментальной его части. Разделы, в которых излагается основное содержание исследования, должны завершаться обобщением полученных результатов и описанием их возможного применения.

*Заключение.*

*Список использованных источников.*

*Приложение.*

Финальным этапом исследования является внедрение законченных разработок в промышленность. Под *внедрением* понимается передача промышленности (отраслевому НИИ, конструкторскому бюро, проектному институту, производственному объединению или предприятию) научной продукции. Процесс внедрения научной продукции в производство обычно состоит из двух этапов – опытно-промышленного и серийного внедрения.

Занимаясь разработкой научной проблемы, исследователь должен уметь проводить априорную оценку своих идей. Такая оценка является по сути своей прогнозом – предположением о возможных результатах проводимого исследования. Проблема научного прогнозирования может в ряде случаев

рассматриваться как самостоятельный научный эксперимент, основывающийся на ранее полученных знаниях и накопленном практическом опыте. Для правильного понимания этого необходимо детальное рассмотрение вопросов научного прогнозирования.

Следует заметить, что рассмотренные выше вопросы являются важными компонентами системного подхода при планировании научного эксперимента. В настоящее время обработка результатов большинства научных исследований проводится с использованием методов статистической обработки данных. Важным является и тот факт, что эти данные носят вероятностный характер, что должно быть учтено и оценено экспериментатором.

Таким образом, становится понятна суть и логика проведения научного исследования, методы и приемы его проведения. Однако остается неясным - в какой последовательности проводить научный эксперимент, как оценить материальные затраты, а также затраты сил и времени на практическую реализацию научного исследования?

Решить эту проблему помогает планирование научного эксперимента.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определения понятиям фактор, отклик, функция отклика.
2. Сформулируйте общие цели и задачи планирования экспериментов.
3. Что собой представляют простые (однофакторные) планы?
4. В чем заключается факторное планирование эксперимента?
5. К чему сводится формальное планирование эксперимента?
6. На основании чего основывается принятие решений перед планированием эксперимента?
7. Перечислите основные методы планирования экспериментов.
8. Что понимается под логическими основами планирования?
9. Раскройте сущность планирования первого порядка.
10. Что такое полный факторный эксперимент типа  $2^k$ ?

## ГЛАВА 4 ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1 Методика разработки программы эксперимента. Структура планов проведения эксперимента

Принято считать, что существуют пять путей обновления научной деятельности:

- развитие своего собственного опыта;
- заимствование кем-то созданного опыта, причем особенно ценна авторская переработка заимствованного опыта;
- освоение научных разработок;
- путь проб и ошибок (имеются в виду не слепые пробы, а мысленные, с обратной связью);
- эксперимент, включающий опытно-поисковую работу.

Эксперимент - направленная и контролируемая деятельность по созданию и апробированию новых технологий, методов, моделей и т.д. Эксперимент - метод исследования, предполагающий выделение существенных факторов, влияющих на результаты научной деятельности, и позволяющий варьировать эти факторы в целях достижения оптимальных результатов.

Следует отметить, что чем выше статус или масштаб эксперимента, тем более детальной и сложно организованной должна быть его программа.

До начала эксперимента необходимо разработать его программу, в которой планы, ожидания исследователя, диагностический инструментарий собраны в некую целостность, которая поможет управлять научным поиском, вносить, по необходимости, коррекцию (контролируемые изменения) в научно-исследовательский процесс.

По завершении определенного этапа эксперимента необходимо проанализировать полученные результаты, которые обычно оформляются в виде рефлексивного отчета, справки о результатах, доклада, реферата, заметки, статьи и т.д.

Полученные в эксперименте результаты должны быть доказательными, а действия экспериментатора - осознанными. Без осмысления исследователь не сможет понять и четко отвечать на вопросы: что он делает как экспериментатор, почему так действует, что собирается получить и как собирается проверить результат, что получилось в итоге, подтвердились ли ожидания.

Поэтому создание программы эксперимента пошагово должно выглядеть таким образом:

1. мотивационный уровень («хочу»);
2. самоопределенческий уровень («могу»);
3. проектировочный уровень («как сделать»).

Структура программы эксперимента включает такие компоненты, как:

- противоречие,
- проблема,
- объект,
- предмет эксперимента,
- экспериментальная идея,
- замысел, цель и задачи эксперимента,
- этапы его практического выполнения.

Потребность в эксперименте возникает всякий раз, когда в практике возникает проблемная ситуация, проявляется противоречие, затрудняющее научный или технический процесс, не позволяющее ему достигать желаемого результата. Возникает ситуация, при которой профессиональных знаний оказывается недостаточно для разрешения возникшей проблемы. Проблема всегда должна быть актуальной. Иначе говоря, необходимо продумать, какие затруднения, противоречия в практике заставляют отказаться от традиционного пути (программы, методики, технологии и т.п.) и начать поиск нового или из каких потребностей вытекает необходимость именно данной опытно-экспериментальной работы. В ходе этого совершенно необходимого этапа будущий экспериментатор ищет ответ на вопросы: «Актуальна ли идея? Стоит ли тратить силы? нет ли в литературе уже готового ответа на мучающие потенциального исследователя вопросы?».

Актуальность идеи и замысла определяется тем, что затруднения носят всеобщий характер, что их преодоление необходимо для решения назревших задач развития образования и становления личности.

Так появляется идея эксперимента и формулируется тема исследования.

Экспериментальная идея - это общее представление о предполагаемом направлении деятельности исследователя в создавшейся проблемной ситуации, некоторое представление о желаемом результате.

Конкретизируется идея эксперимента в его замысле, который предполагает описание процесса реализации идеи, пошаговые действия к достижению цели эксперимента. Главная проблема, возникающая при разработке замысла, заключается в том, как воплотить идею на практике.

Замысел эксперимента претворяет идею в конкретные формы, в некую программу действий и требует определенных методов ее воплощения.

Замысел может содержать логическую схему разворачивания действий; принципы отбора учебного материала; выделение центральных мыслей, ведущих положений, методы, организационные формы.

Идея и замысел эксперимента позволяют экспериментатору определить объект экспериментирования –научно-техническое пространство, область, в границах которой находится то, что будет изучаться. Здесь основной вопрос: что исследуется? Чаще всего - это определенный процесс (технологический, научный, технический, социальный, обучения, воспитания, социализации, становления личности, управления и др.). Объектами исследования могут быть технологический процесс, преподавание какого-то предмета, система управления и т.п.

Чтобы конкретизировать, на что именно направлено научное воздействие - на какие свойства, связи, отношения - нужно выделить предмет исследования.

Это конкретная часть объекта или процесс, в нем происходящий, или аспект проблемы, своего рода «угол зрения», который, собственно исследуется.

Предмет, таким образом, отвечает на вопрос: как рассматривается объект: какие свойства, отношения, функции выделяются в объекте; какая часть объекта будет раскрываться в данном экспериментальном исследовании?

Цель эксперимента отвечает на вопрос: Чтобы успешно и с минимальными затратами времени справиться с формулированием цели, нужно ответить себе на вопрос: «Что ты хочешь создать в итоге организуемого эксперимента?». Этим итогом могут быть: новая методика, классификация, новая программа или учебный план, алгоритм, структура, новый вариант известной технологии, методическая разработка и т.д. Очевидно, что цель любого эксперимента, как правило, начинается с глаголов: выяснить, выявить, сформировать, обосновать, провести, определить, создать, построить.

Кроме цели в программе эксперимента определяют его задачи. Они требуют ответа на вопрос: какие промежуточные результаты нужно получить, чтобы достичь цели, и какие шаги нужно сделать при этом?

Задачи эксперимента выступают как более конкретизированные по отношению к общей частные цели эксперимента. Их можно определить как шаги к достижению цели. Они определяют круг под проблем, которые нужно решить в ходе эксперимента.

Эксперимент бывает довольно длительный и протяженный во времени, поэтому возникает потребность в выделении его этапов. Например, если цель эксперимента - разработать методику оптимальной организации какого либо процесса в определенных условиях, то эта цель может предполагать следующий набор задач:

- определить и обосновать оптимальную продолжительность процесса с учетом нагрузки оборудования;
- определить способы корректировки производственных программ в связи с вносимыми усовершенствованиями;
- разработать новый график технологических режимов;
- изучить разные варианты загрузки оборудования и технологических перерывов;
- разработать рекомендации по организации регламентных работ и содержанию оборудования в исправном состоянии;
- выявить динамику перегрузок оборудования и вероятный ресурс наиболее нагруженных узлов и др.

Гипотеза эксперимента - это развернутое неочевидное предположение, где максимально подробно изложены модель, будущая методика, система мер, технология, механизм того нововведения, благодаря которому ожидается получить высокую результативность (или новые результаты, которых не было прежде) научно-технического процесса.



Разумеется, в ходе эксперимента гипотеза может уточняться, дополняться, развиваться, отвергаться. Но без гипотезы нет, и не может быть никакого эксперимента.

*Схема гипотезы:* Если (идея и замысел как ядро гипотезы), то (предполагаемый результат), так как (объяснение эффекта).

На основе анализа всей программы эксперимента, обязательного учета реальных учебных и возможностей, обсуждения программы с коллегами, ее научной экспертизы экспериментатор, прежде чем приступить к реализации программы, к дальнейшему поиску, обязан сделать прогноз:

- а) возможных (ожидаемых) положительных результатов;
- б) возможных потерь, негативных последствий.

Ранее отмечалось, что методы опытно-экспериментальной работы условно делятся на две группы: эмпирические и теоретические.

- Эмпирические (основанные на опыте) методы включают: изучение литературы по теме эксперимента, нормативных, инструктивно-методических документов, анализ документации, наблюдение, опросы (интервью, анкетирование), тестирование, обобщение опыта, определение рейтинга.

- Теоретические методы включают: историко-генетический метод, моделирование, сравнение, обобщение, абстрагирование, классификацию, систематизацию, синтез, аналогию.

Этапы эксперимента определяют некоторые части, промежуточные результаты и последовательность их достижения. Части позволяют в определенные временные интервалы преемственно реализовать систему мер, заложенную в гипотезе. Этапы служат для фиксации промежуточных результатов, их оценивания и корректировки.

## **4.2 Этапы подготовки и проведения эксперимента**

### *I. Диагностический этап.*

Анализ затруднений исследователя, изучение литературы, опыта преодоления аналогичных затруднений другими, анализ научно-технического процесса, выявление и формулировка противоречий, которые можно разрешить с помощью нововведения. Выявление проблемы и обоснование ее актуальности.

### *II. Прогностический этап.*

Постановка целей и задач, формулирование гипотезы, прогнозирование ожидаемых положительных результатов, а также негативных последствий. Разработка программы эксперимента, построение модели процесса, новой технологии, формулирование гипотезы.

### *III. Организационный этап.*

Создание всех необходимых условий для обеспечения разработки и освоения новшеств: материальных (помещения, необходимое оборудование, мебель, и т.п.); кадровых; научно-методических (разработка, приобретение текстов новых программ, технологий, методик, вариантов поурочных планов, тестов, анкет, дидактических материалов и т.п.); финансовых; мотивационных

(работа по стимулированию творческой деятельности педагогов, их интереса к экспериментальной работе, создание благоприятного для этой работы морально-психологического климата и т.п.); организационных (создание новых органов, введение новых субъектов управления).

#### *IV. Практический этап.*

Фиксация исходного состояния экспериментирования (констатирующие срезы), реализация заложенных в гипотезе нового содержания, организационных форм, технологии (программы, методики, системы мер и т.п.), отслеживание процесса, результатов, корректировка нововведений, контрольные срезы.

#### *V. Обобщающий этап.*

Обработка данных, соотнесение результатов эксперимента с поставленными целями, корректировка гипотезы, оформление и описание хода и результатов эксперимента.

В программе также указывается время начала эксперимента и предполагаемого завершения, то есть сроки эксперимента.

### **4.3 Оценка результатов эксперимента**

Рекомендуется сводить все конкретные показатели как минимум к двум, которые во всех случаях являются показателями эффективности (или даже оптимальности).

*Критерий результативности.* Если, например, экспериментируется новая технология, то ее результаты должны удовлетворять хотя бы одному из перечисленных условий:

- а) быть выше прежних результатов для конкретного случая;
- б) быть выше результатов, типичных для научной отрасли в целом;
- в) быть оптимальными.

При всей вариативности показателей нужно обязательно учитывать ведущие показатели, вернее их динамику в процессе эксперимента.

*Критерий затрат времени.* Поскольку время является хронически дефицитным ресурсом, прогрессивной можно признать только ту методику, разработанную в ходе эксперимента, которая предполагает для достижения одного из вышеназванных результатов сокращение затрат времени по сравнению с типовыми, прежними, нормативными или хотя бы не предполагает увеличения этих затрат. Не будем забывать, что время - это универсальный, интегральный показатель эффективности любого труда, к экономии времени в конечном счете сводится любая экономия (сил, средств, финансовых, кадровых, материальных и всех других ресурсов).

Положительно оцениваются только те эксперименты, в которых по всем показателям, критериям и т.п. не обнаружена отрицательная динамика.

*Резервное время.* Поскольку, начиная эксперимент, исследователь не может гарантировать абсолютный успех всего задуманного, необходимо в программу заложить резервное время на случай неудачи, отрицательных

результатов, чтобы за это время доучить детей по традиционным методикам, компенсировать недостатки.

*База эксперимента.* В эксперименте могут быть заняты вся отрасль производства (науки), отдельные предприятия (институты), цеха (лаборатории) и т.д. Здесь необходимо определить собственно экспериментальные и контрольные объекты для сравнения. При этом необходимо учесть, что работа в контрольных группах и подгруппах (где эксперимент не проводится) должна идти не стихийно, а служить предметом пристального внимания, быть хорошо организованной, идти хотя и в традиционных формах, но на уровне современных требований.

*Работа с участниками эксперимента.* Если речь идет об исследователях, психологах, воспитателях, методистах, руководителях, то ясно, что для достижения необходимой заинтересованности им не только должны быть ясны затруднения, которые предстоит преодолеть, значимость работы, ее цель и предполагаемые результаты, но они должны быть соучастниками составления программы, внести в неё свою лепту.

*Критерии оценки ожидаемых результатов эксперимента.* Они - важнейший и обязательный компонент программы. Критерии непосредственно связаны с целями, и задаваться они должны до начала экспериментальной работы именно в программе эксперимента. Это требование носит категорический характер, чтобы избежать случаев, когда сначала выполняется опытно-экспериментальная работа, а потом подбираются «нужные», приемлемые критерии, по которым результаты обязательно окажутся положительными.

Все вышесказанное можно представить в виде схемы, приведенной на рис.4.3.1

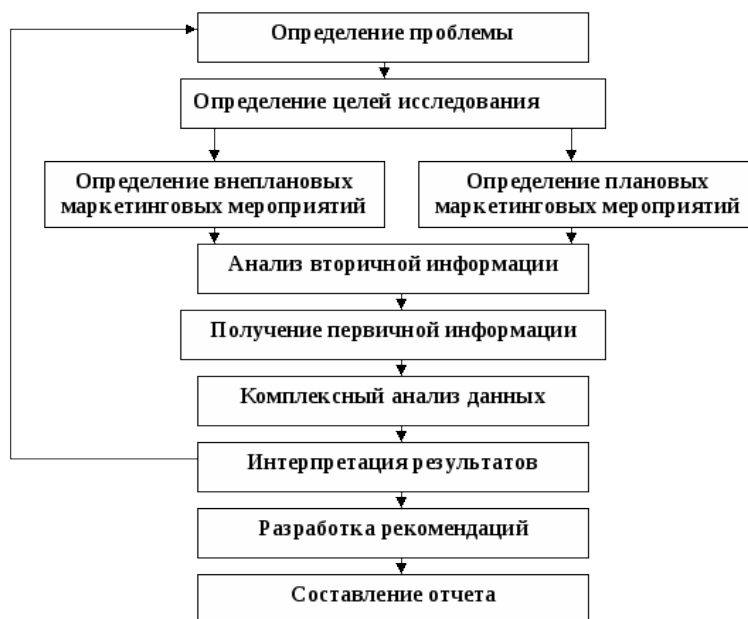


Рис.4.3.1. Структура планов проведения эксперимента

#### 4.4 Логические основы планирования

Итак, под экспериментом будем понимать совокупность операций совершаемых над объектом исследования с целью получения информации о его свойствах. Эксперимент, в котором исследователь по своему усмотрению может изменять условия его проведения, называется активным экспериментом. Если исследователь не может самостоятельно изменять условия его проведения, а лишь регистрирует их, то это пассивный эксперимент.

Опыт - это отдельная экспериментальная часть.

План эксперимента - совокупность данных определяющих число, условия и порядок проведения опытов.

Планирование эксперимента - выбор плана эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям, совокупность действий направленных на разработку стратегии экспериментирования (от получения априорной информации до получения работоспособной математической модели или определения оптимальных условий). Это целенаправленное управление экспериментом, реализуемое в условиях неполного знания механизма изучаемого явления.

В процессе измерений, последующей обработки данных, а также формализации результатов в виде математической модели, возникают погрешности и теряется часть информации, содержащейся в исходных данных. Применение методов планирования эксперимента позволяет определить погрешность математической модели и судить о ее адекватности. Если точность модели оказывается недостаточной, то применение методов планирования эксперимента позволяет модернизировать математическую модель с проведением дополнительных опытов без потери предыдущей информации и с минимальными затратами.

Цель планирования эксперимента - нахождение таких условий и правил проведения опытов при которых удастся получить надежную и достоверную информацию об объекте с наименьшей затратой труда, а также представить эту информацию в компактной и удобной форме с количественной оценкой точности.

Среди основных методов планирования, применяемых на разных этапах исследования, используют:

- планирование отсеивающего эксперимента, основное значение которого выделение из всей совокупности факторов группы существенных факторов, подлежащих дальнейшему детальному изучению;
- планирование эксперимента для дисперсионного анализа, т.е. составление планов для объектов с качественными факторами;
- планирование регрессионного эксперимента, позволяющего получать регрессионные модели (полиномиальные и иные);
- планирование экстремального эксперимента, в котором главная задача - экспериментальная оптимизация объекта исследования;
- планирование при изучении динамических процессов и т.д.

Инициатором применения планирования эксперимента является Рональд А. Фишер, другой автор известных первых работ - Френк Йетс. Далее идеи планирования эксперимента формировались в трудах Дж. Бокса, Дж. Кифера. В нашей стране - в трудах Г.К. Круга, Е.В. Маркова и др.

В настоящее время методы планирования эксперимента заложены в специализированных пакетах, широко представленных на рынке программных продуктов, например: Stat Graphics, Statistica, SPSS, SYSTAT и др.

Стратегия применения планов заключается в принципе постепенного планирования - постепенного усложнения модели. Начинают с простейшей модели, находят для нее коэффициенты, определяется ее точность.

Рассмотрим простейший пример эксперимента с элементами планирования. Бытовая ситуация взаимоотношений «продавец – покупатель». Определимся с понятиями:

Продавец – это последнее звено в цепи, куда входят производство, транспортировка, хранение и продажа товара. Именно от него во многом зависит, найдет ли продукт труда своего покупателя. Для покупателя продавец – единственный представитель, который отвечает даже за то, что явно выходит за рамки его компетенции.

Покупатель – потребитель продуктов труда.

Для измерения веса отпускаемых товаров используются весы и набор гирь. С целью получения выгоды продавец может использовать облегченные гири, подложить навеску под чашу весов, прикрепить магнит к таре во время взвешивания и т.п.

Вы – покупатель. У вас нет средств поверки весов, и вы не хотите носить с собой гири. Перед вами весы, а по ту сторону прилавка продавец. Проанализируем процесс взвешивания.

1) Продавец взвешивает товар весом  $P$  с навеской  $d$ , которую вы не замечаете.

Результат измерения:  $P + d = A$ . Вас обманули и вы обнаруживаете это дома...

2) Попросим продавца взвесить две порции товара  $P_1$  и  $P_2$  отдельно.

Результаты измерения:  $P_1 + d = B$  и  $P_2 + d = C$ . Теперь просим продавца взвесить обе порции  $P_1$  и  $P_2$  вместе. Ничего не подозревающие весы покажут результат  $P_1 + P_2 + d = D$ . Сравним результаты взвешиваний:  $B + C - D = d$ .

Таким образом, разница результатов эксперимента показывает на сколько нас хотят обмануть. Второе измерение проведено с использованием методов планирования эксперимента.

Рассмотренный пример показывает, что даже простые эксперименты могут быть спланированы с получением дополнительной полезной информации. Серьезные экспериментальные исследования со многими критериями качества и входными величинами без планирования эксперимента просто невозможны. С усложнением экспериментов эффективность их планирования возрастает. Объектом исследования с применением теории планирования эксперимента могут быть любые процессы, устройства или их отдельные элементы.

Входные величины объектов исследования могут качественно отличаться друг от друга, поэтому в теории планирования эксперимента входные параметры принято именовать общим названием факторы.

Выходные величины также могут быть качественно различными – они получили название отклик (функция цели, параметр оптимизации).

Модель объекта представляет собой аналитическую зависимость отклика от факторов. Чаще всего эта зависимость неизвестна, известными являются факторы  $x_i$  и выходные величины отклика  $y_j$ . Часто встречается задача исследования одной выходной величины  $y$  как функции нескольких факторов:

$$y_j = \varphi_j(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (4.4.1)$$

Вид этой зависимости определяется из физической сущности, а численные значения коэффициентов вычисляются в соответствии с результатами эксперимента. Поэтому модель называют также эмпирической. Следует отметить, что модель объекта может быть построена исходя из теоретически обоснованного понимания сущности происходящих процессов. Созданную таким образом модель называют теоретической.

Планирование эксперимента позволяет решать следующие задачи: отыскание экстремума отклика; определение модели объекта, исследование механизма физического явления и т.п.

Исследовать механизм явления означает определить аналитическое выражение

$$y_j = f_j(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (4.4.2)$$

которое достаточно точно описывало бы неизвестную зависимость (1) в пределах области возможных значений факторов  $X_i$ , называемую областью определения факторов  $\Omega$ .

Область определения двух факторов  $x_1, x_2$  называется двухфакторным пространством, а эксперимент – двухфакторным экспериментом. Могут быть также одно- и многофакторные эксперименты. Эксперименты, направленные на раскрытие механизма исследуемого явления и определяющие аналитическую зависимость, называют также интерполяционными или регрессионными. Эксперименты, позволяющие находить экстремум отклика в области его определения, называют экстремальными.

Сведения о действующих факторах и факторном пространстве во многом определяют план эксперимента. Начинают планирование эксперимента с определения количества действующих факторов и влияния их на выходную величину  $y$ , устанавливают зависимость факторов между собой, уточняют, какие из факторов являются управляемыми по заданию экспериментатора, а какие неуправляемыми и, наконец, следует учитывать точность измерительной аппаратуры, используемой для измерения значений факторов  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и отклика  $y_j$ . Как правило, точность измерения факторов должна быть примерно на порядок выше, чем точность измерения отклика.

Факторы следует выбирать такими, чтобы они были независимыми. Если же между некоторыми из них имеется функциональная, или корреляционная связь, то из них следует выбрать один фактор.

Наибольшее распространение получили планы экспериментов  $2_k$ ,  $2_{k-p}$ , планы второго порядка, а в последние десятилетия многофакторные регулярные планы. При двухфакторном эксперименте его область  $\omega_s$  определяется двумя выбранными значениями (уровнями) каждого из факторов – минимальным и максимальным или, как их еще называют, верхним и нижним.

Очень важно с самого начала планирования эксперимента определить интервал варьирования факторов, т.е. величины их верхнего и нижнего значений. На выбор интервала, а, следовательно, и на значение области  $\omega_k$  влияют несколько обстоятельств. Снизу значение интервала ограничено точностью измерения факторов. Интервал варьирования каждого из факторов должен примерно на порядок превышать погрешность их измерения. Ограничение интервала сверху определяется условием, чтобы при переходе от одной области  $\omega_s$  к другой  $\omega_{s+1}$  вершины любой области  $\omega_s$  не выходили бы за пределы факторного пространства  $\Omega$ . Максимальное значение интервала также ограничено областью определения факторов  $\Omega$ . Наиболее важным является требование адекватности модели, т.е. аппроксимирующая функция (4.2) должна достаточно точно приближаться к зависимости (4.1). Существуют критерии проверки условия адекватности, применяемые после проведения экспериментов и использующие дисперсионный анализ и другие методы математической статистики.

Если каждому значению независимой переменной  $x$  соответствует определенное значение  $y$ , то между ними имеет место детерминированная связь. Если же между  $x$  и  $y$  существует связь, но не вполне определенная, так что одному значению  $x$  соответствует совокупность значений  $y$  в виде статистического ряда, то такую связь называют регрессионной, или корреляционной, т.е. регрессионные зависимости характеризуются статистическим видом связи. Экспериментально установить такую зависимость можно путем проведения эксперимента и использования регрессионного анализа.

Модель процесса или объекта в этом случае представляет собой регрессионное выражение (4.2), связывающее факторы с откликом. В теории планирования эксперимента стремятся представить модели в виде конечной суммы степенного ряда. Для одного фактора линейная модель имеет вид –  $y = b_0 + b_1x$ , квадратичная модель –  $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$  и т.д. Процедура вычисления коэффициентов регрессии и составляет основную часть регрессионного анализа.

Полным факторным называется такой эксперимент, в котором реализуются все возможные комбинации (наборы) уровней факторов между собой. Варьирование  $n$  факторов на двух уровнях дает  $2n$  наборов, на трех уровнях составляет  $3n$  наборов и т.д. Если имеется  $n$  факторов, каждый из которых устанавливается на  $q$  уровнях, то для реализации полного факторного эксперимента требуется выполнить  $t = q^n$  опытов. При  $q > 2$  резко возрастает количество наборов, а, следовательно, и опытов в проводимом эксперименте, поэтому такие планы используются чрезвычайно редко.

С увеличением количества факторов число опытов в полном факторном эксперименте быстро растет. При этом некоторые опыты имеют незначительное влияние на общий результат. Если модель объекта представлена линейным полиномом, можно для вычисления коэффициентов регрессии существенно уменьшить необходимое количество опытов, пользуясь методом дробного факторного эксперимента. В соответствии с этим методом используется лишь часть матрицы полного факторного эксперимента, например  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  – так называемые полуреплика или  $\frac{1}{4}$ -реплика. Соответственно во столько же раз уменьшается количество проводимых опытов.

Рассмотрим для наглядности пример логического планирования эксперимента, предложенный Рональдом Фишером, который в начале 20 века пришел к разработке собственных принципов теории статистического вывода и положил начало новой науке о планировании и анализе экспериментов.

Сам Фишер объяснял основы планирования на примере эксперимента произведенного для выяснения способности некой английской леди различать, что было налито в чашку в первую очередь – чай или молоко. Следует отметить, что для настоящих английских леди важно, чтобы чай наливался в молоко, а не наоборот, нарушение последовательности будет признаком невежества и испортит вкус напитка.

Эксперимент проходит просто: леди пробует чай с молоком и по вкусу пытается понять, в какой очередности были налиты оба ингредиента. План, разработанный для этого исследования, характеризуется рядом свойств.

*Сравнение.* Во многих исследованиях точное определение результата измерения затруднительно или невозможно. Так, например, леди не сможет количественно оценить качество чая, она будет сравнивать его с эталоном правильно приготовленного напитка, вкус которого знаком ей с детства. Как правило, в научном эксперименте объект сравнивается либо с неким заранее заданным стандартом, либо с контрольным объектом.

*Рандомизация.* Это очень важный момент в планировании. В нашем примере рандомизация относится к тому, в каком порядке представлять чашки на дегустацию. Рандомизация необходима для того, чтобы стало возможным применение статистических методов для анализа результатов исследования.

*Репликация.* Повторяемость – это необходимый компонент постановки эксперимента. Недопустимо делать выводы о способности к определению качества чая только по одной чашке. Результат каждого отдельного измерения (дегустации) несет в себе долю неопределенности, возникшей под влиянием множества случайных факторов. Следовательно, для выявления источника вариабельности необходимо провести несколько испытаний. С этим свойством связана чувствительность эксперимента. Фишер отмечал, что пока число чашек чая не превысит некоторого минимума, невозможно сделать какие-либо однозначные выводы.

*Однородность.* Несмотря на необходимость повторения измерений (репликация), их число не должно быть слишком велико, чтобы не утратилась однородность. Разность температур чашек, притупление вкуса и т. п. при



превышении некоторого предельного числа повторений, могут затруднить анализ результатов эксперимента.

*Стратификация.* Выходя за рамки примера Р. Фишера к более абстрактному описанию экспериментального плана можно дополнительно указать такое свойство как стратификация (блокировка). Стратификация – это распределение экспериментальных единиц в относительно однородные группы (блоки, слои). Процедура стратификации позволяет минимизировать эффект известных нам неслучайных источников вариабельности. Внутри каждого блока ошибку эксперимента предполагают меньшей относительно варианта со случайным отбором для эксперимента такого же количества объектов. Например, при исследовании нового лекарственного препарата мы имеем два уровня фактора - «препарат» и «плацебо», которые назначаются мужчинам и женщинам. В данном случае пол – это блокирующий фактор, по которому происходит разделение исследуемых на подгруппы.

Описанные выше характеристики экспериментального плана полностью или частично относятся к любому научному эксперименту. Однако для начала работы недостаточно одного только знания об общих свойствах исследования, необходима более тщательная подготовка. Создание подробного руководства в рамках одной статьи невозможно, поэтому здесь будет изложена наиболее общая информация об этапах планирования эксперимента.

Как было отмечено в предыдущей лекции – любое исследование начинается с постановки цели. Выбор проблемы для изучения и ее формулировка повлияют как на дизайн исследования, так и на выводы, которые будут сделаны по его результатам. В самом простом случае формулировка проблемы должна предполагать вопросы «Кто?», «Что?», «Когда?», «Почему?» и «Как?».

В качестве иллюстрации важности данного этапа планирования можно привести исследование, в котором проводится сбор информации о дорожно-транспортных происшествиях. В зависимости от постановки цели, работа может быть направлена на разработку нового автомобиля либо нового дорожного покрытия. Несмотря на то, что используется один и тот же набор данных, постановка задачи и выводы существенно различаются в зависимости от формулировки проблемы.

После выбора цели работы следует определить так называемые зависимые переменные. Это переменные, которые будут измеряться при проведении исследования. Например, показатели функционирования тех или иных систем организма человека или лабораторных животных (частота сердечных сокращений, артериальное давление, содержание ферментов в крови и т. п.), а также любые другие характеристики объектов исследования, изменение которых будет для нас информативно.

Поскольку есть зависимые переменные, то должны быть еще и независимые переменные. Другое их название – факторы. Факторами исследователь оперирует в эксперименте. Это может быть доза исследуемого препарата, уровень стресса, степень физической нагрузки и т. д. Взаимосвязь

между фактором и зависимой переменной удобно представлять с помощью кибернетической системы, часто называемой «черный ящик».

Черный ящик – это система, механизм работы которой нам неизвестен. Однако исследователь имеет информацию о том, что происходит на входе и выходе черного ящика. При этом состояние выхода функционально зависит от состояния входа. Соответственно  $y_1, y_2, \dots, y_p$  – это зависимые переменные, величина которых зависит от факторов (независимых переменных  $x_1, x_2, \dots, x_k$ ). Параметры  $w_1, w_2, \dots, w_n$  представляют собой возмущающие воздействия, не поддающиеся контролю или изменяющиеся со временем.

В общем виде это можно записать так:  $y=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ .

Каждый фактор в опыте может принимать одно из нескольких значений. Такие значения называют уровнями фактора. Может оказаться, что фактор способен принимать бесконечное число значений (например, доза лекарственного препарата), однако на практике выбирается несколько дискретных уровней, количество которых зависит от задач конкретного опыта.

Фиксированный набор уровней факторов определяет одно из возможных состояний черного ящика. Вместе с тем, это есть условия проведения одного из возможных опытов. Если перебрать все возможные наборы таких состояний, то мы получим полное множество различных состояний данной системы, количество которых будет числом всех возможных экспериментов. Для того, чтобы вычислить количество возможных состояний, достаточно число уровней факторов  $q$  (если для всех факторов оно одинаково) возвести в степень количества факторов  $k$ .

$$N=q^k \quad (4.4.3)$$

Совокупность всех возможных состояний определяет сложность черного ящика. Так, система из десяти факторов на четырех уровнях может находиться более чем в миллионе разных состояний. Очевидно, что в подобных случаях невозможно провести исследование, включающее все возможные опыты. Поэтому на этапе планирования решается вопрос о том, сколько опытов и каких именно необходимо провести для решения поставленной задачи.

Следует отметить, что свойства объекта исследования имеют существенное значение для эксперимента. Во-первых, нам надо иметь информацию о степени воспроизводимости результатов опытов с данным объектом. Для этого можно провести эксперимент, а затем повторить его через неравные промежутки времени и сравнить результаты. Если разброс значений не превышает наших требований к точности эксперимента, то объект удовлетворяет требованию воспроизводимости результатов. Другое требование к объекту - его управляемость. Управляемым считается объект, на котором можно провести активный эксперимент. В свою очередь, активный эксперимент - это такой эксперимент, в процессе которого исследователь имеет возможность выбора уровней факторов, представляющих для него интерес.

На практике не существует полностью управляемых объектов. Как уже говорилось выше, на реальный объект действуют как управляемые, так и неуправляемые факторы, что приводит к вариабельности результатов между отдельными объектами. Отделить случайные изменения от закономерных,

вызванных различными уровнями независимых переменных, мы можем лишь с помощью статистических методов.

Но статистические методы эффективны лишь в определенных условиях. Одно из таких условий - это требование некоего минимального размера выборок, используемых в проведении эксперимента. Очевидно, что чем шире диапазон изменения признаков от объекта к объекту, тем больше должна быть повторность опыта, т. е. численность экспериментальных групп.

Поскольку, неоправданно большое число испытаний сделает исследование слишком дорогим, а недостаточный объем выборки может поставить под сомнение точность выводов, определение необходимого объема выборок играет решающую роль в планировании эксперимента. Методы вычисления минимального объема выборок подробно описаны в специальной литературе, поэтому привести их в статье не представляется возможным. Тем не менее, следует упомянуть, что они требуют предварительного определения средней величины исследуемого показателя и ее ошибки. Источником такой информации могут послужить публикации о похожих исследованиях. Если они еще не проводились, то возникает необходимость в выполнении предварительного «пилотного» исследования для оценки вариабельности признака.

Следующий этап в планировании экспериментов - это рандомизация. Рандомизация представляет собой процесс, используемый для группировки объектов таким образом, чтобы у каждого из них была равная вероятность попасть в контрольную или опытную группу. Другими словами, выбор участников исследования должен происходить случайно, чтобы исследование не было отклонено в сторону «предпочтительного» для исследователя результата.

Рандомизация помогает предотвратить смещения, обусловленные причинами, которые не были непосредственно учтены в плане эксперимента. Для этого, например, формирование экспериментальных групп лабораторных животных производится случайным образом. Однако полная рандомизация возможна далеко не всегда. Так, в клинических исследованиях принимают участие пациенты определенной возрастной группы, с заранее заданным диагнозом и тяжестью заболевания, а, следовательно, отбор участников не является случайным. Кроме того, ограничивают рандомизацию так называемые «блочные» планы экспериментов. Эти планы подразумевают, что отбор в каждый блок выполняется в соответствии с определенными неслучайными условиями, а случайный отбор объектов исследования возможен только внутри блоков. Процесс рандомизации легко осуществить с помощью специализированного статистического программного обеспечения или специальных таблиц.

## 4.5 Виды планов эксперимента: планы первого и второго порядков

Использование теории планирования эксперимента является одним из путей существенного повышения эффективности многофакторных экспериментальных исследований. В планировании экспериментов применяются в основном планы первого и второго порядков. Планы более высоких порядков используются в инженерной практике редко. В связи с этим далее приводится краткое изложение методики составления планов эксперимента для моделей первого и второго порядков. Под планом первого порядка понимают такие планы, которые позволяют провести эксперимент для отыскания уравнения регрессии, содержащего только первые степени факторов и их произведения:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,u=1 \\ i \neq 1}}^k b_{iu} x_i x_u + \sum_{\substack{i,j,u=1 \\ i \neq 1 \ j \neq 1}}^k b_{iuj} x_i x_j x_u + \dots \quad (4.5.1)$$

Планы второго порядка позволяют провести эксперимент для отыскания уравнения регрессии, содержащего и вторые степени факторов:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{\substack{i,u=1 \\ i \neq u}}^k b_{iu} x_i x_u + \dots \quad (4.5.2)$$

Нахождение уравнения регрессии методом планирования экспериментов состоит из следующих этапов:

- выбор основных факторов и их уравнений;
- планирование и проведение собственного эксперимента;
- определение коэффициентов уравнения регрессии;
- статистический анализ результатов эксперимента.

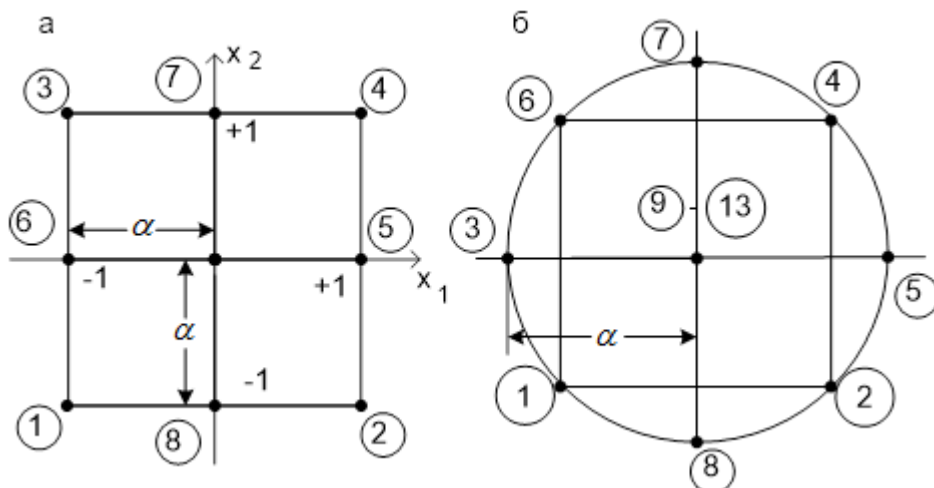
Описание поверхности отклика полиномами первого порядка часто оказывается недостаточным. Во многих случаях удовлетворительная аппроксимация может быть достигнута, если воспользоваться полиномом второго порядка (4.5).

В этом случае требуется, чтобы каждый фактор варьировался не менее чем на трех уровнях. В этом случае полный факторный эксперимент содержит слишком большое количество опытов, равное  $3^k$ . Так, при  $k=3$  их 27, а число коэффициентов  $b-10$ , при  $k=5$  число опытов 243, а коэффициентов 21. В связи с этим осуществление полного факторного эксперимента (ПФЭ) для планов второго порядка не только сложно, но и нецелесообразно.

Сократить число опытов можно, воспользовавшись так называемым композиционным или последовательным планом, разработанным Боксом и Уилсоном. Так, при двух факторах модель функции отклика  $y = f(x_1, x_2)$  второго порядка представляет собой поверхность в виде цилиндра, конуса, эллипса и т.д., описываемую в общем виде уравнением:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2. \quad (4.5.3)$$

Для определений такой поверхности необходимо располагать координатами не менее трех ее точек, т.е. факторы  $x_1$  и  $x_2$  должны варьироваться не менее чем на трех уровнях. Поэтому план эксперимента в плоскости факторов  $x_1$  и  $x_2$  на рис.4.5.1, а не может состоять лишь из опытов 1, 2, 3, 4, располагающихся в вершинах квадрата, как это делается для модели первого порядка. К ним должны быть добавлены опыты (звездные точки) 5, 6, 7, 8, расположенные на осях  $x_1$  и  $x_2$  с координатами  $(\pm\alpha; 0)$ ,  $(0; \pm\alpha)$  и обязательно опыт 9 в центре квадрата, чтобы по любому направлению (5-9-6), (1-9-4) и т.д. располагалось три точки, определяющие кривизну поверхности в этом направлении.



**Рис.4.5.1.** Планы второго порядка при  $k = 2$  : а – ортогональный; б – рототабельный

Таким образом, в общем случае ядро композиционного плана составляет при  $k < 5$  ПФЭ  $2^k$ , а при  $k > 5$  - дробную реплику от него. Если линейное уравнение регрессии оказалось неадекватным, необходимо:

1) добавить  $(2 - k)$  звездных точек, расположенных на координатных осях факторного пространства  $(\pm\alpha, 0, 0, \dots, 0)$ ,  $(0, \pm\alpha, 0, \dots, 0)$ , ...,  $(0, 0, \dots, \pm\alpha)$  где  $\alpha$  - звездное плечо, или расстояние до звездной точки;

2) провести  $n_0$  опытов при значениях факторов в центре плана.

При  $k$ -факторах общее число опытов в матрице композиционного плана составит:

$$\begin{aligned} n &= 2^k + 2k + n_0, \text{ при } k < 5 \\ n &= 2^k + 2k + n_0, \text{ при } k \geq 5 \end{aligned} \quad (4.5.4)$$

Аналогичным образом строятся планы и для большего числа факторов.

Адекватность уравнения проверяется по критерию Фишера

$$F = S_{\text{адекватное}}^2 / S_{\text{воспроизв}}^2 \quad (4.5.5)$$

Если модель второго порядка оказалась неадекватной, следует повторить эксперименты на меньшем интервале варьирования факторов или перенести центр плана в другую точку факторного пространства. В тех случаях, когда адекватность модели по-прежнему не достигается, рекомендуется перейти к планам третьего порядка.

Грамотный выбор и составление плана эксперимента позволит избежать ненужных затрат сил и времени на проведение практической части научной работы. Итогом реализации планирования является получение исследователем большого количества экспериментальных данных, представляющих собой, в первом приближении, набор факторов и соответствующих откликов. Итогом работы должны стать выводы, сделанные на основании полученных данных и выявленных характерных закономерностей. После получения первичных экспериментальных данных следует переходить к их анализу и интерпретации. Финалом станет оформление работы.

#### **4.6 Прогнозирование научного исследования. Экспертные оценки**

Планирование эксперимента тесно связано с прогнозированием и оценкой вероятности протекания различных процессов. В пожарной практике это связано с оценкой и расчетом пожарных рисков. В данном случае построение вероятностной модели развития события производится по пути минимизации негативных сценариев и выбора наиболее безопасного варианта. Подобные подходы имеют место в других технических науках.

Прогнозирование развития науки и производства - это определение путей повышения уровня обоснованности плановых и управленческих решений, снижения степени риска и допущения ошибок в управлении деятельностью в определенной сфере общественной жизни или экономики, что, в конечном счете, должно дать существенную экономию материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Благодаря прогнозированию можно обосновать необходимость разработки новых видов техники и технологии, оптимально распределять капитальные вложения, своевременно создавать или совершенствовать научные организации по наиболее перспективным направлениям.

Научно-техническое прогнозирование должно решать следующие задачи:

- устанавливать альтернативные цели научно-технического прогресса;
- находить оптимальные пути и средства их достижения;
- определять необходимые ресурсы и возможные сроки реализации поставленных целей;
- выявлять ограничения, влияющие на процесс научно-технического развития;
- характеризовать возможные социально-экономические последствия реализации вариантов научно-технического развития;
- определять взаимодействие целей, средств, ресурсов и выявлять по принятым критериям эффективность предпочтительных направлений развития науки и техники.

Задачи прогнозирования имеют некоторые особенности для разных стадий научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Так, основными задачами прогнозирования являются:

- для фундаментальных исследований - определять возможные области расширения знаний об изучаемых явлениях; оценивать приоритетность новых научных направлений и проблем; устанавливать абсолютные и относительные пределы развития изучаемых процессов и др.;

- для поисковых исследований - находить альтернативные способы решения проблем; разрабатывать критерии оценки исследований с точки зрения социально-экономических последствий; определять оптимальную стратегию развития науки и техники и др.;

- для прикладных исследований - оценивать возможности использования определенных принципов и законов при создании новой техники и технологии; формулировать научно- и организационно-технические проблемы, при решении которых будут созданы новые технологии и техника;

- для опытно-конструкторских работ - показывать социально-экономическую потребность в новой технике; определять предельные технические возможности создания новых изделий, формулировать технические требования к ним и технические задания; формировать параметрические ряды перспективных технических систем; оценивать эффективность вероятных проектных альтернатив.

Различают поисковое и нормативное прогнозирование.

Поисковое прогнозирование основано на принципе инертности развития объектов и процессов и ориентировано во времени - от настоящего к будущему. Поисковый прогноз представляет собой результаты исследования будущего, исходя из существующего состояния объекта, путем анализа исторических тенденций его развития.

Нормативное прогнозирование заключается в определении тенденций развития объектов прогноза. При этом прогнозы должны быть ориентированы во времени - от будущего к настоящему. Нормативный прогноз означает проектирование будущего посредством выявления условий и путей развития объекта для достижения намеченных целей.

Сочетание поискового и нормативного прогнозов - это интегральный подход к их разработке. К формам обоснования управленческих решений относятся такие прогнозы.

Целевой прогноз - определение целей будущего научно-технического развития с последующим выделением приоритетов и временных интервалов достижения поставленных целей. При этом ранжируются цели: нежелательно, менее желательно, более желательно, оптимально.

Программный прогноз - формирование возможных путей, мер и условий достижения поставленных целей. При его разработке выдвигается гипотеза о возможных взаимных влияниях различных факторов, координируются предполагаемые сроки, последовательность и очередность достижения промежуточных целей на пути к главной.

Проектный прогноз - отбор оптимальных вариантов перспективного прогнозирования, на основе которых затем начинают текущее проектирование.

Организационный прогноз - разработка текущих управленческих решений для достижения поставленных целей и реализации желаемого состояния объекта.

По временному признаку прогнозы подразделяют следующим образом.

Оперативные прогнозы содержат, как правило, детальные количественные оценки и ориентированы на тот отрезок времени, на протяжении которого не ожидается существенных изменений объекта исследования и внешней среды.

Краткосрочные прогнозы разрабатывают на тот период, в течение которого ожидаются только общие количественные изменения.

Среднесрочные прогнозы охватывают период упреждения, где количественные изменения преобладают над качественными.

Долгосрочные прогнозы характеризуют период упреждения с преобладанием качественных изменений над количественными. Дальнесрочные прогнозы ориентированы на перспективу, когда ожидаются значительные качественные изменения. В этом случае вырабатывают только общие качественные оценки. Такие прогнозы разрабатывают более чем на двадцатилетний период.

На основных этапах научно-технического прогнозирования формируется информационная база прогноза, разрабатывается модели объекта прогноза, создаются модели внешней среды и ее влияния на объект прогнозирования, разрабатывается прогноз на основе выбранного метода прогнозирования, делается оценка качества прогноза, принимаются решения на основе прогнозной информации.

По количеству принципов методы прогнозирования подразделяют на сингулярные, применяющие только один принцип работы, и комплексные, объединяющие два и более сингулярных метода. Предельное количество комплексных методов равно числу возможных сочетаний сингулярных методов. Из известных комбинаций сингулярных методов наиболее простая (по процедуре организации и применяемым прогностическим приемам) - совместная обработка результатов информационного (статистического, математического) и инициативного (эвристического) прогнозирования и получения комбинированных оценок.

Комплексные методы прогнозирования более сложные. Они представляют собой комплексные системы прогнозирования синтезирующие в определенной последовательности алгоритмы целого ряда сингулярных методов. Применяя комплексные системы, получают интегральный прогноз, построенный на основе синтеза поискового и нормативного прогнозирования. Область применения таких методов - это прогнозирование развития сложных технических и организационно-экономических систем, комплексных научно-технических и промышленных программ, затрагивающих большое количество смежных отраслей производства и областей знаний.



По степени формализации методы прогнозирования подразделяют на интуитивные (экспертные) и формализованные (фактографические).

Интуитивные методы подразделяют на две группы: индивидуальные и коллективные экспертные оценки, а формализованные - на три группы: экстраполяционные методы, основанные на построении и анализе эмпирических динамических рядов характеристик объекта; опережающие методы, базирующиеся на обработке информации, относящейся непосредственно ко времени упреждения; системно-структурные методы, предполагающие логический анализ модели развития объекта. Интуитивные методы прогнозирования основаны на обработке информации, полученной систематизированием опроса высококвалифицированных специалистов-экспертов. Из экспертных интуитивных методов наиболее широко применяют индивидуальные экспертные оценки — в форме интервью, аналитических докладных записок, сценариев, а также методы коллективных экспертных оценок, основанные на выявлении коллективного мнения экспертов о перспективах развития объекта прогнозирования.

Наиболее распространен метод коллективных экспертных оценок с применением анкетных опросов. Но существует еще целый ряд более сложных (квалифицированных) методов коллективных оценок и их модификаций, таких как методы комиссий, мозговой атаки, деструктивной, отнесенной оценки и т. д.

Группу системно-структурных методов составляют методы функционально-иерархического моделирования (например "дерево целей"), морфологического анализа, матричный, сетевого моделирования, структурной аналогии и др. Среди формализованных методов получили распространение группы статистических методов экстраполяции тенденций (прогнозная экстраполяция, интерполяция, экстраполяция по огибающим кривым, инверсная), а также методов математико-статистического и информационного моделирования - с использованием корреляционно-регрессионного и факторного анализа, вероятностного и экономического моделирования и др.

При прогнозировании фундаментальных и поисковых исследований наиболее широко применяют составление сценариев, построение «дерева целей», разнообразные экспертные методы (мозговая атака, коллективный и индивидуальный экспертные опросы и др.), прогнозные графики, матричные методы, казуальное моделирование, основанное на установлении причинно-следственных связей известных факторов, морфологический анализ, экстраполяцию тенденций.

При прогнозировании прикладных исследований и разработок, помимо перечисленных, часто используют патентные методы, имитационное, сетевое, игровое и операционное моделирование.

При поисковом и нормативном прогнозировании научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ преобладают интуитивные методы.

В рамках крупных исследовательских программ наиболее распространен метод построения и расчета «дерева целей». Его основу составляет концепция иерархии целей и задач, оценки их относительной важности.

Прогнозное исследование методом «дерева целей» включает в себя три этапа.

На первом этапе высококвалифицированные специалисты-эксперты составляют описательный документ - сценарий, в котором без количественных оценок анализируют цели, направления и задачи развития объекта научно-технического прогноза, учитывая перспективы формирования фона на основе разнообразных данных о складывающихся тенденциях прогресса науки и техники. По сценарию можно сформулировать генеральную цель и перечень подчиненных ей целей высшего уровня, определить число уровней и их наименования, вывести критерий для оценки элементов каждого из них.

На втором этапе иерархическое «корневое дерево» строят последовательно таким образом, чтобы задачи последующего уровня обеспечивали достижение целей предыдущего. При этом используют данные предварительного исследования, а также знания и опыт привлекаемых для работы экспертов. Состав элементов на каждом уровне «дерева целей» определяют в результате экспертного опроса. На третьем этапе оценивают относительную важность элементов «дерева целей», используя экспертные методы, либо оценку делают по системе критериев. Последним методом устанавливают совокупность критериев оценки элементов  $n$ -го уровня.

Для решения задач, связанных с разработкой научно-технических прогнозов, применяют также метод морфологического анализа. Чтобы установить вероятностные альтернативы развития, объект разделяют на элементы и компоненты. Затем проводят их комбинаторный анализ и синтез, выявляя потенциально осуществимые решения и выбирая оптимальный вариант развития объекта. Методом морфологического анализа можно прогнозировать результат фундаментальных исследований, определить прогностическую значимость изобретений, оказавшихся вне поля зрения специалистов, отыскать возможности, не рассматриваемые ранее. Результатами научно-технических прогнозов должны быть: показатели отечественных и мировых достижений по научно-техническим направлениям, показатели экономической эффективности, показатели ожидаемого технического уровня производства, варианты распределения затрат между фундаментальными, прикладными исследованиями и опытно-конструкторскими работами для каждого научно-технического направления, оценка социальных последствий реализации научно-технической проблемы, оценка эффективности капитальных вложений в науку и технику, оценка возможных масштабов применения объекта прогнозирования, рекомендации по выбору оптимальных направлений ассигнований на развитие науки и техники.

Цель отраслевого прогнозирования — определение стратегии развития отрасли и путей решения научно-технических и социально-экономических проблем на долгосрочную перспективу. Объектами прогнозирования для отрасли считают: потребность в продукции, развитие научно-

исследовательских и опытно-конструкторских работ, научно-производственный потенциал, потребность в ресурсах (материальных, трудовых, финансовых), организацию отраслевого производства и межотраслевые связи, управление научной и производственной деятельностью, экономическое и социальное развитие. Комплексный прогноз научно-технического развития в отрасли осуществляют каждые пять лет.

К объектам регионального прогнозирования относят:

- в отраслевом аспекте - развитие отраслей народного хозяйства и промышленности, размещение и специализацию производства и предприятий и др.;

- в межотраслевом аспекте - формирование и развитие межотраслевых научно-технических и производственно-технологических комплексов, проблемно-ориентированных подкомплексов, а также частные научно-технические проблемы;

- в территориальном аспекте - размещение производства и отраслей инфраструктуры по зонам, научных организаций и предприятий по промышленным центрам и узлам, развитие и размещение отдельных территориальных научно-производственных комплексов;

- в аспекте функциональной детализации - производственно-финансовую, трудовую, потребительскую и другие виды деятельности.

На первом этапе регионального прогноза формируют состав задач, выявляя основные диспропорции и проблемы в развитии экономики региона, а также конкретизируют объекты долгосрочного прогнозирования.

На втором этапе прогнозируют народнохозяйственные потребности в продукции или услугах, связанные с региональным экономическим развитием.

На последующих этапах разрабатывают нормативные и поисковые варианты, которые будут основой для последующего формирования единого прогноза развития региона. Наиболее перспективная форма организации прогнозных исследований в научной организации - создание постоянно действующей комплексной системы прогнозирования. С помощью такой системы обеспечивают: плановую разработку значительного числа высококачественных прогнозов различной глубины упреждения и комплексности в соответствии с принципами рационализации и эффективности; систематическую корректировку и обновление ранее выполненных прогнозных разработок с учетом вновь поступившей информации; использование прогнозной информации в управлении и планировании путем включения прогнозов в перспективные и долгосрочные программы и планы.

Структура постоянно действующей комплексной системы прогнозирования включает в себя ряд функциональных и целевых подсистем, в которых разрабатывают комплексы задач, а также решают отдельные системные и частные задачи.

К функциональным относят следующие подсистемы: сбора и обработки информации; прогнозирования, включая блоки экспертных, экономико-математических и комбинированных прогнозов; оценки качества прогнозов; разработки перспектив развития.

К целевым относят подсистемы: кратко-, средне-, долгосрочного прогнозирования; подсистему оперативной информационно-справочной службы.

Службы прогнозирования обеспечивают руководящие и плановые органы достоверной информацией о тенденциях и перспективах научно-технического прогресса, главных направлениях развития науки, техники и производства в отрасли, при которых можно добиться наилучших результатов в новых условиях хозяйствования.

#### **4.7 Сущность и задачи метода экспертных оценок**

Решение проблем прогнозирования, как правило, основывается на использовании имеющегося научного задела. Носителями обширных знаний в каждой определенной отрасли науки являются эксперты. Методы экспертных оценок в научном эксперименте используются очень широко. Начиная исследователь при планировании своего экспериментального исследования неизменно обращается за помощью к эксперту – своему научному руководителю. Важнейшие прогнозы, касающиеся глобальных проблем (экология, космос, мировая экономика и т.д.) также решаются с помощью привлечения экспертов. Так на чем основан метод экспертных оценок? Начнем рассмотрение этого вопроса с примеров использования методов экспертных оценок применительно к конкретным практическим задачам:

- Как будет изменяться экономическая обстановка с течением времени?
- Что будет с окружающей природной средой через десять лет?
- Как изменится экологическая обстановка?
- Как будет развиваться обеспечение пожарной безопасности объектов защиты и защиты территорий в случае возникновения ЧС?
- Будет ли обеспечена экологическая безопасность промышленных производств или же вокруг станет простираться рукотворная пустыня?

Достаточно вдуматься в эти постановки естественных вопросов, проанализировать, как десять или тем более двадцать лет назад мы представляли себе сегодняшний день, чтобы понять, что стопроцентно надежных прогнозов просто не может быть. Вместо утверждений с конкретными числами можно ожидать лишь качественных оценок. Тем не менее, мы, инженеры, должны принимать решения, например, об экологических и иных проектах и инвестициях, последствия которых скажутся через десять, двадцать и т.д. лет. Как быть? Остается обратиться к методам экспертных оценок. Что это за методы?

*Экспертное оценивание* - процедура получения оценки проблемы на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения (выбора).

*Эксперты* (от латинского «*expertus*» - опытный) - это лица, обладающие знаниями и способные высказать аргументированное мнение по изучаемому явлению.

*Методы экспертных оценок* - это методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки мнений экспертов.

Сущность методов экспертных оценок заключается в том, что в основу прогноза закладывается мнение специалиста или коллектива специалистов, основанное на профессиональном, научном и практическом опыте. Различают индивидуальные и коллективные экспертные оценки.

Экспертные оценки часто используются при выборе, например:

- одного варианта технического устройства для запуска в серию из нескольких образцов,
- группы курсантов из многих претендентов,
- набора проектов научно-исследовательских работ для финансирования из массы заявок,
- при выборе инвестиционных проектов для реализации среди представленных, и т.д.

#### **4.8 Этапы экспертного оценивания**

##### *Постановка цели исследования*

Экспертное оценивание предполагает создание некоего разума, обладающего большими способностями по сравнению с возможностями отдельного человека. Источником возможностей мультиразума является поиск слабых ассоциаций и предположений, основанных на опыте отдельного специалиста. Экспертный подход позволяет решать задачи, не поддающиеся решению обычным аналитическим способом, в том числе:

- Выбор лучшего варианта решения среди имеющихся.
- Прогнозирование развития процесса.
- Поиска возможного решения сложных задач.

Перед началом экспертного исследования необходимо четко определить его цель (проблему) и сформулировать соответствующий вопрос для экспертов. При этом рекомендуется придерживаться следующих правил:

- Четкое определение условий, времени, внешних и внутренних ограничений проблемы. Возможность ответа на вопрос с доступной человеческому опыту точностью.

- Вопрос лучше формулировать как качественное утверждение, чем как оценку числа. Для численных оценок не рекомендуется задавать более пяти градаций.

- Эксперты оценивают возможные варианты, и не следует ожидать от них построения законченного плана действий, развернутого описания возможных решений.

### *Выбор формы исследования, определение бюджета проекта*

Существующие виды экспертных оценок можно классифицировать по признакам:

- По форме участия экспертов: очное, заочное. Очный метод позволяет сосредоточить внимание экспертов на решаемой проблеме, что повышает качество результата, однако заочный метод может быть дешевле.

- По количеству итераций (повторов процедуры для повышения точности) они могут быть одношаговые и итерационные.

- По решаемым задачам: генерирующие решения и оценивающие варианты.

- По типу ответа: идейные, ранжирующие, оценивающие объект в относительной или абсолютной (численной) шкале.

- По способу обработки мнений экспертов: непосредственные и аналитические.

- По количеству привлекаемых экспертов: без ограничения, ограниченные. Обычно используется 5-12 человек экспертов.

Наиболее известные методы экспертных оценок: метод Дельфи, мозговой штурм и метод анализа иерархий. Каждому методу соответствуют свои сроки проведения и потребность в экспертах.

#### *Подбор экспертов*

Проблема подбора экспертов является одной из наиболее сложных в теории и практике экспертных исследований. Очевидно, в качестве экспертов необходимо использовать тех людей, чьи суждения наиболее помогут принятию адекватного решения. Но как выделить, найти, подобрать таких людей? Надо прямо сказать, что нет методов подбора экспертов, наверняка обеспечивающих успех экспертизы.

В проблеме подбора экспертов можно выделить две составляющие - составление списка возможных экспертов и выбор из них экспертной комиссии в соответствии с компетентностью кандидатов.

Эксперты должны обладать опытом в областях, соответствующих решаемым задачам. При подборе экспертов следует учитывать момент личной заинтересованности, который может стать существенным препятствием для получения объективного суждения. С этой целью, например, применяют методы Шара, когда один эксперт, наиболее уважаемый специалист, рекомендует ряд других и далее по цепочке, пока не будет подобран необходимый коллектив.

#### *Проведение экспертизы*

Проведение процедуры отличается в зависимости от используемого метода. Общие рекомендации:

- Препятствовать давлению авторитетов (эксперт часто боится противоречить мнению большинства или наиболее уважаемого специалиста).

- Установить и соблюдать регламент. Увеличение времени на принятие решения сверх оптимального не повышает точность ответа.

### *Статистический анализ результатов*

После получения ответов экспертов необходимо провести их оценку. Это позволяет:

- 1). Оценить согласованность мнений экспертов.
- 2). Оценить ошибку исследования.
- 3). Построить модель свойств объекта на основе ответов экспертов (для аналитической экспертизы).

#### *Виды экспертных оценок*

Методы экспертных оценок можно разделить на две группы:

- методы коллективной работы экспертной группы;
- методы получения индивидуального мнения членов экспертной группы.

*Методы коллективной работы* экспертной группы предполагают получение общего мнения в ходе совместного обсуждения решаемой проблемы. Иногда эти методы называют методами прямого получения коллективного мнения. Основное преимущество этих методов заключается в возможности разностороннего анализа проблем. Недостатками методов является сложность процедуры получения информации, сложность формирования группового мнения по индивидуальным суждениям экспертов, возможность давления авторитетов в группе.

Методы коллективной работы включают методы «мозговой атаки», «сценариев», «деловых игр», «совещаний» и «суда».

#### *Обработка результатов опроса экспертов*

##### *Экспертный коллективный индивидуальный опрос*

На базе оценок экспертов получается обобщенная информация об исследуемом объекте (явлении) и формируется решение, задаваемое целью экспертизы. При обработке индивидуальных оценок экспертов используют различные количественные и качественные методы. Выбор того или иного метода зависит от сложности решаемой проблемы, формы, в которой представлены мнения экспертов, целей экспертизы.

Чаще всего при обработке результатов опроса используются методы математической статистики.

В своей жизни каждый человек вынужден принимать решения, не говоря уже о множестве различных фирм, организаций, предприятий и учреждений. Большинство решений принимается в спешке и не всегда качественно, без подробного анализа сложившейся ситуации. Есть решения, которым придается малое значение, следовательно, не о каком положительном результате такого решения нет смысла разговаривать. И, наконец, существуют проблемы выбора, решая которые обычными размышлениями, человек испытывает большие эмоциональные нагрузки и порой поддается их влиянию.

Возрастающая сложность управления организациями требует тщательного анализа целей и задач деятельности, путей и средств их достижения, оценки влияния различных факторов на повышение эффективности и качества работы. Это приводит к необходимости широкого применения экспертных оценок в процессе формирования и выбора решений. Экспертиза как способ получения информации всегда использовалась при

выработке решений. Однако научные исследования по ее рациональному проведению были начаты всего три десятилетия назад. Результаты этих исследований позволяют сделать вывод о том, что в настоящее время экспертные оценки являются в основном сформировавшимся научным методом анализа сложных не формализуемых проблем.

Сущность метода экспертных оценок заключается в рациональной организации проведения экспертами анализа проблемы с количественной оценкой суждений и обработкой их результатов.

Обобщенное мнение группы экспертов принимается как решение проблемы.

В процессе принятия решений эксперты выполняют информационную и аналитическую работу по формированию и оценке решений. Все многообразие решаемых ими задач сводится к трем типам:

- формирование объектов,
- оценка характеристик,
- формирование и оценка характеристик объектов.

Формирование объектов включает определение возможных событий и явлений, построение гипотез, формулировку целей, ограничений, вариантов решений, определение признаков и показателей для описания свойств объектов и их взаимосвязей и т.п.

В задаче оценки характеристик эксперты производят измерения достоверности событий и гипотез, важности целей, значений признаков и показателей, предпочтений решений.

В задаче формирования и оценки характеристик объектов осуществляется комплексное решение первых двух типов задач.

Таким образом, эксперт выполняет роль генератора объектов (идей, событий, решений и т.п.) и измерителя их характеристик. При решении рассмотренных задач все множество проблем можно разделить на два класса: с достаточным и недостаточным информационным потенциалом.

Для проблем первого класса имеется необходимый объем знаний и опыта по их решению. Поэтому по отношению к этим проблемам эксперты являются качественными источниками и достаточно точными измерителями информации. Для таких проблем обобщенное мнение группы экспертов определяется осреднением их индивидуальных суждений и является близким к истинному.

В отношении проблем второго класса эксперты уже не могут рассматриваться как достаточно точные измерители. Мнение одного эксперта может оказаться правильным, хотя оно сильно отличается от мнения всех остальных экспертов.

Обработка результатов экспертизы при решении проблем второго класса не может основываться на методах осреднения. Метод экспертных оценок применяется для решения проблем прогнозирования, планирования и разработки программ деятельности, нормирования труда, выбора перспективной техники, оценки качества продукции и др.



В таких проблемах новым является либо объект выбора, либо обстановка, в которой совершается выбор. Задачи подобного плана хорошо поддаются математическому анализу, а, используя методы теории принятия решений, можно получить достаточно приемлемый результат, который не только удовлетворит определенные потребности, но так же поможет спланировать дальнейшие действия. На предприятиях, фирмах, оказывающих различные сферы предоставления услуг, а так же всевозможных организациях, сталкиваясь с проблемой выбора, специалисты руководствуются методами принятия управленческих решений.

«Методы принятия управленческих решений» - одна из спорных и актуальных тем в теории управления. Управление появилось вместе с людьми. Там, где хотя бы два человека объединялись в стремлении достичь какой-либо общей цели, возникала задача координации их совместных действий, решение которой кто-то из них должен был брать на себя.

На данный момент человечеством накоплен достаточно большой материал, связанный с управленческой деятельностью и принятием оптимальных решений. Примером является теория принятия решений - область исследования, вовлекающая понятия и методы математики, статистики, экономики, менеджмента и психологии; изучает закономерности выбора людьми путей решения разного рода задач, а также исследует способы поиска наиболее выгодных из возможных решений.

*Актуальность.* Теория принятия решений на данный момент используется практически всеми крупными и средними предприятиями, что дает возможность повысить экономическую ситуацию, связанную с выпуском и продажей продукции.

Теория принятия решений - это совокупность методов и моделей, предназначенных для обоснования решений, принимаемых на этапах анализа, разработки и эксплуатации сложных систем различной природы: информационных, технических, производственных, организационно-экономических и др.

В наиболее общем смысле теория принятия оптимальных решений представляет собой совокупность математических и численных методов, ориентированных на нахождение наилучших вариантов из множества альтернатив и позволяющих избежать их полного перебора. Ввиду того, что размерность практических задач, как правило, достаточно велика, а расчеты в соответствии с алгоритмами оптимизации требуют значительных затрат времени, то методы принятия оптимальных решений главным образом ориентированы на реализацию их с помощью компьютерных программ.

Одним из наиболее распространенных методов выработки принятия решений является метод экспертных оценок, основанный на работе со специалистами-экспертами и обработке мнений экспертов. Эти мнения обычно выражены частично в количественной, частично в качественной форме. Экспертные исследования проводят с целью подготовки информации для принятия решений ЛПР (ЛПР - лицо принимающее решение). Для проведения работы по методу экспертных оценок создают Рабочую группу (РГ), которая и

организует по поручению ЛПР деятельность экспертов, объединенных (формально или по существу) в экспертную комиссию (ЭК).

Экспертные оценки бывают индивидуальные и коллективные. Индивидуальные оценки - это оценки одного специалиста. Например, преподаватель единолично ставит отметку студенту, а врач - диагноз больному. Но в сложных случаях заболевания или угрозе отчисления студента за плохую учебу обращаются к коллективному мнению - симпозиуму врачей или комиссии преподавателей. Аналогичная ситуация - в армии. Обычно командующий принимает решение единолично. Но в сложных и ответственных ситуациях проводят военный совет.

Задачу на проведение экспертного оценивания ставит ЛПР (заказчик). Здесь должны быть учтены следующие факторы: надежность и полнота имеющейся исходной информации, требуемая форма представления результата (качественная или количественная), возможные области использования полученной информации, сроки ее представления, имеющиеся в распоряжении руководства ресурсы, возможность привлечения специалистов других областей знаний и многое другое.

Для подготовки решения и руководства всей дальнейшей работой назначается руководитель экспертизы. Он определяет состав группы управления. Группа управления осуществляет обратную связь с экспертами.

Проблема подбора экспертов является одной из наиболее сложных в теории и практике экспертных исследований.

Рассмотрим ситуацию, когда экспертиза проводится впервые и устоявшиеся списки экспертов отсутствуют. Однако и в этом случае у каждого конкретного специалиста есть некоторое представление о том, что требуется от эксперта в подобной ситуации. Для формирования списка есть полезный метод «снежного кома», при котором от каждого специалиста, привлекаемого в качестве эксперта, получают определенное количество (обычно 5 - 10) фамилий тех, кто может быть экспертом по рассматриваемой тематике. Очевидно, некоторые из этих фамилий встречались ранее в деятельности РГ, а некоторые - новые. Каждого вновь появившегося опрашивают по той же схеме. Процесс расширения списка останавливается, когда новые фамилии практически перестают встречаться. В результате получается достаточно обширный список возможных экспертов. Метод «снежного кома» имеет и недостатки. Число туров до остановки процесса наращивания кома нельзя заранее предсказать. Кроме того, ясно, что если на первом этапе все эксперты были из одного «клана», придерживались в чем-то близких взглядов или занимались сходной деятельностью, то и метод «снежного кома» даст, скорее всего, лиц из этого же «клана». Мнения и аргументы других «кланов» будут упущены. (Здесь речь идет о том, что сообщество специалистов реально разбито на группы, названные выше «кланами», и общение идет в основном внутри «кланов». Неформальная структура науки, к которой относятся «кланы», достаточно сложна для изучения. Отметим здесь, что «кланы» обычно образуются на основе крупных формальных центров (вузов, научных институтов), научных школ.)

Вопрос об оценке компетентности экспертов не менее сложен. Ясно, что успешность участия в предыдущих экспертизах - хороший критерий для деятельности дегустатора, врача, судьи в спортивных соревнованиях, т.е. таких экспертов, которые участвуют в длинных сериях однотипных экспертиз. Однако, увы, наиболее интересны и важны уникальные экспертизы больших проектов, не имеющих аналогов. Использование формальных показателей экспертов (должность, ученые степень и звание, стаж, число публикаций...), очевидно, в современных быстро меняющихся условиях может носить лишь вспомогательный характер, хотя подобные показатели проще всего применять.

Важным является требование к ЛПР об утверждении списка экспертов. При этом ЛПР может как добавить в комиссию отдельных экспертов, так и вычеркнуть некоторых из них - по собственным соображениям, с которыми членам РГ и ЭК знакомиться нет необходимости.

#### *Метод дерева решений*

Как правильно выбрать необходимое решение из нескольких возможных вариантов? Для определения наиболее подходящего решения специалисты рекомендуют использовать метод «Дерево решений». Он обеспечивает возможность получения развернутой модели вероятного развития ситуации или процесса для его изучения с позиций финансовых выгод и рисков, связанных с каждым направлением действий. Данное прогнозирование позволяет уберечь себя или свою организацию от неэффективных затрат или вложений в условиях ограниченных ресурсов. Особенностью данного метода принятия решения является принятие решений как на основе вычислений, так и с помощью логических рассуждений, когда анализируя факты, приходим к определенному выводу.

Для решения научно - технических проблем наиболее всего подходит так называемый метод Дельфи. Другие названия метода: «Дельфийский метод», «Метод дельфийского оракула». Авторы метода: О. Холмер, Т. Гордон и др. (США), 50-е годы XX в. Назначение метода: Применяется на этапах формулирования проблемы и оценки различных способов ее решения. Метод Дельфи - один из инструментов выбора и оценки решения.

Цель метода: получение согласованной информации высокой степени достоверности в процессе анонимного обмена мнениями между участниками группы экспертов для принятия решения.

Суть метода: метод Дельфи - инструмент, позволяющий учесть независимое мнение всех участников группы экспертов по обсуждаемому вопросу путем последовательного объединения идей, выводов и предложений и прийти к согласию.

Метод основан на многократных анонимных групповых интервью.

План действий:

1. Сформировать рабочую группу для сбора и обобщения мнений экспертов.

2. Сформировать экспертную группу из специалистов, владеющих вопросами по обсуждаемой теме.

3. Подготовить анкету, указав в ней поставленную проблему, уточняющие вопросы. Формулировки должны быть четкими и однозначно трактуемыми, предполагать однозначные ответы.

4. Провести опрос экспертов в соответствии с методикой, предполагающей при необходимости повторение процедуры. Полученные ответы служат основой для формулирования вопросов для следующего этапа.

5. Обобщить экспертные заключения и выдать рекомендации по поставленной проблеме.

Особенности метода: «Дельфи», «дельфийский метод», «метод дельфийского оракула» происходят от названия местечка Дельфи, где жили оракулы-прорицатели при храме бога Аполлона (Древняя Греция).

Слово главного оракула принималось за истину в последней инстанции. Известно, что использование коллективных знаний ведет к возможности нахождения сильных решений, однако в процессе обмена мнениями между участниками может сказаться влияние авторитета коллег и все сведется к появлению популярных ответов. Метод Дельфи позволяет разрешить это диалектическое противоречие. Для этого прямые дискуссии экспертов заменяются индивидуальными опросами. Собранные варианты ответов подвергаются статистической обработке. Полученные обобщенные ответы передаются каждому эксперту путем личного общения, либо по обычной или электронной почте с просьбой пересмотреть и уточнить свое мнение, если он сочтет необходимым. Эта процедура может повторяться несколько раз.

*Проведение экспертизы по методу Дельфи:*

Дополнительная информация:

1. Метод Дельфи - это систематический способ обобщения оценок экспертов.

2. Считается, что метод Дельфи наиболее применим, если к работе привлекаются эксперты, компетентные не по всей проблеме, а по ее различным составляющим.

3. Чтобы решить, следует ли использовать метод Дельфи, очень важно тщательно рассмотреть ситуацию, к которой будет применен метод. И прежде чем принимать решение, необходимо задать ряд вопросов:

- кто будет проводить экспертизу, и где будут находиться ее участники;
- какая должна поддерживаться связь с ними в процессе рассмотрения существующей проблемы;
- какие существуют в наличии альтернативные методики, и какие результаты реально можно ожидать от их применения?

Достоинства метода:

- метод Дельфи способствует выработке независимости мышления членов группы.
- обеспечивает спокойное и объективное изучение проблем, которые требуют оценки.

Недостатки метода:

- чрезмерная субъективность оценок каждого отдельно взятого эксперта;
- требует достаточно много времени и организационных усилий.

Ожидаемый результат: согласованный список идей с их сопутствующими сильными и слабыми сторонами.

Сущность метода экспертных оценок прогнозирования заключается в выработке коллективного мнения группы специалистов в данной области и может быть представлен в виде схемы (рис.4.8.1).

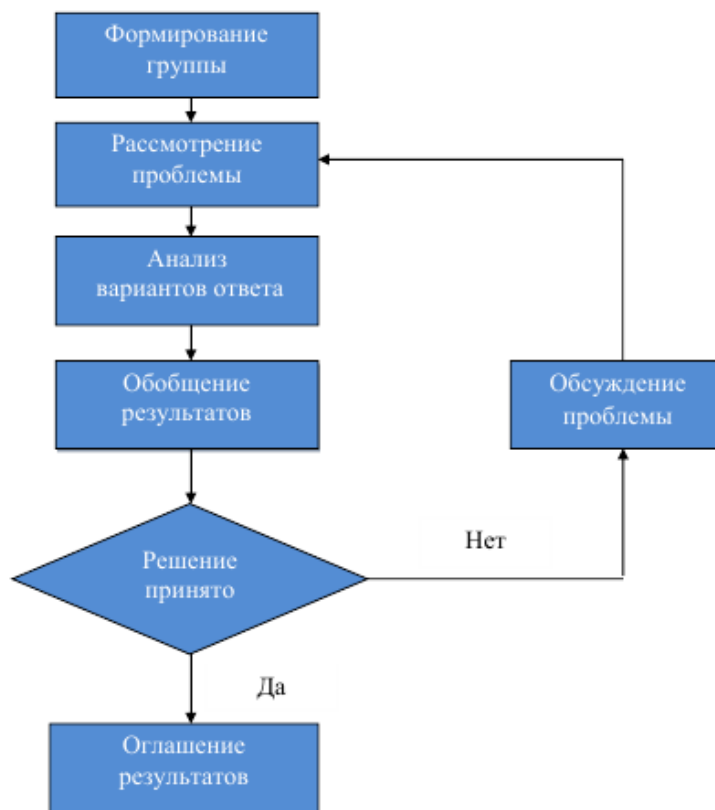


Рис.4.8.1. Сущность метода Дельфи

Для полноты картины использования метода экспертных оценок на практике рассмотрим основные приемы, используемые экспертами при решении поставленных задач.

*Мозговая атака.* Организуется он как собрание экспертов, на выступления которых наложено одно, но очень существенное ограничение - нельзя критиковать предложения других. Можно их развивать, можно высказывать свои идеи, но нельзя критиковать! В ходе заседания эксперты, "заражаясь" друг от друга, высказывают все более экстравагантные соображения. Часа через два записанное на магнитофон или видеокамеру заседание заканчивается, и начинается второй этап мозгового штурма - анализ высказанных идей. Обычно из 100 идей 30 заслуживают дальнейшей проработки, из 5-6 дают возможность сформулировать прикладные проекты, а 2-3 оказываются в итоге приносящими полезный эффект - прибыль, повышение экологической безопасности, оздоровление окружающей природной среды и т.п. При этом интерпретация идей - творческий процесс. Например, при обсуждении возможностей защиты кораблей от торпедной атаки была высказана идея: "Выстроить матросов вдоль борта и дуть на торпеду, чтобы

изменить ее курс". После проработки эта идея привела к созданию специальных устройств, создающих волны, сбивающие торпеду с курса.

*Метод «635»*- одна из разновидностей мозговой атаки. Цифры 6, 3, 5 обозначают шесть участников, каждый из которых должен записать три идеи в течение пяти минут. Лист ходит по кругу. Таким образом, за полчаса каждый запишет в свой актив 18 идей, а все вместе - 108. Структура идей четко определена. Возможны модификации метода. Этот метод широко используется в зарубежных странах (особенно в Японии) для отбора из множества идей наиболее оригинальных и прогрессивных по решению определенных проблем.

*Деловые игры* основаны на моделировании функционирования социальной системы управления при выполнении операций, направленных на достижение поставленной цели. В отличие от предыдущих методов, где экспертные оценки формируются в ходе коллективного обсуждения, деловые игры предполагают активную деятельность экспертной группы, за каждым членом которой закреплена определенная обязанность в соответствии с заранее составленными правилами и программой.

Основным достоинством деловых игр является возможность выработки решения в динамике с учетом всех этапов исследуемого процесса при взаимодействии всех элементов общественной системы управления. Недостаток заключается в сложности организации деловой игры в условиях, приближенных к реальной проблемной ситуации.

*Метод совещаний* («комиссий», «круглого стола») - самый простой и традиционный. Он предполагает проведение совещания или дискуссии с целью выработки единого коллективного мнения по решаемой проблеме. В отличие от метода «мозговой атаки» каждый эксперт может не только высказывать свое мнение, но и критиковать предложения других. В результате такого тщательного обсуждения уменьшается возможность ошибок при выработке решения.

Достоинством метода является простота его реализации. Однако на совещании может быть принято ошибочное мнение одного из участников в силу его авторитета, служебного положения, настойчивости или ораторских способностей.

*Метод комиссий*- один из методов экспертных оценок, основанный на работе специальных комиссий. Группы экспертов за "круглым столом" обсуждают ту или иную проблему с целью согласования точек зрения и выработки единого мнения. Недостаток этого метода заключается в том, что группа экспертов в своих суждениях руководствуется в основном логикой компромисса.

*Метод написания сценария* основан на определении логики процесса или явления во времени при различных условиях. Он предполагает установление последовательности событий, развивающихся при переходе от существующей ситуации к будущему состоянию объекта. Своеобразным сценарием может быть описание последовательности и условий международной интеграции хозяйства стран, включающее следующие вопросы:

- от каких простейших форм к более сложным должен пройти этот процесс;

- как он повлияет на национальное хозяйство и экономические связи стран;

- каковы финансовые, организационные, социальные, юридические проблемы, которые могут возникнуть в ходе интернационализации хозяйства.

Прогнозный сценарий определяет стратегию развития прогнозируемого объекта. Он должен отражать генеральную цель развития объекта, критерии оценки верхних уровней дерева целей, приоритеты проблем и ресурсы для достижения основных целей. В сценарии отображаются последовательное решение задачи, возможные препятствия. При этом используются необходимые материалы по развитию объекта прогнозирования.

Сценарий должен быть написан так, чтобы после ознакомления с ним стала ясна генеральная цель проводимой работы в свете социально-экономических задач на прогнозный период.

Он обычно носит многовариантный характер и освещает три линии поведения:

- оптимистическую - развитие системы в наиболее благоприятной ситуации;

- пессимистическую - развитие системы в наименее благоприятной ситуации;

- рабочую - развитие системы с учетом противодействия отрицательным факторам, появление которых наиболее вероятно.

В рамках прогнозного сценария целесообразно прорабатывать резервную стратегию на случай непредвиденных ситуаций.

Сценарий в готовом виде должен быть подвергнут анализу. На основании анализа информации, признанной пригодной для предстоящего прогноза, формулируются цели, определяются критерии, рассматриваются альтернативные решения.

*Метод суда* является разновидностью метода «совещаний» и реализуется по аналогии с ведением судебного процесса.

- В роли «подсудимых» выступают выбираемые варианты решения;

- в роли «судей» - лица, принимающие решение;

- в роли «прокуроров» и «защитников» - члены экспертной группы.

Роль «свидетелей» выполняют различные условия выбора и доводы экспертов. При ведении такого «судебного процесса» отклоняются или принимаются те или иные решения.

Метод «суда» целесообразно использовать при наличии нескольких индивидуального экспертного оценивания состоят в их оперативности, возможности в полной мере использовать индивидуальные способности эксперта, отсутствии давления со стороны авторитетов и в низких затратах на экспертизу. Главным их недостатком является высокая степень групп экспертов, придерживающихся различных вариантов решения.

Методы получения индивидуального мнения членов экспертной группы основаны на предварительном получении информации от экспертов, опрашиваемых независимо друг от друга, с последующей обработкой полученных данных. К этим методам можно отнести методы анкетного опроса, интервью и методы «Дельфи». Основные преимущества метода субъективности получаемых оценок из-за ограниченности знаний одного эксперта.

*Метод интервью* предполагает беседу прогнозиста с экспертом по схеме вопрос - ответ, в процессе которой прогнозист в соответствии с заранее разработанной программой ставит перед экспертом вопросы относительно перспектив развития прогнозируемого объекта. Успех такой оценки в значительной степени зависит от способности эксперта экспромтом давать заключение по разным вопросам.

*Аналитический метод* предусматривает тщательную самостоятельную работу эксперта над анализом тенденций, оценкой состояния и путей развития прогнозируемого объекта. Эксперт может использовать всю необходимую ему информацию об объекте прогноза. Свои выводы он оформляет в виде докладной записки. Основное преимущество этого метода - возможность максимального использования индивидуальных способностей эксперта. Однако он мало пригоден для прогнозирования сложных систем и выработки стратегии из-за ограниченности знаний одного специалиста-эксперта в смежных областях знаний.

Следует учитывать, что мнение экспертов напрямую связано с теорией вероятности. Т.е. любое прогнозируемое событие может произойти с определенной точностью. Именно эту точность принято называть вероятностью случайного события. Любой эксперимент является случайным событием. Так расчет пожарного риска – не более и не менее является величиной случайной, вероятность реализации которой на практике предопределена цепочкой наиболее вероятных условий, по которому развивается сценарий пожара. Чтобы понимать это рассмотрим кратко основные положения теории вероятности.

#### **4.9 Вероятность случайных событий**

Начиная экспериментальную проверку выдвинутой гипотезы, исследователь априори делает попытку спрогнозировать ожидаемый результат. Однако на практике всё может пойти не так, как предполагалось и задумывалось. Обычно это связано с недостаточной проработкой гипотезы, либо с тем, что исследователь не учел ряд факторов, которые могут существенным образом повлиять на окончательный результат. Подобные промахи носят вероятностный характер и могут быть учтены при планировании эксперимента.

Следует отметить, что вероятностный подход широко используется в практике расчета пожарных рисков, эвакуационных мероприятий и ликвидации ЧС, для чего строятся сценарии событий и оценивается вероятность их реализации. Исходя из этого, разрабатываются планы соответствующих мероприятий.



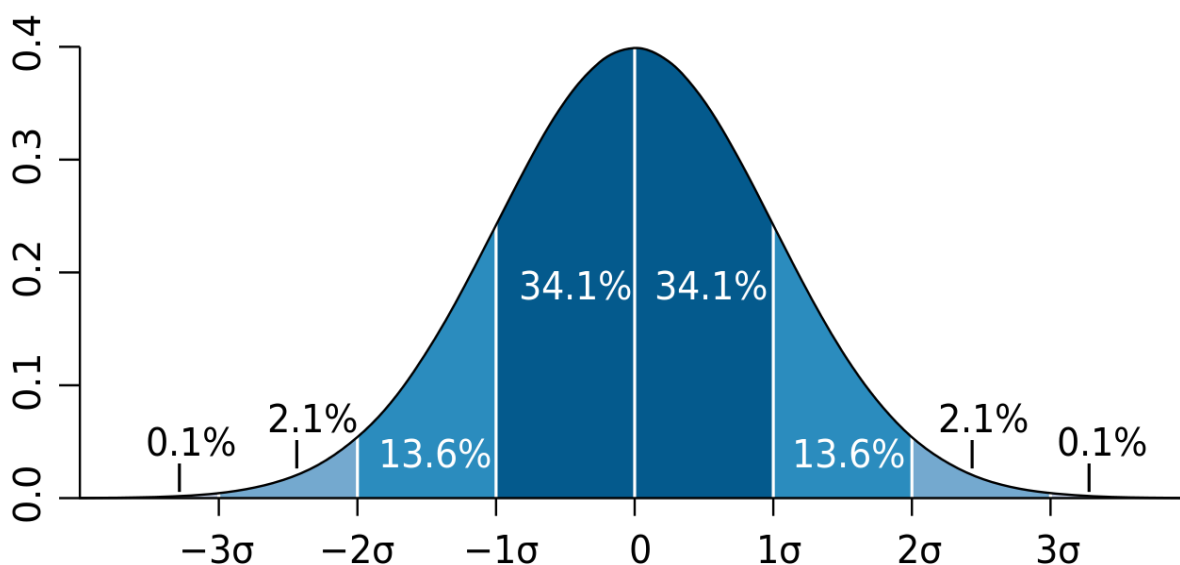
Чтобы понять сущность вопроса, связанного с возникновением случайных событий и их учетом, необходимо остановиться на рассмотрении теории вероятностей.

*Теория вероятностей* – раздел математики, изучающий случайные события, случайные величины, их свойства и операции над ними.

Основными понятиями, позволяющими строить прогнозы на основе вероятности реализации случайного события, являются собственно функция распределения вероятности и ее плотность.

Функция распределения в теории вероятностей - функция, характеризующая распределение случайной величины или случайного вектора; вероятность того, что случайная величина  $X$  примет значение, меньшее или равное  $x$ , где  $x$  - произвольное действительное число. При соблюдении известных условий полностью определяет случайную величину.

Плотность вероятности (рис.4.9.1) - один из способов задания распределения случайной величины. Во многих практических приложениях понятия «плотность вероятности» и «плотность (распределения)случайной величины» или «функция распределения вероятностей» фактически синонимизируются и под ними подразумевается вещественная функция, характеризующая сравнительную вероятность реализации тех или иных значений случайной переменной (переменных).



**Рис.4.9.1.**Плотность распределения случайных событий

Оценивая экспериментальные результаты, будем называть испытанием (опытом, наблюдением, измерением) некоторую совокупность действий. Предполагается, в общем случае, что испытание можно повторить неограниченное число раз.

Событием (случайным событием) называется всякий факт, который может произойти или не произойти в результате опыта. События обозначаются буквами  $A, B, C, D, \dots$

Вероятностью события называется численная мера возможности появления события в результате данного опыта. Вероятность события  $A$  обозначается  $P(A)$ . Событие  $W$ , которое обязательно произойдет в результате опыта, называется достоверным:  $P(W) = 1$ . Событие  $\bar{A}$ , которое никогда не может произойти в результате опыта, называется невозможным:  $P(\bar{A}) = 0$ . Событие  $A$ , о котором нельзя заранее сказать произойдет оно или нет в результате опыта, называется случайным:  $0 \leq P(A) \leq 1$ .

Суммой событий  $A+B$  называется событие, состоящее в осуществлении хотя бы одного из событий  $A$  или  $B$  (безразлично, какого именно, или обоих, если это возможно).

События  $A$  и  $B$  называются несовместными, если они не могут произойти одновременно при одном и том же испытании. Вероятность суммы двух несовместных событий равна сумме вероятностей этих событий:

$$P(A+B) = P(A) + P(B) \quad (4.8.1)$$

Два случайных события называются противоположными, если появление одного из них равносильно не появлению другого. Если одно из этих событий обозначить  $A$ , то другое (противоположное) обозначают  $\bar{A}$  (читается «не  $A$ »). Событие  $\bar{A}$  означает, что  $A$  не произошло:

$$P(A) + P(\bar{A}) = 1 \quad (4.8.2)$$

Произведением двух событий  $AB$  называется событие, состоящее в том, что оба события произошли одновременно. Если появление каждого из событий не зависит от того, произошло или нет другое, то события называются независимыми, и вероятность их произведения равна произведению вероятностей этих событий:

$$P(AB) = P(A) \times P(B) \quad (4.8.3)$$

Если вероятность появления события  $B$  изменяется в зависимости от того, произошло или нет событие  $A$ , то такие события называются зависимыми. Вероятность события  $B$  при условии, что событие  $A$  уже произошло, обозначается

$$P_A(B) \quad (4.8.4)$$

Вероятность произведения зависимых событий определяется формулой

$$P(AB) = P(A) \times P_A(B) \quad (4.8.5)$$

Если события  $A$  и  $B$  несовместные, то  $P(AB) = 0$ .

Формула для вычисления вероятности суммы двух событий, все равно каких, совместных или нет, имеет вид:

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(AB) \quad (4.8.6)$$

Полной группой событий называется несколько событий таких, что в результате опыта непременно должно произойти хотя бы одно из них.

Несколько событий в данном опыте называются равновероятными, если нет оснований считать какое-либо из них более возможным, чем другое. События

$$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$$

называются элементарными, если они образуют полную группу событий, несовместны (то есть никакие два из них не могут произойти одновременно) и равновозможны. Если некоторое событие  $A$  происходит в результате появления одного из элементарных событий

$$\omega_i, \omega_{i+1}, \dots, \omega_k$$

то эти элементарные события называются благоприятствующими событию  $A$ .

Классическое определение вероятности. Пусть в результате опыта может произойти одно из  $n$  элементарных событий, причем событию  $A$  благоприятствуют  $m$  из них ( $m \leq n$ ). Тогда вероятностью события  $A$  называется отношение числа элементарных исходов, благоприятствующих появлению события  $A$ , к общему числу равновозможных элементарных исходов:  $P(A) = m/n$ .

*Пример.* Найти вероятность того, что из пяти букв слова ДОМИК, выбрав в произвольном порядке три из этих букв, получим слово КОД.

*Решение.* Пусть случайное событие  $A$  состоит в том, что получено слово КОД. Число равновозможных элементарных исходов равно числу размещений из 5 элементов по 3:

$$n = A_5^3 = \frac{5!}{(5-3)!} = 60$$

Поскольку все буквы в первоначальном слове разные, то среди 60 исходов не будет двух одинаковых, то есть слово КОД встречается только один раз:  $m=1$ ,  $P(A) = 1/60$ .

В некоторых случаях не удастся перечислить или посчитать все элементарные и благоприятствующие исходы. Тогда принимается какая-либо другая мера подсчета (например, площадь фигуры или объем тела). Такие вероятности называются геометрическими. Если обозначить  $W$  - пространство элементарных исходов, то можно записать

$$P(A) = \frac{\text{мера } A}{\text{мера } \Omega}$$

*Пример.* В круг радиуса  $R$  вписан квадрат. Из круга наудачу выбирается точка. Какова вероятность того, что эта точка лежит внутри квадрата?

*Решение.* Событие  $A$  состоит в том, что наудачу выбранная из круга точка оказалась лежащей внутри квадрата. Понятно, что посчитать количество точек внутри круга и внутри квадрата невозможно, поэтому мерой числа равновозможных элементарных исходов будет площадь круга

$$S_1 = \pi R^2$$

а мерой числа благоприятных исходов – площадь квадрата

$$S_2 = 2R^2$$

$$P(A) = \frac{S_2}{S_1} = \frac{2R^2}{\pi R^2} = \frac{2}{\pi}$$

Рассмотрим пример решения задачи с применением указанных выше формул.

*Задача.* В двух ящиках содержатся синие и красные шары: в первом ящике 6 синих и 7 красных, во втором ящике – 4 синих и 5 красных. Из каждого ящика извлекают по одному шару.

Найти:

- 1) вероятность того, что хотя бы один из вынутых шаров будет красным;
- 2) вероятность того, что только один из шаров будет красным.

Решение. Пусть событие  $A$  состоит в том, что хотя бы один из вынутых шаров красный. Обозначим за  $A_1$  и  $A_2$  события, состоящие в извлечении красного шара из первого и из второго ящиков соответственно. Тогда событие  $A$  будет выражено через события  $A_1$  и  $A_2$  формулой  $A = A_1 + A_2$ , а вероятность этого события, согласно правилу нахождения вероятности суммы двух событий  $P(A) = P(A_1) + P(A_2) - P(A_1 \cdot A_2)$ .

События  $A_1$  и  $A_2$  - независимые, поэтому  $P(A_n) = P(A_1) \cdot P(A_2)$ .

Вычислим вероятности событий.

Для первого случая ( $n = 1$ ), когда в первом ящике находится 13 шаров, из них 7 красные:

$$P(A_1) = \frac{7}{13}$$

Во втором ящике = 9 шаров, из них 5 – красные, то есть

$$P(A_2) = \frac{5}{9}$$

В итоге получаем:

$$P(A) = \frac{7}{13} + \frac{5}{9} - \left( \frac{7}{13} \cdot \frac{5}{9} \right) = \frac{31}{39}$$

Этот же результат можно было получить, рассматривая противоположное событие  $\bar{A}$ , состоящее в том, что ни один из вынутых шаров не оказался красным:

$$A = \bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2, P(\bar{A}) = P(\bar{A}_1) \cdot P(\bar{A}_2)$$

$$P(A) = 1 - P(\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2)$$

Подставив числовые значения  $P(\overline{A_1}) = \frac{6}{13}$ , и  $P(\overline{A_2}) = \frac{4}{9}$ , получим

$$P(A) = 1 - \frac{6}{13} \cdot \frac{4}{9} = \frac{31}{39}.$$

Пусть событие  $B$  состоит в том, что только один из вынутых шаров

оказался красным  $B = A_1 \cdot \overline{A_2} + A_2 \cdot \overline{A_1}$ .

События  $A_1 \cdot \overline{A_2}$  и  $A_2 \cdot \overline{A_1}$  несовместные, поэтому

$$P(B) = P(A_1) \cdot P(\overline{A_2}) + P(A_2) \cdot P(\overline{A_1}),$$

$$P(B) = \frac{7}{13} \cdot \frac{4}{9} + \frac{5}{9} \cdot \frac{6}{13} = \frac{58}{117}$$

Теория вероятностей широко используется в задачах, связанных с расчетом пожарных рисков. Зачастую основным вопросом, которым задаются специалисты, занимающиеся прогнозированием возникновения аварий и ЧС, и неизбежно возникающем при решении оценивания и анализа риска, является «в течение какого периода времени это может произойти?». Логичным ответом на данный вопрос является расчет величины показателя вероятности события, который имеет размерность обратной времени (например,  $1 \times 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>, т.е. 1 раз в 1000 лет). Величины, имеющие такую размерность, носят название повторяемость, частота или интенсивность возникновения события (в нашем примере – аварий или ЧС). При этом следует учитывать тот факт, что с точки зрения классической теории вероятностей, перечисленные понятия не являются синонимами.

Данные методы также положены в основу составления планов эвакуации, где неблагоприятный сценарий является определяющим при расчетах времени эвакуации.

Приведенные примеры являются не единичными. Вероятностный подход к решению многих задач, связанных с обеспечением пожарной безопасности объектов защиты, играет определяющее значение, причем для обеспечения большей надежности мероприятий выбирается наиболее сложный и тяжелый вариант развития событий.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Назовите этапы подготовки и проведения эксперимента?
2. Что такое вероятностный подход?
3. Что такое функция распределения?
4. Что такое плотность вероятности?
5. Что называется случайным событием?
6. Что такое вероятность события?
7. Перечислите методы принятия управленческих решений?

8. Охарактеризуйте метод Дельфи?
9. Охарактеризуйте метод суда?
10. Дайте характеристику метода интервью.
11. Дайте характеристику аналитическому методу.

## **ГЛАВА 5 ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Ранее было отмечено, что важнейшим условием выполнения экспериментального исследования является правильный выбор экспериментатором входных и выходных параметров. Входные параметры, которые оказывают влияние на состояние объекта и могут быть измерены, называют факторами. Каждый фактор характеризуется областью определения, которая должна быть установлена до проведения измерений. Эта область может быть дискретной или непрерывной. Массив полученных экспериментальных данных подлежит обработке, анализу и осмыслению. Для обработки первичных результатов эксперимента используют традиционный математический аппарат и статистические приемы обработки данных. Большинство процессов, связанных с проведением научных исследований описываются математическими функциями. С возникновением математического анализа математике стало доступно изучение и отражение развивающихся процессов реального мира; в математику вошли переменные величины и движение. Отсюда объективная важность математического анализа как средства изучения функций и обработки экспериментальных данных.

Ранее отмечалось, что кроме всего прочего каждый эксперимент представляет собой совокупность трех составных частей: исследуемого явления (процесса, объекта), условий и средств проведения эксперимента. Эксперимент проводится в несколько этапов:

- 1) предметно-содержательное изучение исследуемого процесса и его математическое описание на основе имеющейся априорной информации, анализ и определение условий и средств проведения эксперимента;
- 2) создание условий для проведения эксперимента и функционирования исследуемого объекта в желаемом режиме, обеспечивающем наиболее эффективное наблюдение за ним;
- 3) сбор, регистрация и математическая обработка экспериментальных данных, представление результатов обработки в требуемой форме;
- 4) содержательный анализ и интерпретация результатов эксперимента;
- 5) использование результатов эксперимента, например коррекция физической модели явления или объекта, применение модели для прогноза, управления или оптимизации и др.

В зависимости от типа исследуемого объекта (явления) выделяют несколько классов экспериментов: физические, инженерные, медицинские, биологические, экономические, социологические и др. Наиболее глубоко разработаны общие вопросы проведения физических и инженерных экспериментов, в которых исследуются естественные или искусственные физические объекты (устройства) и протекающие в них процессы.

Результатом эксперимента в широком смысле является теоретическое осмысление экспериментальных данных и установление законов и причинно-следственных связей, позволяющих предсказывать ход интересующих исследователя явлений, выбирать такие условия, при которых удастся добиться требуемого или наиболее благоприятного их протекания. В более узком смысле под результатом эксперимента часто понимается математическая модель конкретного процесса или явления.

Большинство исследований проводят для установления с помощью эксперимента функциональных или статистических связей между несколькими величинами или для решения экстремальных задач. Классический метод постановки эксперимента предусматривает фиксирование на принятых уровнях всех переменных факторов, кроме одного, значения которого определенным образом изменяют в области его определения. Этот метод составляет основу однофакторного эксперимента (такой эксперимент часто называют пассивным). Использование однофакторного эксперимента для всестороннего исследования многофакторного процесса требует постановки очень большого числа опытов, что влечет за собой значительных затрат времени и сил.

Результаты однофакторных экспериментов, полученные при исследовании многофакторных систем, часто малопригодны для практического использования.

Для изучения многофакторных систем наиболее целесообразным является применение статистических методов планирования эксперимента.

Напомним о том, что планирование эксперимента по сути своей является разделом математической статистики. В нем рассматриваются статистические методы планирования эксперимента. Эти методы позволяют во многих случаях при минимальном числе опытов получать модели многофакторных процессов. При этом под планированием эксперимента следует понимать процесс определения числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

При планировании эксперимента статистические методы применяются на всех этапах исследования и, прежде всего, перед постановкой опытов, разрабатывая схему эксперимента, а также в ходе эксперимента, при обработке результатов и после эксперимента, принимая решения о дальнейших действиях. Именно такой эксперимент называют активным и он предполагает планирование эксперимента.

Чаще всего активный эксперимент ставят для решения одной из двух основных задач. Первую задачу называют экстремальной. Она заключается в отыскании условий процесса, обеспечивающих получение оптимального значения выбранного параметра. Признаком экстремальных задач является требование поиска экстремума некоторой функции. Эксперименты, которые ставят для решения задач оптимизации, называют экстремальными.

Вторую задачу называют интерполяционной. Она состоит в построении интерполяционной формулы для предсказания значений изучаемого параметра, зависящего от ряда факторов.



Для решения экстремальной или интерполяционной задачи необходимо иметь математическую модель исследуемого объекта. Модель объекта получают, используя результаты опытов.

Рассмотрим основные положения и выкладки высшей математики, которые будут необходимы любому исследователю на этапе обработки экспериментальных данных.

## 5.1 Обработка экспериментальных данных

Наблюдая и измеряя характеристики объекта, экспериментатор собирает первичный статистический материал. Дальнейшая задача состоит в такой обработке и представлении первичных данных, которые позволили бы оценить и сопоставить результаты для проверки гипотез, для выявления существенных свойств и закономерностей педагогического процесса. В основе методов обработки лежит предварительное упорядочение, систематизация первичных данных и вычисление их статистических характеристик.

Обобщенный алгоритм подготовки данных может быть представлен следующим операциями:

а) все данные формулируются и записываются в необходимой краткой форме;

б) проводится группировка данных, то есть распределение их на однородные группы в соответствии с интересующими экспериментатора признаками. Данные в каждой группе упорядочиваются - классифицируются, сортируются, структурируются в соответствии с той моделью, которая разрабатывалась при составлении плана-программы (линейный, параллельный или перекрестный эксперимент);

в) устанавливаются характеристики (признаки, параметры каждой группы данных и производится подсчет абсолютного числа факторов, характеризующих группу (число учащихся, уроков, отметок, ответов и т.д.);

г) данные внутри каждой сформированной группы располагаются в ряд (вариационный ряд) по убыванию или возрастанию признака. Определяется наибольшее и наименьшее значения признака;

д) вариационные ряды данных, полученных в номинальной или порядковой шкале, ранжируются. Интервалы группировки по рангам выбираются оптимальными (слишком крупные интервалы скрывают нюансы явлений, слишком дробные - затрудняют обработку). В результате этой операции появляются новые количественные данные;

е) проводится статистическая обработка полученных количественных данных, заключающаяся в вычислении некоторых статистических характеристик и оценок, позволяющих глубже понять особенности экспериментальных явлений;

ж) составляются наглядные материалы, отображающие полученную информацию: таблицы, графики, диаграммы, схемы и др., по которым в дальнейшем устанавливаются и анализируются связи между параметрами экспериментальных объектов.

Получаемые в результате проведения эксперимента показатели (параметры, результаты) имеют вероятностный характер: одно и то же воздействие может приводить к различным следствиям (случайные события). Тем не менее, при многократном воспроизведении условий определенные следствия появляются чаще других, - это и есть проявление так называемых статистических закономерностей (изучением которых занимаются теория вероятностей и математическая статистика).

Методы математической статистики в последние десятилетия стали применяться в самых разных научных исследованиях. Поэтому экспериментатору необходимо знание ряда простейших понятий математической статистики и умение с ними работать.

Все множество интересующих исследователя однородных явлений, событий или их показателей называется генеральной совокупностью данных объектов. Та часть последней, которая подвергается экспериментальному изучению, называется выборочными совокупностью или выборкой.

*Величина* (объем) выборки представляет собой абсолютное (счетное) количество однородных объектов исследования (явлений, событий или их характеристик).

Выборка характеризуется рядом статистических характеристик, наиболее употребительными из которых являются: относительное (процентное) значение, удельное значение, среднее арифметическое значение, дисперсия, среднее квадратичное отклонение среднего арифметического.

*Относительное значение* данного показателя - это отношение числа объектов, имеющих этот показатель, к величине выборки. Выражается относительным числом или в процентах (процентное значение).

*Пример:* Успеваемость в группе = числу положительных итоговых отметок, деленному на число всех учащихся класса. Умножение этого значения на 100 дает успеваемость в процентах.

*Удельное значение* данного признака - это расчетная величина, показывающая количество объектов с данным показателем, которое содержалось бы в условной выборке, состоящей из 10, или 100, 1000 и т. д. объектов.

*Пример:* Для сравнения уровня правонарушений в разных регионах берется удельная величина - количество правонарушений на 1000 человек (N).

$N = (\text{число правонарушений в регионе}) * 1000$  (население региона).

Среднее значение данного показателя выборочной совокупности (арифметическое среднее, выборочное среднее) - это отношение суммы всех измеренных значений показателя к величине выборки.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (5.1.1)$$

Среднее значение недостаточно полно характеризует выборку; за ним скрывается “поведение” самого показателя явления - “разброс”, различное распределение его значений около среднего (так называемая “функция распределения”).

Пример: Наблюдение посещаемости четырех внеклассных мероприятий в экспериментальном (20 учащихся) и контрольном (30) классах дали значения (соответственно): 18, 20, 20, 18 и 15, 23, 10, 28. Среднее значение посещаемости в обоих классах получается одинаковое - 19. Однако видно, что в контрольном классе этот показатель подчинен воздействию каких-то специфических факторов.

Для оценки степени разброса (отклонения) какого-то показателя от его среднего значения, наряду с максимальным и минимальным значениями, используются понятия дисперсии и среднего квадратичного отклонения. *Дисперсией* (2) статистического показателя называется среднее значение квадратов отклонений отдельных его значений от среднего выборочного; дисперсия определяется по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{(\bar{X} - X_1)^2 + (\bar{X} - X_2)^2 + \dots + (\bar{X} - X_n)^2}{n - 1} \quad (5.1.2)$$

*Средним квадратическим отклонением*(экспериментальным) называется корень квадратный из дисперсии.

$$\sigma_{\text{эксп}} = \sqrt{\sigma^2} \quad (5.1.3)$$

Дисперсия и среднее квадратичное отклонение играют большую роль при определении степени достоверности результатов.

Генеральная совокупность также обладает всеми вышперечисленными статистическими характеристиками, которые в общем случае не совпадают с характеристиками выборки. Для эксперимента особое значение, имеет оценка той ошибки, которая допускается, если по выборочным характеристикам судить о генеральной совокупности.

В практике вычислений величина расхождения средних значений генеральной и выборочной совокупностей определяется средней квадратической ошибкой выборочного среднего, которая вычисляется по формуле

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{\text{эксп}}}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_1 (\bar{X} - X_i)^2}{n(n - 1)}} \quad (5.1.4)$$

Теоретические методы исследования в науке дают возможность раскрыть качественные характеристики изучаемых явлений. Эти характеристики будут полнее и глубже, если накопленный эмпирический материал подвергнуть количественной обработке. Однако проблема количественных измерений, в частности, в рамках психолого-педагогических исследований очень сложна. Эта сложность заключается, прежде всего, в субъективно-причинном многообразии педагогической деятельности и ее результатов, в самом объекте измерения, находящемся в состоянии непрерывного движения и изменения. Вместе с тем введение в исследование количественных показателей стало сегодня необходимым и обязательным

компонентом получения объективных данных о результатах труда. С этой целью при исследовании проблем психологии применяются методы математической статистики. С их помощью решаются различные задачи: обработка фактического материала, получение новых, дополнительных данных, обоснование научной организации исследования и др.

Правильное применение статистики позволяет экспериментатору:

- строить статистические предсказания;
- обобщать данные эксперимента;
- находить зависимость между экспериментальными данными;
- строго обосновывать экспериментальные планы;
- доказывать правильность и обоснованность используемых методических приемов и методов.

Нельзя забывать, однако, что сами по себе методы статистики – это только инструмент, помогающий экспериментатору эффективно разбираться в сложном исследуемом материале. Наиболее важным при проведении любого эксперимента является четкая постановка задачи, тщательное планирование эксперимента, построение непротиворечивых гипотез.

Методы математической статистики в руках исследователя могут и должны быть мощным инструментом, позволяющим не только успешно лавировать в море экспериментальных данных, но и, прежде всего, способствовать становлению его объективного мышления.

Методами статистической обработки результатов эксперимента называются математические приемы, формулы, способы количественных расчетов, с помощью которых показатели, получаемые в ходе эксперимента, можно обобщать, приводить в систему, выявляя скрытые в них закономерности. Речь идет о таких закономерностях статистического характера, которые существуют между изучаемыми в эксперименте переменными величинами.

Все методы математико-статистического анализа условно делятся на первичные и вторичные. Первичными называют методы, с помощью которых можно получить показатели, непосредственно отражающие результаты производимых в эксперименте измерений. Соответственно под первичными статистическими показателями имеются в виду те, которые применяются в самих психодиагностических методиках и являются итогом начальной статистической обработки результатов психодиагностики. К первичным методам статистической обработки относят, например, определение выборочной средней величины, выборочной дисперсии, выборочной моды и выборочной медианы. Вторичными называются методы статистической обработки, с помощью которых на базе первичных данных выявляют скрытые в них статистические закономерности. В число вторичных методов обычно включают корреляционный анализ, регрессионный анализ, методы сравнения первичных статистик у двух или нескольких выборок.

## 5.2 Анализ и обобщение результатов исследования

Если экспериментальный план выполнен успешно и проведены соответствующие измерения, исследователь приступает к обработке полученных результатов. Это предполагает представление результатов в виде таблиц, графиков, схем, диаграмм, рисунков, позволяющих интерпретировать собранные данные, анализировать и выявлять те или иные зависимости, делать выводы, разрабатывать рекомендации, учитывая, конечно полноту и точность собранного материала.

Представление информации в указанном виде требует использования таких методов анализа, как простые и комбинационные группировки, расчет средних величин, регрессионный, корреляционный, дисперсионный, факторный и кластерный анализы. Основная задача статистических методов, которым принадлежит решающая роль среди всей совокупности методов обработки и анализа, состоит в установлении роли различных факторов в развитии и функционировании организационно-психологических процессов. Однако подобная обработка данных возможна только при условии их количественного измерения.

Ряд формальных характеристик (стаж работы, возраст, уровень заработной платы и др.) имеет количественную определенность. Однако большинство организационно-психологических явлений, процессов и свойств такой количественной определенности не имеет. Причем исследователю важно определить не только их наличие или отсутствие, но и интенсивность проявления. Для этого исследователь вынужден создавать специальную процедуру приписывания количественной определенности изучаемым качественным признакам. Такая процедура носит название квантификации, или измерения.

Инструментом измерения выступает шкала, являющаяся способом упорядочения изучаемых организационно-психологических и поведенческих характеристик. С помощью заранее разработанных шкал могут быть измерены все, даже самые сложные организационные явления. Чтобы измерить то или иное свойство, необходимо предварительно уточнить содержание терминов, его описывающих, операционализировать его и найти соответствующие индикаторы - внешние признаки измеряемых свойств.

Процедура измерения должна проводиться не только на стадии обработки и анализа данных, но уже на этапе разработки. Варианты ответов располагаются в той или иной последовательности, образуя шкалу измерения.

Общий алгоритм содержательного анализа данных эксперимента строится исходя из основных задач анализа, заложенных в логику исследования, а также справедливости гипотез и степени достижения целей и задач эксперимента.

Но не менее важной задачей является объяснение внутренних причин получившихся результатов, психологическая интерпретация выводов. Л. В. Занков предостерегал исследователей в области педагогики от установления лишь поверхностных, эмпирических связей типа: учитель действовал так-то -

получилось то-то; учитель действовал иначе - получилось другое. Такой анализ, не дающий объяснения эффективности педагогических воздействий, обедняет выводы, сужает область их применения. Поэтому следует обсудить весь комплекс количественных и качественных показателей, измерений и наблюдений педагогического процесса, на основе чего открывается возможность объяснить результаты и перейти к формулированию выводов.

Важнейшим условием такого всестороннего и глубокого анализа является квалификация экспериментатора, его способность к анализу и осмыслению - обобщению фактов. Экспериментатору следует также предостеречься от опасности субъективизма в интерпретации данных, подгонки данных к имеющейся гипотезе. Ведь результаты эксперимента обрабатываются теми, кто его проводит, и это накладывает на экспериментатора и руководителя особую ответственность.

Большую роль играет владение некоторыми специальными способами предоставления полученных данных в наглядной (краткой и схематизированной) форме. Информация, сконцентрированная на одной небольшой площади, позволяет одновременно воспринимать различные по содержанию сведения в их сравнении.

Табличный способ изображения данных позволяет представить подробные количественные данные с кратким сопроводительным объясняющим текстом. Таким текстом служат название таблицы, раскрывающее связь между числовыми рядами, и внутренние заголовки таблицы (указывающие измеряемые признаки, место, время, единицы измерения и т. п.).

*Матрица* представляет собой разновидность таблицы со строками и рядами, имеющими какие-либо функционально-логические связи. При составлении матрицы связи или их отсутствие отмечаются в клетках условными знаками. Результирующий вид матрицы обнаруживает наличие связей между различными факторами педагогического процесса.

*Графики* еще более наглядно, чем таблицы, отображают изменение экспериментальных данных. Графики - полигоны строятся в прямоугольной системе координат, в которой на оси "X" отмечается значение независимой переменной (время, место, категория и др.), а по оси "Y" - значение или порядок признака.

*Гистограмма* представляет собой разновидность графика, в котором по оси "Y" откладываются интервальные (дискретные значения какой-либо группировки, в результате чего график становится «ступенчатым»).

Диаграммы сопоставляют количественную информацию в виде площадей различных фигур (круг, прямоугольник и др.).

*Графы* - особый вид графического отображения данных результатов; это фигура, состоящая из точек — вершин, соединенных отрезками-ребрами. Вершины графа могут обозначать различные компоненты педагогического процесса, параметры, факторы, а ребра — отношения и связи между ними. Графы (как модели) часто применяются на этапе прогнозирования

эксперимента, а на обобщающем этапе с ними сопоставляются результаты. Простейшим примером графа служит “дерево” целей.

Статистические показатели, получаемые на основе номинальных и порядковых измерений, предоставляют экспериментатору богатый аналитический материал, однако их следует использовать весьма осторожно и обязательно вместе с материалом, полученным из других источников. Статистические характеристики предназначены, прежде всего, для обработки измерений, выраженных в интервальной шкале. Операции же с номинальными и порядковыми показателями осуществляются условно (с определенной степенью огрубления) и допустимы лишь в рамках межгруппового сравнения.

В практике нестрогого экспериментирования целесообразно данные статистического анализа использовать для выработки решений и выводов наряду с разнообразными качественными характеристиками педагогического процесса и другими материалами.

После анализа и обобщения полученных результатов исследователь получает возможность перейти к проверке правильности исходной гипотезы и окончательной формулировке установленных (новых) фактов или взаимосвязей

В случае подтверждения правильности гипотезы и установленных фактов и взаимосвязей предварительное (гипотетическое) объяснение проблемы получает научную обоснованность, и исследователь вправе давать рекомендации по ее решению, т. е. он в состоянии не только объяснить проблему, но и прогнозировать ее дальнейшее развитие.

Методы интерпретации данных корректнее называть подходами, поскольку они являются в первую очередь объяснительными принципами, предопределяющими направление интерпретации результатов исследования. В научной практике получили развитие генетический, структурный, функциональный, комплексный и системный подходы. Использование того или иного метода не означает отбрасывания других.

*Генетический подход* – это способ исследования и объяснения явлений (в том числе - психических), основанный на анализе их развития, как в онтогенетическом, так и филогенетическом планах. При этом требуется установление:

- 1) начальных условий возникновения явления;
- 2) главных этапов;
- 3) основных тенденций его развития.

Цель генетического подхода – выявление связи изучаемых явлений во времени, прослеживание перехода от низших форм к высшим.

Чаще всего генетический подход применяется при интерпретации результатов в психологии развития: сравнительной, возрастной, исторической. Любое лонгитюдное исследование предполагает применение рассматриваемого подхода.

Лонгитюдное исследование (англ. *Longitudinalstudy* от *longitude* - долговременный) - научный метод, применяемый, в частности, в социологии и психологии, в котором изучается одна и та же группа объектов (в психологии -

людей) в течение времени, за которое эти объекты успевают существенным образом поменять какие-либо свои значимые признаки.

Генетический подход рассматривается как методическая реализация одного из основных принципов психологии, а именно принципа развития. При таком видении другие варианты реализации этого принципа рассматриваются как модификации генетического подхода (исторический и эволюционный подходы).

*Структурный подход* - направление, ориентированное на выявление и описание структуры объектов (явлений). Для него характерно: углубленное внимание к описанию актуального состояния объектов; выяснение внутренне присущих им вневременных свойств; интерес не к изолированным фактам, а к отношениям между ними. В итоге строится система взаимосвязей между элементами объекта на различных уровнях его организации.

Достоинством структурного подхода является возможность наглядного представления результатов в виде различных моделей. Эти модели могут даваться в форме описаний, перечня элементов, графической схемы, классификации и пр. Примеры подобного моделирования можно найти у З. Фрейда, Г. Айзенка и др.

Структурный подход часто применяется в исследованиях, посвященных изучению конституциональной организации психики и ее материального субстрата – нервной системы. Данный подход привел к созданию И.П. Павловым типологии высшей нервной деятельности, который затем был развит Б.М. Тепловым и В.Д. Небылицыным. Структурные модели человеческой психики в пространственном и функциональном аспектах представлены в работах В.А. Ганзена, В.В. Никандрова и др.

*Функциональный подход* ориентирован на выявление и изучение функций объектов (явлений). Он применяется главным образом при изучении связей объекта со средой. Этот подход исходит из принципа саморегуляции и поддержания равновесия объектов действительности. Примерами реализации функционального подхода в истории науки являются такие известные направления, как функциональная психология и бихевиоризм. Классическим образцом воплощения функционального подхода в психологии является динамическая теория поля К. Левина. В современной психологии функциональный подход обогащается компонентами структурного и генетического анализа. Общеизвестным считается представление о многоуровневости и многофазности всех психических функций человека, действующих одновременно на всех уровнях как единое целое. Элементы структур большинства авторов соответствующих моделей рассматривают также и как функциональные единицы, олицетворяющие определенные связи человека с действительностью.

*Комплексный подход* - это направление, рассматривающее объект исследования как совокупность компонентов, подлежащих изучению с помощью соответствующей совокупности методов. Компоненты могут быть как относительно однородными частями целого, так и его разнородными сторонами, характеризующими изучаемый объект в разных аспектах.



Часто комплексный подход предполагает изучение сложного объекта методами различных наук, т. е. организацию междисциплинарного исследования. Очевидно, что он предполагает применение в той или иной мере и всех предыдущих интерпретационных методов.

Яркий пример реализации комплексного подхода в науке – концепция человекознания, согласно которой человек как объект изучения подлежит скоординированному исследованию большого комплекса наук. В психологии эта идея комплексности изучения человека была четко сформулирована Б.Г. Ананьевым. Человек рассматривается одновременно как представитель биологического вида (индивид), носитель сознания и активный элемент познавательной и преобразующей действительности деятельности (субъект), субъект социальных отношений (личность) и уникальное единство социально значимых биологических, социальных и психологических особенностей (индивидуальность).

*Системный подход* – это методологическое направление в изучении реальности, рассматривающее любой ее фрагмент как систему. Основателем системного подхода как неотъемлемого методологического и методического компонента научного познания можно считать австрийского ученого, переехавшего в США, Л. Берталани, разработавшего общую теорию систем. Система есть некоторая целостность, взаимодействующая с окружающей средой и состоящая из множества элементов, находящихся между собой в некоторых отношениях и связях. Организация этих связей между элементами называется структурой. Элемент – мельчайшая часть системы, сохраняющая ее свойства в пределах данной системы. Дальнейшее расчленение этой части ведет к потере соответствующих свойств. Свойства элементов определяются их положением в структуре и, в свою очередь, определяют свойства системы. Но свойства системы не сводятся к сумме свойств элементов. Система как целое синтезирует (объединяет и обобщает) свойства частей и элементов, в результате чего она обладает свойствами более высокого уровня организации, которые во взаимодействии с другими системами могут представлять как ее функции. Любая система может рассматриваться, с одной стороны, как объединение более простых (мелких) подсистем со своими свойствами и функциями, а с другой – как подсистема более сложных (крупных) систем.

Системные исследования осуществляются с помощью системных анализа и синтеза. В процессе анализа система выделяется из среды, определяются ее состав (набор элементов), структура, функции, интегральные свойства и характеристики, системообразующие факторы, взаимосвязи со средой. В процессе синтеза создается модель реальной системы, повышается уровень обобщения и абстракции описания системы, определяются полнота ее состава и структур, закономерности развития и поведения.

Описание объектов как систем, т. е. системные описания, выполняют те же функции, что и любые другие научные описания, – объяснительную и прогнозирующую. Но еще важнее, что системные описания выполняют функцию интеграции знаний об объектах.

Системный подход в психологии позволяет вскрыть общность психических явлений с другими явлениями действительности. Это дает возможность обогащения психологии идеями, фактами, методами других наук и, наоборот, проникновения психологических данных в другие области знания. Он позволяет интегрировать и систематизировать психологические знания, сокращать объем и повышать наглядность описаний, уменьшать субъективизм в интерпретации психических явлений, помогает увидеть пробелы в знаниях о конкретных объектах, определить задачи дальнейших исследований, а иногда и предсказать свойства объектов, информация о которых отсутствует, путем экстраполяции и интерполяции имеющихся сведений.

Рассмотренные выше подходы являются фактически органичными компонентами системного подхода. Некоторые авторы сопоставляют эти подходы с соответствующими уровнями качеств человека, составляющих предмет психологического исследования (В.П. Кузьмин и др.).

В настоящее время большинство научных исследований проводится в русле системного подхода. Наиболее полное освещение применительно к психологии системный подход нашел в работах В.А. Ганзена, А.А. Крылова, Б.Ф. Ломова, А. Раппопорта и др.

Таким образом -основная задача статистических методов, которым принадлежит решающая роль среди всей совокупности методов обработки и анализа, состоит в установлении роли различных факторов в развитии и функционировании организационно-психологических процессов.

### **5.3 Методы математического анализа**

Математический анализ (классический математический анализ) - совокупность разделов математики, соответствующих историческому разделу под наименованием «анализ бесконечно малых», объединяет дифференциальное и интегральное исчисления.

На классическом математическом анализе основывается современный анализ, который рассматривается как одно из трёх основных направлений математики (наряду с алгеброй и геометрией). При этом термин «математический анализ» в классическом понимании используется, в основном, в учебных программах и материалах. В англо-американской традиции классическому математическому анализу соответствуют программы курсов с наименованием «исчисление» (англ. Calculus).

Предшественниками математического анализа были античный метод исчерпывания и метод неделимых. Все три направления, включая анализ, роднит общая исходная идея: разложение на бесконечно малые элементы, природа которых, впрочем, представлялась авторам идеи довольно туманной. Алгебраический подход (исчисление бесконечно малых) начинает появляться у Валлиса, Джеймса Грегори и Барроу. В полной мере новое исчисление как систему создал Ньютон, который, однако, долгое время не публиковал свои открытия.

Официальной датой рождения дифференциального исчисления можно считать май 1684 года, когда Лейбниц опубликовал первую статью «Новый метод максимумов и минимумов...». Предметом изучения в математическом анализе (как он представляется с современных позиций) являются функции, или, иначе, зависимости между переменными величинами. С возникновением математического анализа математике стало доступно изучение и отражение развивающихся процессов реального мира; в математику вошли переменные величины и движение.

В природе и технике всюду встречаются движения, процессы, которые описываются функциями; законы явлений природы также обычно описываются функциями. Отсюда объективная важность математического анализа как средства изучения функций.

Математический анализ в широком понимании этого термина охватывает весьма большую часть математики. В него входят дифференциальное исчисление, интегральное исчисление, функций действительного переменного теория, функций комплексного переменного теория, приближения теория, теория дифференциальных уравнений обыкновенных, теория дифференциальных уравнений с частными производными, теория интегральных уравнений, дифференциальная геометрия, вариационное исчисление, функциональный анализ и некоторые другие математические дисциплины.

Термин математический анализ часто употребляется для наименования только основ математического анализа, объединяющих в себе теорию действительного числа, теорию пределов, теорию рядов, дифференциальное и интегральное исчисление и их непосредственные приложения, такие как теория максимумов и минимумов, теория неявных функций, Фурье ряды, Фурье интегралы.

*Функция.* В математическом анализе исходят из определения функции по Лобачевскому и Дирихле. Если каждому числу  $x$  из некоторого множества  $F$  чисел в силу какого-либо закона приведено в соответствие число  $y$ , то этим определена функция

$$y = f(x)$$

от одного переменного  $x$ . Аналогично определяется функция

$$f(x) = f(x_1, \dots, x_n)$$

от  $n$  переменных, где  $x = (x_1, \dots, x_n)$  - точка  $n$ -мерного пространства; рассматривают также функции

$$f(x) = f(x_1, x_2, \dots)$$

от точек  $x = (x_1, x_2, \dots)$  некоторого бесконечномерного пространства, которые, впрочем, чаще называют функционалами.

*Элементарные функции.* Фундаментальное значение в математическом анализе играют элементарные функции. На практике в основном оперируют элементарными функциями, ими приближают функции более сложной природы. Элементарные функции можно рассматривать не только для действительных, но и комплексных  $x$ ; тогда представления об этих функциях становятся в определенном смысле законченными. В связи с этим возникла

важная ветвь математического анализа, называется теорией функций комплексного переменного, или теорией аналитических функций.

*Действительное число.* Понятие функции существенно базируется на понятии действительного (рационального и иррационального) числа. Оно окончательно сформировалось только в конце 19 в. В частности, установлена логически безупречная связь между числами и точками геометрической прямой, которая привела к формальному обоснованию идей Р. Декарта, который ввел в математику прямоугольные системы координат и представление в них функций графиками.

Методом изучения функций в математическом анализе является *предел*. Различают предел последовательности и предел функции. Эти понятия окончательно сформировались только в 19 в., хотя представление о них имели еще древнегреческие ученые. Достаточно сказать, что Архимед (3 в. до н. э.) умел вычислять площадь сегмента параболы при помощи процесса, который мы назвали бы предельным переходом.

*Непрерывные функции.* Важный класс функций, изучаемых в математическом анализе, образуют непрерывные функции. Одно из возможных определений этого понятия: функция  $y = f(x)$  от одного переменного  $x$ , заданная на интервале  $(a, b)$ , называется непрерывной в точке  $x$ , если

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \Delta y = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} [f(x + \Delta x) - f(x)] = 0$$

Функция непрерывна на интервале  $(a, b)$ , если она непрерывна во всех его точках; тогда ее график представляет собой кривую, непрерывную в житейском понимании этого слова.

*Производная и дифференциал.* Среди непрерывных функций следует выделить функции, имеющие производную. Производная от функции

$$y = f(x), a < x < b$$

в точке  $x$  скорость изменения ее в этой точке, т. е. предел

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = f'(x) \quad (5.3.1)$$

Если усть координата точки, движущейся по оси ординат в момент времени  $x$ , то  $f'(x)$  есть мгновенная скорость точки в момент времени  $x$ .

По знаку производной  $f'(x)$  судят о характере изменения  $f(x)$ : если  $f'(z) > 0$  ( $f'(x) < 0$ ) на интервале  $(c, d)$ , то функция / возрастает (убывает) на этом интервале. Если же функция в точке  $x$  достигает локального экстремума (максимума или минимума) и имеет в этой точке производную, то последняя равна нулю в этой точке  $f'(x_0) = 0$ .

Равенство (5.3.1) можно заменить эквивалентным равенством

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = f'(x) + \varepsilon(\Delta x), \varepsilon(\Delta x) \rightarrow 0, \Delta x \rightarrow 0$$

или

$$\Delta y = f'(x)\Delta x + \Delta x\varepsilon(\Delta x)$$

где  $\varepsilon(\Delta x)$  есть бесконечно малая, когда  $\Delta x \rightarrow 0$ , т. е. если функция имеет производную в точке  $x$ , то приращение ее в этой точке разлагается на два слагаемых. Из них первое

$$dy = f'(x)\Delta x \quad (5.3.2)$$

есть линейная функция от  $\Delta x$  (пропорциональная  $\Delta x$ ), второе - стремится к нулю быстрее, чем  $\Delta x$ .

Величина (11) называется дифференциалом функции, соответствующим приращению  $\Delta x$ . При малых  $\Delta x$  можно считать  $\Delta y$  приближенно равным  $dy$ :

$$\Delta y \approx dy$$

Приведенные рассуждения о дифференциале характерны для математического анализа. Они распространяются на функции многих переменных и на функционалы.

Например, если функция  $z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x)$  от  $n$  переменных имеет непрерывные частные производные в точке  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , то ее приращение  $\Delta z$  соответствующее приращениям  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$  независимых переменных, можно записать в виде

$$\Delta z = \sum_{k=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_k} \Delta x_k + \sqrt{\sum_{k=1}^n \Delta x_k^2} \varepsilon(\Delta x) \quad (5.3.3)$$

где  $\varepsilon(\Delta x) \rightarrow 0$  при  $\Delta x \rightarrow 0$ , то есть если все  $\Delta x_k \rightarrow 0$ .

Здесь первый член в правой части (12) есть дифференциал  $dz$  функции  $f$ . Он линейно зависит от  $\Delta x = (\Delta x_1, \dots, \Delta x_n)$ , а второй член стремится к нулю при  $\Delta x \rightarrow 0$  быстрее, чем  $\Delta x$ .

Пусть задан функционал

$$J(x) = \int_{t_0}^{t_1} L(t, x, x') dt,$$

распространенный на классы  $M$  функций  $x(t)$ , имеющих на отрезке  $[t_0, t_1]$  непрерывную производную и удовлетворяющих граничным условиям  $x(t_0) = x_0$ ,  $x(t_1) = x_1$ , где  $x_0, x_1$  - данные числа; пусть, далее,  $M_0$  - класс функции  $h(t)$ ,

имеющих непрерывную производную на  $[t_0, t_1]$  и таких, что  $h(t_0) = h(t_1) = 0$ . Очевидно, если

$$x(t) \in M \text{ и } h(t) \in M_0, \text{ то } x(t) + h(t) \in M$$

В вариационном исчислении доказывается, что при известных условиях на  $L$  приращение функционала  $J(x)$  может быть записано в виде

$$J(x+h) - J(x) = \int_{t_0}^{t_1} \left( \frac{\partial L}{\partial x} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) \right) h(t) dt + o(\|h\|) \quad (5.3.4)$$

при  $\|h\| \rightarrow 0$ , где

$$\|h\| = \max_{t_0 \leq t \leq t_1} |h(t)| + \max_{t_0 \leq t \leq t_1} |h'(t)|$$

и, таким образом, второй член правой части (5.3.4) стремится к нулю быстрее, чем  $\|h\|$ , а первый член линейно зависит от  $h(t) \in M_0$ . Первый член называется вариацией функционала и обозначается  $dJ(x, h)$ .

*Интеграл.* Наряду с производной интеграл имеет фундаментальное значение в математическом анализе. Различают неопределенный и определенный интегралы.

*Неопределенный интеграл* тесно связан с первообразной функцией. Функцию  $F(x)$  называют первообразной от функции  $f$  на интервале  $(a, b)$ , если на этом интервале  $F'(x) = f(x)$ .

*Определенный интеграл* (Римана) на отрезке  $[a, b]$  есть предел

$$\lim \sum_{j=0}^{N-1} f(\xi_j)(x_{j+1} - x_j) = \int_a^b f(x) dx$$

при  $\max(x_{j+1} - x_j) \rightarrow 0$

здесь  $a = x_0 < x_1 < \dots < x_{N-1}$

Если функция  $f$  положительна и непрерывна на отрезке  $[a, b]$ , то интеграл от нее на этом отрезке равен площади фигуры, ограниченной кривой  $y=f(x)$ , осью  $x$  и прямыми  $x=a, x=b$ .

Класс интегрируемых по Риману функций содержит все непрерывные на  $[a, b]$  функции и некоторые разрывные функции. Но все они необходимо ограничены. Для неограниченных функций, растущих не очень быстро, а также для некоторых функций, заданных на бесконечных интервалах, вводят так наз. несобственные интегралы, требующие для своего определения двойного перехода к пределу.

Понятие интеграла Римана для функции одного переменного распространяется на функции многих переменных.

С другой стороны, потребности математического анализа привели к обобщению интеграла совсем в другом направлении, имеется в виду Лебега интеграл или более общий Лебега- Стильтьеса интеграл. Существенным в определении этих интегралов является введение для некоторых множеств, называемых измеримыми, понятия их меры и на этом основании - понятия измеримой функции. Для измеримых функций и вводится интеграл Лебега - Стильтьеса. При этом рассматривается широкий диапазон разных мер и соответствующих им классов измеримых множеств и функций. Это дает возможность приспособить тот или иной интеграл к определенной конкретной задаче.

Формула Ньютона - Лейбница. Между производной и интегралом имеется связь, выражаемая формулой (теоремой) Ньютона - Лейбница

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$$

Здесь  $f(x)$  непрерывная на  $[a, b]$  функция, а  $F(x)$  – ее первообразная.

Формула и ряд Тейлора. Наряду с производной и интегралом важнейшим понятием (орудием исследования) в математическом анализе, являются Тейлора формула Тейлора ряд. Если функция  $f(x)$ ,  $a < x < b$ , имеет в окрестности точки  $x_0$  непрерывные производные до порядка  $n$  включительно, то ее можно приблизить в этой окрестности многочленом

$$P_n(x) = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}(x - x_0) + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x - x_0)^n$$

Назовем ее многочленом Тейлора (степени  $n$ ) по степеням  $x - x_0$ :

$f(x) \approx P_n(x)$  (формула Тейлора);

при этом ошибка приближения

$$R_n(x) = f(x) - P_n(x)$$

стремится к нулю при  $x \rightarrow x_0$

быстрее, чем

$$(x - x_0)^n / R_n(x) = O((x - x_0)^n) \text{ при } x \rightarrow x_0$$

Таким образом, функция  $f(x)$  в окрестности точки  $x_0$  может быть приближена с любой степенью точности весьма простой функцией (многочленом), требующей для своего вычисления только арифметических операций - сложения, вычитания и умножения.

Особенно важными являются так наз. аналитические в определенной окрестности  $x_0$  функции, имеющие бесконечное число производных, такие, что для них в этой окрестности  $R_n(x) \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$  они могут быть представлены в виде бесконечного степенного ряда Тейлора:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}(x - x_0) + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x - x_0)^n + \dots$$

Разложения Тейлора при определенных условиях возможны и для функций многих переменных, а также функционалов и операторов.

Используемые в научных исследованиях методы анализа приведены на рис.5.3.1.

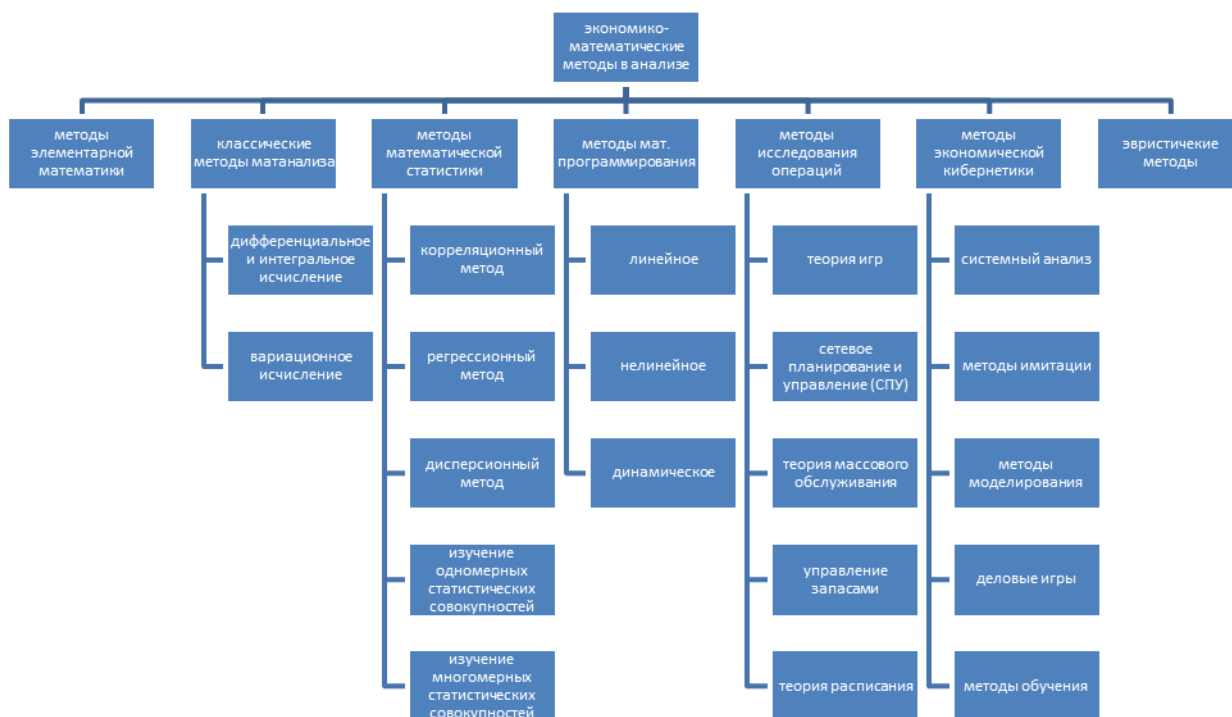


Рис.5.3.1. Методы анализа научных исследований

## 5.4 Статистический анализ результатов эксперимента

После завершения любого научного исследования, фундаментального или прикладного, производится статистический анализ полученных данных. Чтобы статистический анализ был успешно проведен и позволил решить поставленные задачи, исследование должно быть грамотно спланировано. Следовательно, без понимания основ статистики невозможно планирование и обработка результатов научного эксперимента.

Прежде чем говорить об основах статистического анализа, следует прояснить смысл термина «статистика». Существует множество определений, но наиболее полным и лаконичным является, на наш взгляд, определение статистики как «науки о сборе, представлении и анализе данных».

Статистический анализ данных - это раздел прикладной статистики, разрабатывающая и систематизирующая понятия, приемы, математические методы и модели, предназначенные для организации, сбора, стандартной записи, систематизации и обработки статистических данных с целью их



удобного представления, интеграции и получения научных и практических выводов.

Эконометрия, эконометрика - одно из направлений экономико-математических методов анализа, которое заключается в статистическом измерении, (оценивании) параметров математических выражений, характеризующих некоторую экономическую концепцию о взаимосвязи и развитии объекта, явления, и в применении полученных таким путем моделей эконометрических для конкретных экономических выводов. Эконометрика отличается от математической экономики тем, что она не ограничивается общей математической характеристикой какой-либо экономической теории, а доводит результаты анализа до получения конкретных числовых измерителей и экономических оценок.

Одной из основных задач прикладной статистики является выявление и изучение закономерностей.

Познание закономерностей возможно лишь в том случае, если изучаются не отдельные явления, а совокупности явлений - ведь закономерности общественной жизни проявляются в полной мере лишь в массе явлений.

Каждое из этих явлений состоит из массы однородных элементов, которые объединены единой качественной основой, но различаются по ряду признаков. Все они, взятые вместе, в определенных границах времени и пространства, образуют статистическую совокупность. Статистическая совокупность, представляющая собой единое целое, состоит из отдельных единиц.

Например, в отношении каждого человека во время переписи населения собираются сведения о его возрасте, национальности, занятости и т.д., а все население на момент переписи представляет определенную статистическую совокупность.

Каждая единица статистической совокупности может быть описана, охарактеризована рядом свойств и особенностей, которыми они обладают. В примере в отношении каждого человека, являющегося единицей совокупности, при переписи населения записываются его возраст, образование, семейное положение и т.п. Каждый из этих вопросов отражает собой определенный, конкретный признак, характеризующий особенности данной единицы совокупности. Выбор единицы совокупности и перечня признаков, ее характеризующих, зависит от целей и задач исследования.

Следует заметить, что очень часто статистику сводят только к обработке экспериментальных данных, не обращая внимания на этап их получения. Однако статистические знания необходимы уже во время планирования эксперимента, чтобы полученные в ходе него показатели могли дать исследователю достоверную информацию. Поэтому, можно сказать, что статистический анализ результатов эксперимента начинается еще до начала исследования.

Уже на этапе разработки плана исследователь должен четко представлять себе, какого типа переменные будут в его работе. Все переменные можно разделить на два класса: качественные и количественные. То, какой диапазон может принимать переменная, зависит от шкалы измерений. Можно выделить четыре основных шкалы:

1. номинальную;
2. ординальную;
3. интервальную;
4. рациональную (шкалу отношений).

В номинальной шкале (шкале «названий») присутствуют лишь условные обозначения для описания некоторых классов объектов, например, «пол» или «профессия». Номинальная шкала подразумевает, что переменная будет принимать значения, количественные взаимоотношения между которыми определить невозможно. Так, невозможно установить математические отношения между мужским и женским полом. Условные числовые обозначения (женщины - 0, мужчины - 1, либо наоборот) даются абсолютно произвольно и предназначены только для компьютерной обработки. Номинальная шкала является качественной в чистом виде, отдельные категории в этой шкале выражают частотами (количество или доля наблюдений, проценты).

Ординальная (порядковая) шкала предусматривает, что отдельные категории в ней могут выстраиваться по возрастанию или убыванию. Ординальная шкала относится к полуколичественным типам данных, и ее градации можно описывать как частотами (как в качественной шкале), так и мерами центральных значений, на чем мы остановимся ниже.

Интервальная и рациональная шкалы относятся к чисто количественным типам данных. В интервальной шкале мы уже можем определить, насколько одно значение переменной отличается от другого.

Рациональная шкала (шкала отношений) имеет одну точку отсчета и только положительные значения.

Следует добавить, что любая количественная переменная может быть непрерывной или же дискретной.

Указанные различия имеют решающее значение для выбора методов статистического анализа результатов эксперимента. Так, для номинальных данных применим критерий «хи-квадрат», а известный тест Стьюдента требует, чтобы переменная (интервальная либо рациональная) была непрерывной.

После того как будет решен вопрос о типе переменной, следует заняться формированием выборки.

Создание выборки регламентируется рядом обязательных требований, нарушение которых может привести к ошибочным выводам из результатов исследования.

Формировать выборки можно различными путями. Самый простой из них - выбор с помощью генератора случайных чисел необходимого количества объектов из популяции или выборочной рамки (sampling frame). Такой способ называется «простой случайной выборкой».

Возможен вариант создания так называемой «стратифицированной выборки», которая предполагает, что совокупность состоит из нескольких различных групп и эту структуру следует воспроизвести в экспериментальной группе.

Кроме описанных способов формирования групп есть еще кластерная и квотная выборки.

Возвращаясь к объему выборки, следует сказать, что он тесно связан с вероятностью статистических ошибок первого и второго рода.

Все сказанное выше имеет непосредственное отношение к этапу планирования исследования. Тем не менее, многие исследователи ошибочно относятся к статистической обработке данных только как к неким манипуляциям, выполняемым после завершения основной части работы. Зачастую после окончания никак не спланированного эксперимента, появляется непреодолимое желание заказать анализ статистических данных на стороне. Но из «кучи мусора» даже специалисту по статистике будет очень сложно выудить ожидаемый исследователем результат. Поэтому при недостаточных знаниях необходимо обращаться за помощью в статистическом анализе еще до начала эксперимента.

Обращаясь к самой процедуре анализа, следует указать на два основных типа статистических техник: описательные и доказательные (аналитические). Описательные техники включают в себя методы позволяющие представить данные в компактном и легком для восприятия виде.

Наиболее популярный (хотя и зачастую ошибочный) способ описания имеющихся количественных данных заключается в определении следующих показателей:

- количество наблюдений в выборке или ее объем;
- средняя величина (среднее арифметическое);
- стандартное отклонение- показатель того, насколько широко изменяются значения переменных.

Завершив описание групп, необходимо ответить на вопрос об их взаимоотношениях и о возможности обобщить результаты исследования на всю совокупность. Для этого используются доказательные методы статистики. Именно о них в первую очередь вспоминают исследователи, когда идет речь о статистической обработке данных. Обычно этот этап работы называют «тестированием статистических гипотез».

Необходимо учитывать, что статистические методы существенно отличаются для качественных и количественных данных.

Полное описание статистических методов можно найти в специальной литературе, однако, ключевым моментом является то, что каждый статистический тест требует набора правил (допущений) и условий для своего использования, и механический перебор нескольких методов для поиска «нужного» результата абсолютно неприемлем с научной точки зрения. Бесконтрольное применение статистических тестов опасно, ведь на них базируются гипотезы и выводы.

Для более полного понимания вопроса точности статистического анализа необходимо определить и разобрать понятие «доверительной вероятности». Доверительная вероятность - это величина, принятая в качестве границы между вероятными и маловероятными событиями.

В заключение следует сказать несколько слов об инструментах, которыми пользуется специалист по статистике, либо исследователь, самостоятельно проводящий анализ данных. Давно ушли в прошлое ручные вычисления. Существующие на сегодняшний день статистические компьютерные программы позволяют проводить статистический анализ, не имея серьезной математической подготовки. Такие мощные системы как SPSS, SAS, R, Excel и др. дают возможность исследователю использовать сложные и мощные статистические методы.

Обязательным условием для проведения статистической обработки результатов эксперимента должно быть хорошее знание математических основ статистики. При решении задач обработки экспериментальных данных используются методы, основанные на двух основных составных частях аппарата математической статистики: теории статистического оценивания неизвестных параметров, используемых при описании модели эксперимента, и теории проверки статистических гипотез о параметрах или природе анализируемой модели.

1. *Корреляционный анализ.* Его сущность состоит в определении степени вероятности связи (как правило, линейной) между двумя и более случайными величинами.

Корреляционный анализ позволяет обнаруживать заранее неизвестные причинно-следственные связи между переменными.

Корреляционный анализ используется на этапе предварительной обработки экспериментальных данных.

2. *Дисперсионный анализ* - предназначен для обработки экспериментальных данных, зависящих от качественных факторов, и для оценки существенности влияния этих факторов на результаты наблюдений.

3. *Регрессионный анализ.* Методы регрессионного анализа позволяют установить структуру и параметры модели, связывающей количественные результирующую и факторные переменные, и оценить степень ее согласованности с экспериментальными данными.

4. *Факторный анализ.* Его сущность состоит в том, что "внешние" факторы, используемые в модели и сильно взаимосвязанные между собой, должны быть заменены другими, более малочисленными "внутренними" факторами, которые трудно или невозможно измерить, но которые определяют поведение "внешних" факторов и тем самым поведение результирующей переменной.

Задачей факторного анализа является нахождение простой структуры, которая бы достаточно точно отражала и воспроизводила реальные, существующие зависимости.

## **5.5 Основные этапы и режимы статистической обработки экспериментальных данных**

1. Содержательный анализ эксперимента, построение априорной вероятностной математической модели источника экспериментальных данных.
2. Составление плана эксперимента.
3. Проведение непосредственно экспериментальных исследований, сбор экспериментальных данных, их регистрация и ввод в ЭВМ.
4. Предварительная статистическая обработка данных, предназначенная для проверки выполнения предпосылок, лежащих в основе выбранного статистического метода построения модели объекта исследований, а при необходимости – для коррекции априорной.
5. Составление детального плана дальнейшего статистического анализа экспериментальных данных.
6. Статистическая обработка экспериментальных данных (вторичная, полная, итоговая обработка), направленная на построение модели объекта исследования, и статистический анализ ее качества.
7. Формально-логическая и содержательная интерпретация результатов экспериментов, принятие решения о продолжении или завершении эксперимента, подведение итогов исследования.

Статистическая обработка экспериментальных данных может быть осуществлена в двух основных режимах.

В первом режиме сначала производится сбор и регистрация полного объема экспериментальных данных и лишь затем они обрабатываются. Этот вид обработки называют off-line-обработкой, апостериорной обработкой, обработкой данных по выборке полного (фиксированного) объема. Достоинством этого режима обработки является возможность использования всего арсенала статистических методов анализа данных и, соответственно, наиболее полное извлечение из них экспериментальной информации. Однако оперативность такой обработки может не удовлетворять потребителя, кроме того, управление ходом эксперимента почти невозможно.

Во втором режиме обработка наблюдений производится параллельно с их получением. Этот вид обработки называют on-line-обработкой, обработкой данных по выборке нарастающего объема, последовательной обработкой данных. В этом режиме появляется возможность экспресс-анализа результатов эксперимента и оперативного управления его ходом.

## **5.6 Основные задачи предварительной обработки экспериментальных данных**

Конечной целью предварительной обработки экспериментальных данных является выдвижение гипотез о классе и структуре математической модели исследуемого явления, определение состава и объема дополнительных измерений, выбор возможных методов последующей статистической

обработки. Для этого необходимо решить некоторые частные задачи, среди которых можно выделить следующие:

1. Анализ, отбраковка и восстановление аномальных (ошибочных) или пропущенных измерений, так как экспериментальная информация обычно неоднородна по качеству.

2. Экспериментальная проверка законов распределения полученных данных, оценка параметров и числовых характеристик наблюдаемых случайных величин или процессов.

3. Сжатие и группировка исходной информации при большом объеме экспериментальных данных.

4. Объединение нескольких групп измерений, полученных, возможно, в разное время или в различных условиях, для совместной обработки.

5. Выявление статистических связей и взаимовлияния различных измеряемых факторов и результирующих переменных, последовательных измерений одних и тех же величин. Решение этой задачи позволяет отобрать те переменные, которые оказывают наиболее сильное влияние на результирующий признак.

Для предварительной обработки характерно итерационное решение основных задач, когда повторно возвращаются к решению той или иной задачи после получения результатов на последующем этапе обработки.

Однако даже точные наблюдения могут привести к неточным выводам, если опытные данные обработаны неправильно. Поэтому обработка результатов эксперимента является ответственной операцией при выполнении лабораторных и исследовательских работ.

Во всех приведенных случаях, обрабатывая экспериментальные данные приходится:

а) статистически обрабатывать и анализировать полученную информацию (результатов измерения);

б) учитывать и оценивать погрешности при вычислениях.

При обработке экспериментальных данных всегда нужно помнить о том, что любой эксперимент не является идеальным. Любое измерение несет в себе ошибку или погрешность. Поэтому, обрабатывая экспериментальные результаты, мы всегда должны учитывать все вероятные ошибки, обусловленные объективными и субъективными факторами.

## **5.7 Классификация ошибок измерения**

Под измерением понимают нахождение значения физической величины экспериментальным путем с помощью специальных технических средств. Измерения могут быть как прямыми, когда искомую величину находят непосредственно из опытных данных, так и косвенными, когда искомую величину определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Значение величины, найденное измерением, называют результатом измерения.

Несовершенство измерительных приборов и органов чувств человека, а часто и природа самой измеряемой величины приводят к тому, что при любых измерениях результаты получаются с определенной точностью, т. е. эксперимент дает не истинное значение измеряемой величины, а лишь ее приближенное значение. Под действительным значением физической величины понимают ее значение, найденное экспериментально и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.

Точность измерения определяется близостью его результата к истинному значению измеряемой величины. Точность прибора определяется степенью приближения его показаний к истинному значению искомой величины, а точность метода – физическим явлением, на котором он основан.

Ошибки (погрешности) измерений характеризуются отклонением результатов измерений от истинного значения измеряемой величины. Ошибка измерения, как и истинное значение измеряемой величины, обычно неизвестна. Поэтому одной из основных задач статистической обработки результатов эксперимента и является оценка истинного значения измеряемой величины по полученным опытным данным. Другими словами, после неоднократного измерения искомой величины и получения ряда результатов, каждый из которых содержит некоторую неизвестную ошибку, ставится задача вычисления приближенного значения искомой величины с возможно меньшей ошибкой.

Ошибки измерений делят на грубые ошибки (промахи), систематические и случайные.

*Грубые ошибки.* Грубые ошибки возникают вследствие нарушения основных условий измерения или в результате недосмотра экспериментатора. При обнаружении грубой ошибки результат измерения следует сразу отбросить и повторить измерение. Внешним признаком результата, содержащего грубую ошибку, является его резкое отличие по величине от остальных результатов. На этом основаны некоторые критерии исключения грубых ошибок по их величине, однако самым надежным и эффективным способом браковки неверных результатов является браковка их непосредственно в процессе самих измерений.

*Систематические ошибки.* Систематической является такая погрешность, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины. Систематические погрешности появляются из-за неправильной регулировки приборов, неточности метода измерения, какого-либо упущения экспериментатора, использования для вычисления неточных данных.

Систематические ошибки возникают также при проведении сложных измерений. Экспериментатор может и не догадываться о них, хотя они могут быть очень большими. Поэтому в таких случаях нужно тщательно проанализировать методику измерений. Такие ошибки можно обнаружить, в частности, проведя измерения искомой величины другим методом. Совпадение

результатов измерений обоими методами служит определенной гарантией отсутствия систематических погрешностей.

При измерениях необходимо сделать все возможное, чтобы исключить систематические погрешности, так как они могут быть так велики, что сильно исказят результаты. Выявленные погрешности устраняют введением поправок.

*Случайные ошибки.* Случайной ошибкой является составляющая погрешности измерения, которая изменяется случайным образом, т. е. это ошибка измерения, остающаяся после устранения всех выявленных систематических и грубых ошибок. Случайные ошибки вызываются большим числом как объективных, так и субъективных факторов, которые нельзя выделить и учесть в отдельности. Поскольку причины, приводящие к случайным ошибкам, не одинаковы, в каждом эксперименте и не могут быть учтены, исключить такие ошибки нельзя, можно лишь оценить их значение. С помощью методов теории вероятностей можно учесть их влияние на оценку истинного значения измеряемой величины со значительно меньшей ошибкой, чем ошибки отдельных измерений.

Поэтому, когда случайная погрешность больше погрешности измерительного прибора, необходимо многократно повторять одно и то же измерение для уменьшения ее значения. Это позволяет минимизировать случайную погрешность и сделать ее сравнимой с погрешностью прибора. Если же случайная ошибка меньше погрешности прибора, то уменьшать ее не имеет смысла. Кроме этого, ошибки делят на абсолютные, относительные и инструментальные. Абсолютной ошибкой считают погрешность, выраженную в единицах измеряемой величины. Относительной ошибкой является отношение абсолютной ошибки к истинному значению измеряемой величины. Составляющую ошибки измерения, которая зависит от погрешности применяемых средств измерения, называют инструментальной погрешностью измерения.

После получения результатов первичной обработки экспериментальных данных эксперимент переходит на качественно новый, более высокий уровень. Как правило, полученные результаты подвергаются критическому анализу и используются для построения различных моделей, дальнейшее использование которых поможет облегчить задачи прогнозирования и избавиться от рутинного ручного эксперимента. При этом построение адекватной математической и компьютерной моделей процесса или явления, с учетом влияния большого количества действующих факторов является сложнейшей задачей и предполагает выполнение ряда важнейших условий. Остановимся на их рассмотрении более подробно.

## **5.8 Выбор и разработка математических моделей**

Многофакторный эксперимент широко используется в современной научной деятельности и является эффективным средством обработки и планирования экспериментальных исследований. Планирование многофакторного эксперимента называется процедура выбора числа опытов и



условий их проведения, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Все факторы, формирующие процесс экспериментальных исследований изменяются одновременно по определенным зависимостям, а конечным результатом проведения многофакторного эксперимента будет математическая модель исследуемой функции.

Для построения такой математической модели необходимо определить или задать область экспериментирования.

Область экспериментирования - это область факторного пространства, где могут размещаться точки, отвечающие условиям проведения опытов.

При выборе области эксперимента должны учитываться следующие соображения: прежде всего, надо оценить границы областей определения факторов. При этом должны учитываться ограничения нескольких типов. Первый тип: принципиальные ограничения для значений факторов, которые не могут быть нарушены ни при каких обстоятельствах. Например, если фактор температура, то нижним пределом будет абсолютный нуль. Второй тип - ограничения, связанные с технико-экономическими соображениями, например, со стоимостью сырья, дефицитностью отдельных компонентов, временем ведения процесса. Третий тип ограничений, с которым чаще всего приходится иметь дело, определяется конкретными условиями проведения процесса, например, существующей аппаратурой, технологией, организацией. В реакторе, изготовленном из некоторого материала, температуру нельзя поднять выше температуры плавления этого материала или выше рабочей температуры данного катализатора.

Оптимизация обычно начинается в условиях, когда объект уже подвергался некоторым исследованиям. Информацию, содержащуюся в результатах предыдущих исследований, будем называть априорной (т.е. полученной до начала эксперимента). Мы можем использовать априорную информацию для получения представления о параметре оптимизации, о факторах, о наилучших условиях ведения процесса и характере поверхности отклика, т.е. о том, как сильно меняется параметр оптимизации при небольших изменениях значений факторов, а также о кривизне поверхности. Для этого можно использовать графики (или таблицы) однофакторных экспериментов, осуществлявшихся в предыдущих исследованиях или описанных в литературе. Если однофакторную зависимость нельзя представить линейным уравнением (в рассматриваемой области), то в многомерном случае, несомненно, будет существенная кривизна. Обратное утверждение, к сожалению, не очевидно.

Итак, выбор экспериментальной области факторного пространства связан с тщательным анализом информации.

Наилучшим условиям, определенным из анализа априорной информации, соответствует комбинация (или несколько комбинаций) уровней факторов. Каждая комбинация является многомерной точкой в факторном пространстве. Ее можно рассматривать как исходную точку для построения плана эксперимента. Назовем ее основным (нулевым) уровнем. Построение плана эксперимента сводится к выбору экспериментальных точек, симметричных относительно нулевого уровня.

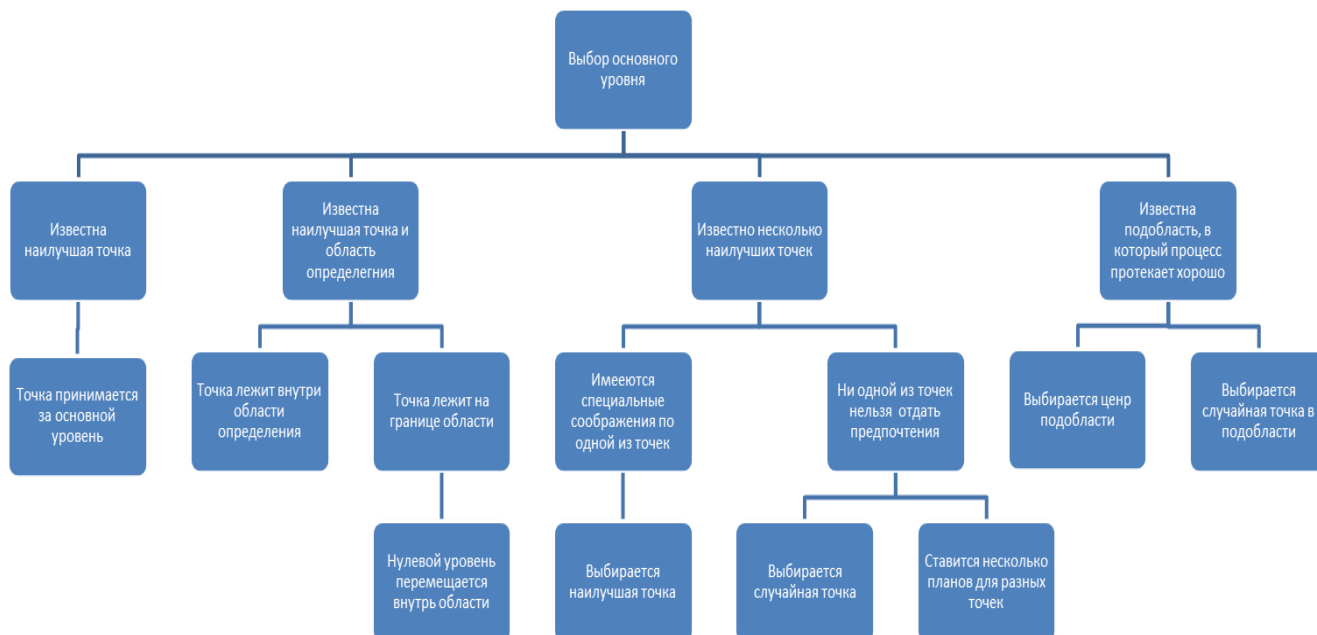
В разных случаях мы располагаем различными сведениями об области наилучших условий. Если имеются сведения о координатах одной наилучшей точки и нет информации о границах определения факторов, то остается рассматривать эту точку в качестве основного уровня. Аналогичное решение принимается, если границы известны и наилучшие условия лежат внутри области.

Положение усложняется, если эта точка лежит на границе (или весьма близко к границе) области. Тогда приходится основной уровень выбирать с некоторым сдвигом от наилучших условий.

Может случиться, что координаты наилучшей точки неизвестны, но есть сведения о некоторой подобласти, в которой процесс идет достаточно хорошо. Тогда основной уровень выбирается либо в центре, либо в случайной точке этой подобласти. Сведения о подобласти можно получить, анализируя изученные ранее подобные процессы, из теоретических соображений или из предыдущего эксперимента.

Наконец, возможен случай с несколькими эквивалентными точками, координаты которых различны. Когда отсутствуют дополнительные данные (технологического, экономического характера и т.д.), выбор произволен. Конечно, если эксперимент недорог и требует немного времени, можно приступить к построению планов экспериментов вокруг нескольких точек.

Резюмируем наши рассуждения о принятии решений при выборе основного уровня в виде блок-схемы (рис.5.8.1)



**Рис. 5.8.1.** Выбор основного уровня

После того как нулевой уровень выбран, переходим к следующему шагу – выбору интервалов варьирования и разработке математической модели изучаемого процесса или явления.

Под моделью мы понимаем функцию отклика

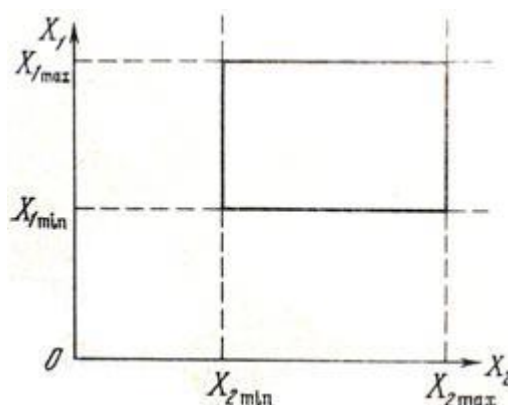
$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (5.8.1)$$

Выбрать модель – значит выбрать вид этой функции, записать ее уравнение. Тогда останется спланировать и провести эксперимент для оценки численных значений констант (коэффициентов) этого уравнения.

Построим геометрический аналог функции отклика – поверхность отклика. Будем для наглядности рассматривать случай с двумя факторами.

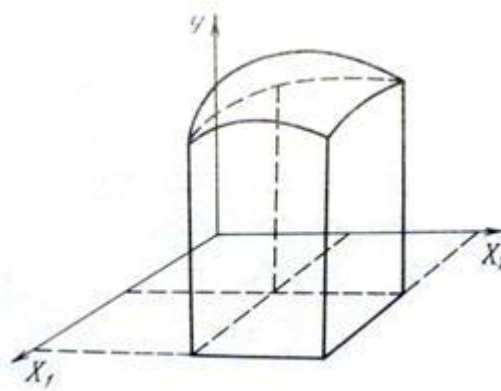
Заметим, что в случае многих факторов геометрическая наглядность теряется. Мы попадаем в абстрактное многомерное пространство, где у нас нет навыка ориентирования. Приходится переходить на язык алгебры.

Мы хотим изобразить геометрически возможные состояния «черного ящика» с двумя входами (рис.5.8.2). Для этого достаточно располагать плоскостью с обычной Декартовой системой координат. По одной оси координат будем откладывать в некотором масштабе значения (уровни) одного фактора, а по другой оси – второго. Тогда каждому состоянию «ящика» будет соответствовать точка на плоскости.



**Рис.5.8.2.** Возможные состояния «черного ящика»

Для факторов существуют области определения. Это значит, что у каждого фактора есть минимальное и максимальное возможные значения, между которыми он может изменяться либо непрерывно, либо дискретно. Если факторы совместимы, то границы образуют на плоскости некоторый прямоугольник, внутри которого лежат точки, соответствующие состояниям «черного ящика». Пунктирными линиями на рисунке обозначены границы областей определения каждого из факторов, а сплошными – границы их совместной области определения (рис.5.8.3).

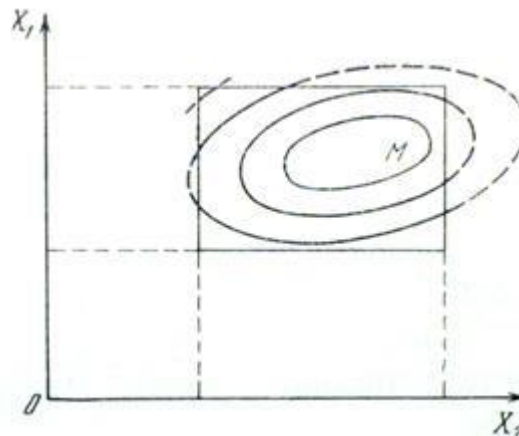


**Рис.5.8.3.** Границы областей определения факторов

Чтобы указать значение параметра оптимизации, требуется еще одна ось координат. Пространство, в котором строится поверхность отклика, мы будем называть факторным пространством. Оно задается координатными осями, по которым откладываются значения факторов и параметра оптимизации. Размерность факторного пространства зависит от числа факторов. При многих факторах поверхность отклика уже нельзя изобразить наглядно и приходится ограничиваться только алгебраическим языком.

Но для двух факторов можно даже не переходить к трехмерному пространству, а ограничиться плоскостью.

Для этого достаточно произвести сечение поверхности отклика плоскостями, параллельными плоскости  $X_1OX_2$  и полученные в сечениях линии спроектировать на эту плоскость (рис.5.8.4).



**Рис.5.8.4.** Проекция сечения факторного эксперимента на плоскость

Каждая линия соответствует постоянному значению параметра оптимизации. Такая линия называется линией равного отклика.

### *Шаговый принцип*

За отказ от полного перебора состояний надо чем-то платить. Цена – это предположения, которые мы должны сделать относительно свойств неизвестной нам модели до начала эксперимента.

Главное предположение – это непрерывность поверхности, ее гладкость и наличие единственного оптимума (быть может, и на границе области определения факторов).

Эти постулаты позволяют представить изучаемую функцию в виде степенного ряда в окрестности любой возможной точки факторного пространства (такие функции в математике называются аналитическими). Кроме того, если мы придумаем какой-то способ постепенного приближения к оптимальной точке, нужно, чтобы результат не зависел от исходной точки.

Так как мы заранее считаем, что предпосылки выполняются, то надо максимально использовать возможности, которые при этом открываются.

Если, например, мы будем знать значения параметра оптимизации в нескольких соседних точках факторного пространства, мы сможем (в силу гладкости и непрерывности функции отклика) представить себе результаты, которые можно ожидать в других соседних точках. Следовательно, можно найти такие точки, для которых ожидается наибольшее увеличение (или уменьшение, если мы ищем минимум) параметра оптимизации. Тогда ясно, что следующий эксперимент надо переносить именно в эти точки. Надо продвигаться в этом направлении, пренебрегая остальными. Сделав новый эксперимент, снова можно оценить направление, в котором следует двигаться. В силу единственности оптимума мы, таким образом, рано или поздно непременно его достигнем. Это и есть шаговый принцип.

Сделаем некоторые пояснения. Мы выбираем в факторном пространстве какую-то точку и рассматриваем множество точек в ее окрестности, т. е. выбираем в области определения факторов малую подобласть. Здесь мы хотим провести эксперимент, на основании которого должна быть построена первая модель. Эту модель мы намерены использовать для предсказания результатов опытов в тех точках, которые не входили в эксперимент. Если эти точки лежат внутри нашей подобласти, то такое предсказание называется интерполяцией, а если вне – экстраполяцией. Чем дальше от области эксперимента лежит точка, для которой мы хотим предсказать результат, тем меньшей уверенностью это можно делать. Поэтому мы экстраполировать недалеко и использовать результаты экстраполяции для выбора условий проведения следующего эксперимента. Дальше цикл повторяется.

Попутно полученную модель можно использовать для проверки различных гипотез о механизме изучаемого явления или о его отдельных сторонах. Например, если вы предполагаете, что увеличение значения некоторого фактора должно приводить к увеличению значения параметра оптимизации, то с помощью модели можно узнать, так ли это. Такая проверка называется интерпретацией модели.

Исходя из выбранной стратегии, ясно, что главное требование к модели – это способность предсказывать направление дальнейших опытов, причем предсказывать с требуемой точностью. Так как до получения модели мы не знаем, какое направление нам понадобится, то естественно требовать, чтобы точность предсказания во всех возможных направлениях была одинакова.

Это значит, что в некоторой подобласти, в которую входят и координаты выполненных опытов, предсказанное с помощью модели значение отклика не должно отличаться от фактического больше, чем на некоторую заранее заданную величину. Модель, которая удовлетворяет такому или какому-либо аналогичному требованию, называется адекватной. Проверка выполнимости этого требования называется проверкой адекватности модели. Методы, с помощью которых проверяется адекватность, рассматриваются далее.

Если несколько различных моделей отвечают нужным требованиям, то следует предпочесть ту из них, которая является самой простой.

На будущее мы договоримся, что при прочих равных условиях мы всегда будем предпочитать степенные ряды. Точнее, отрезки степенных рядов – алгебраические полиномы.

Фактически мы произвели выбор класса моделей. Мы сказали, что всегда, когда это возможно, будем искать модель среди полиномов. Построение полинома возможно в окрестностях любой точки факторного пространства, поскольку мы предположили, что функция является аналитической.

### *Полиномиальные модели*

Мы представили неизвестную нам функцию отклика полиномом. Операция замены одной функции другой в каком-то смысле эквивалентной функцией называется аппроксимацией. Значит, мы аппроксимировали неизвестную функцию полиномом.

Но полиномы бывают разных степеней. Чем обусловлен выбор первичного полинома?

Эксперимент нужен только для того, чтобы найти численные значения коэффициентов полинома. Поэтому чем больше коэффициентов, тем больше опытов окажется необходимым. А мы стремимся сократить их число. Значит, надо найти такой полином, который содержит как можно меньше коэффициентов, но удовлетворяет требованиям, предъявленным к модели. Чем ниже степень полинома при заданном числе факторов, тем меньше в нем коэффициентов.

Мы хотим, чтобы модель хорошо предсказывала направление наискорейшего улучшения параметра оптимизации. Такое направление называется направлением градиента. Ясно, что движение в этом направлении приведет к успеху быстрее, чем движение в любом другом направлении (это значит, что будет достигнута экономия числа опытов).

Полином первой степени – линейная модель – это то, что нам нужно.

С одной стороны, он содержит информацию о направлении градиента, с другой – в нем минимально возможное число коэффициентов при данном числе факторов. Единственное опасение в том, что неясно, будет ли линейная модель всегда адекватной. Ответ зависит еще и от объекта.

Вопрос в том, как выбрать подобласть в факторном пространстве, чтобы линейная модель оказалась адекватной. Условие аналитичности функции отклика гарантирует нам эту возможность. Всегда существует такая

окрестность любой точки (точнее, почти любой точки), в которой линейная модель адекватна.

Размер такой области заранее не известен, но адекватность можно проверять по результатам эксперимента. Значит, выбрав сначала произвольную подобласть, мы, рано или поздно, найдем ее требуемые размеры, И как только это случится, воспользуемся движением по градиенту.

На следующем этапе мы будем искать линейную модель уже в другой подобласти. Цикл повторяется до тех пор, пока движение по градиенту не перестанет давать эффект. Это значит, что мы попали в область, близкую к оптимуму. Такая область называется «почти стационарной». Здесь линейная модель уже не нужна. Либо попаданием в почти стационарную область задача решена, либо надо переходить к полиномам более высоких степеней, например второй степени, чтобы подробнее описать область оптимума.

Удачный выбор подобласти имеет большое значение для успеха всей работы. Он связан с интуитивными решениями, которые принимает экспериментатор на каждом этапе.

Кроме задачи оптимизации, иногда возникает задача построения интерполяционной модели. В этом случае нас не интересует оптимум. Просто мы хотим предсказывать результат с требуемой точностью во всех точках некоторой заранее заданной области. Тут не приходится выбирать подобласть. Необходимо последовательно увеличивать степень полинома до тех пор, пока модель не окажется адекватной. Если адекватной оказывается линейная, или неполная квадратная модель (без членов, содержащих квадраты факторов), то ее построение аналогично тому, что требуется для оптимизации.

Подводя итог вышесказанному, отметим -математические модели являются одним из основных инструментов познания человеком явлений окружающего мира. Под математическими моделями понимают основные закономерности и связи, присущие изучаемому явлению. Это могут быть формулы или уравнения, наборы правил или соглашений, выраженные в математической форме. Испокон веков в математике, механике, физике и других точных науках естествознания для описания изучаемых ими явлений использовались математические модели. Выбор модели и проверка ее адекватности является важнейшей частью любого научного исследования.

### **5.9 Рекомендуемые источники информации, связанные с проведением научных исследований в области профессиональной деятельности**

Важность и значимость проведения научных исследований, изыскательских работ в современном мире трудно переоценить. Обеспечение пожарной безопасности, защита территорий от техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций различной природы являлась и является актуальной и приоритетной задачей. Развитие науки, экономики, технологий, появление новых материалов ставит перед специалистами в области обеспечения пожарной безопасности новые и новые задачи, решение которых, как правило,

выливается в проведение научных исследований, теоретические итоги которых находят отражение в монографиях, статьях, научных докладах, диссертационных работах. В качестве иллюстрации сказанного считаем уместным рекомендовать начинающим исследователям ряд источников информации, связанных с научными исследованиями в области обеспечения безопасности при пожарах и ЧС, в том числе, с моделированием опасных ситуаций, которые осуществляются учеными, представляющими ведущие научно-исследовательские и образовательные организации ГПС МЧС России.

Работы, перечисленные ниже, были опубликованы в виде монографий или научных статей в открытой печати:

- Астахова И.Ф., Беляцкий В.П., Брушлинский Н.Н. и др.; Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского, А.Я. Корольченко Моделирование пожаров и взрывов: [Монография];

- Гремячкин В.М. Математическая теория процессов горения и взрыва Электронное учебное издание;

- Карькин И.Н. Методика расчета ОФП полевым методом;

- Малышев В.А., Никитенко Ю.В. Моделирование пожара как чрезвычайной ситуации;

- Холщевников В.В., Самошин Д.А. Парфененко А.П., Кудрин И.С., Истратов Р.Н., Белосхов И.Р. Эвакуация и поведение людей при пожарах. Учебное пособие;

- Кошмаров Ю.А., Пузач С. В., Андреев В. В. и др. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. Учебное пособие;

- Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В. Система моделирования развития и тушения пожаров в зданиях;

- Свиринов И.С. Обзор моделей распространения пожара в зданиях;

- Терещин В.В., Грачев В.А., Тараканов Д.В. Методика принятия управленческих решений при тушении пожара в условиях многокритериальности.

Ниже представлены отдельные диссертационные работы, связанные с решением научных проблем в области профессиональной деятельности:

- Решетников А.В. Оценка поражающих факторов пожара разлива методом математического моделирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;

- Бречалов С.Л. Моделирование процессов управления боевыми действиями подразделений пожарной охраны на основе теории массового обслуживания. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;

- Егоров А.А. Математические модели и алгоритмы эвакуации людей в аварийных ситуациях в учебных заведениях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;

- Иванов М.В. Математическое моделирование аварийной эвакуации людей при пожарах на объектах с массовым пребыванием людей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;



- Смагин А.В. Моделирование выделения и распространения токсичных газов при пожарах в зданиях и сооружениях для обоснования их объемно-планировочных решений с целью обеспечения безопасной эвакуации людей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Тараканов Д.В. Многокритериальные модели и методы поддержки управления пожарными подразделениями на основе мониторинга динамики пожара в здании. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук.
- Разливанов И.Н. Математическое моделирование процессов развития пожара и пожаротушения в условиях ограниченности сил и средств. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Субачев С.В. Совершенствование подготовки персонала противопожарной службы на основе технологий имитационного моделирования пожаров в зданиях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Серебренников Е.А. Моделирование процессов управления совместными действиями оперативных подразделений пожарной охраны и поисково-спасательных формирований МЧС. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Пелех М.Т. Модели и методы оценивания и совершенствования деятельности государственной противопожарной службы: на примере Республики Коми. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Нырков А.А. Математическое, программное и информационное обеспечение систем автоматизированного управления пожарной безопасностью в транспортных тоннелях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Бежаева О.Я. Оперативное управление процессом ликвидации быстропротекающих чрезвычайных ситуаций на основе динамических моделей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Куликов О.М. Информационная поддержка принятия решений при ликвидации техногенных чрезвычайных ситуаций на основе моделирования сценариев управления. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Бречалов С.Л. Моделирование процессов управления боевыми действиями подразделений пожарной охраны на основе теории массового обслуживания. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Разливанов И. Н. Математическое моделирование процессов развития пожара и пожаротушения в условиях ограниченности сил и средств. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Липин Ю.И. Фрикционное воспламенение пыле- метано- воздушных смесей и его предупреждение в угольных шахтах. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук;

- Подрезова А.И. Моделирование и экспериментальное исследование зависимости процессов горения от структуры пожарной нагрузки. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Гуринович Л.В. Имитационное моделирование аварий с пожарами и взрывами на объектах хранения и транспортировки сжиженных углеводородных газов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Кошмаров М.Ю. Моделирование динамики начальной стадии пожара в помещениях, зданиях и сооружениях при воспламенении горючей жидкости. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Карпов А.В. Моделирование процессов тепло- и массопереноса в припотолочной струе продуктов горения на начальной стадии пожара в помещении: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Коршунов И.В. Моделирование динамики начальной стадии пожара в театрах для обоснования их объемно-планировочных решений с целью обеспечения безопасной эвакуации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Калмыков С. П. Моделирование процессов тепло- и массопереноса при работе системы струйной вентиляции автостоянок закрытого типа. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Фотин С.В. Методы нестационарного анализа зон теплового поражения при пожарах на трубопроводах энергообъектов в условиях открытой местности. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Нагановский Ю.К. Совершенствование методов идентификации и контроля пожароопасных свойств строительных материалов и средств огнезащиты. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Фильков А.И. Физико-математическое моделирование возникновения природных пожаров и исследование особенностей сушки, пиролиза и зажигания горючих материалов. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук;
- Арифиллин Е.З. Моделирование процессов возникновения, развития и ликвидации чрезвычайных ситуаций на гидрологических объектах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Файзрахманов Г.П. Прогнозирование распространения лесного пожара на основе апостериорного моделирования его нестационарной динамики. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Сухоиванов А.Ю. Моделирование процессов переноса в атмосфере и воздействия на окружающую среду вредных продуктов горения, образующихся при пожаре. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Бурасов Д. М. Математическое моделирование низовых лесных и степных пожаров и их экологических последствий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук;

- Барановский Н.В. Математическое моделирование наиболее вероятных сценариев и условий возникновения лесных пожаров. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук;
- Лобода Е.Л. Физическое и математическое моделирование природных пожаров и применение методов инфракрасной диагностики для их исследования. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук;
- Шипулина О.В. Математическое моделирование распространения фронта вершинного лесного пожара в однородном лесном массиве и вдоль просеки. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук;
- Иншаков Ю.З. Моделирование процессов экологического воздействия пожаров на окружающую среду. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Белоцерковская И.Е. Математическое моделирование динамики лесных пожаров под воздействием внешних факторов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;
- Иншаков Ю.З. Исследование, анализ и управление процессами пожарной безопасности и рисками экологических последствий воздействия пожаров на окружающую среду. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук;
- Перминов В.А. Математическое моделирование возникновения верховых и массовых лесных пожаров. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук;
- Лощилова Н.А. Математическое моделирование воздействия заданного потока воды на динамику лесных пожаров и определение параметров, необходимых для успешной борьбы с пожарами. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук;
- Кирсанов А.А. Моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосфере при лесных пожарах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук;
- Масленников Д.А. Особенности математического моделирования распространения лучистого теплового потока от очага горения при лесных пожарах на неоднородном рельефе. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук;
- Кулешов А.А. Математическое моделирование в проблемах промышленной безопасности и экологии. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

## **5.10 Правила оформления научно-исследовательской работы**

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

*Общие требования.* Отчет о НИР выполняется в соответствии с ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

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

Допускается представлять таблицы и иллюстрации на листах формата не более А2. Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое - не менее 30 мм, правое

- не менее 10 мм, верхнее - не менее 15 мм, нижнее

- не менее 20 мм.

Шрифт машинки должен быть четким, лента 0 черного цвета средней жирности. Плотность текста работы должна быть одинаковой.

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

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

В НИР следует использовать сокращения слов и словосочетаний.

Распечатки с ЭВМ должны соответствовать формату А4 (должны быть разрезаны). Они включаются в общую нумерацию страниц работы и помещаются после заключения, а при наличии иллюстраций формата более А4 0 после них.

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

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

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

Каждый раздел следует начинать с новой страницы.

Нумерация. Страницы работы нумеруют арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета, включая приложения. Титульный лист включают в общую нумерацию работы. На титульном листе номер не ставят, на последующих страницах номера проставляют в центре нижней части страницы без точки. Приложения, которые приведены в отчете о НИР и имеющие собственную нумерацию, допускается неперенумеровывать.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

после слова «Продолжение» указывают номер таблицы, например: «Продолжение табл. 1.2».

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

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

Примечания:

1. ...

2. ...

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

Иллюстрации. Качество иллюстраций должно обеспечивать их четкое воспроизведение (электрографическое копирование, микрофильмирование и т. п.). Рисунки должны быть выполнены черной тушью или черными чернилами на белой непрозрачной бумаге.

В работе следует применять только штриховые рисунки и подлинные фотографии.

Фотографии, выполненные отдельно и имеющие размер меньше, чем А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги. В настоящее время допускается прямая печать фотографий до формата А4 непосредственно на листе.

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

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

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

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

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

Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы ее можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист. При переносе таблицы на другой лист (страницу)

заголовок помещают только над ее первой частью. Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки или графы таблицы выходят за формат таблицы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется ее головка, во втором случае - боковик.

Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его допускается заменять кавычками; если из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее - кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

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

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

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

Ссылки на иллюстрации указывают порядковым номером иллюстрации.

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

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

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

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

Поле 1 - наименование министерства, университета, института.

Поле 2 - в левой части поля - индекс УДК и номер государственной регистрации, проставляемые организацией-исполнителем, а также инвентарный номер работы (организацией-исполнителем не проставляется). Эти данные размещаются одно под другим. Правая часть предназначена для специальных отметок.

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

согласования. Здесь же проставляется печать организации, согласовавшей работу.

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

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

В поле 4 прописными буквами указывают наименование работы.

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

Поле 6- город и год выпуска работы, например, «Иваново 2020».

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

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

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

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

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

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

Перечень должен располагаться столбцом, в котором слева (в алфавитном порядке) приводят, например, сокращение, справа 0 его детальную расшифровку.

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



Список использованных источников должен содержать перечень книг, статей, различных документов, исследований других авторов и т. п., использованных при выполнении работы. Оформляется в соответствии с ГОСТом.

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

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

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

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

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

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

Существует общепринятая структура отчета о проведенном научном исследовании, включающая в себя ряд обязательных разделов.

Таким образом, общие требования, предъявляемые к оформлению отчета о научно-исследовательской работе, предполагают выполнение стандартного набора разделов, что облегчает последующую работу с данными документами.

Структура научно-исследовательской работы:

- титульный лист;
- список исполнителей;
- реферат;
- содержание;
- перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Реферат должен содержать:

- сведения об объеме;
- количестве иллюстраций;
- количестве таблиц;

- количестве книг работы;
- количество использованных источников;
- перечень ключевых слов;
- текст реферата.

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

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

Оптимальный объем текста реферата - 850 печатных знаков, но не более одной страницы машинописного текста.

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

Основная часть должна включать:

- выбор направления исследований;
- теоретические и (или) экспериментальные исследования;
- обобщение и оценку результатов исследований.

В НИР должны быть отражены:

- обоснование выбора принятого направления исследования, методы решения задачи и их сравнительные оценки, разработка общей методики проведения исследования, анализ и обобщение существующих результатов;

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

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

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

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

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

- промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты;
- таблицы вспомогательных цифровых данных;
- протоколы и акты испытаний;
- описания аппаратуры и приборов, примененных при проведении экспериментов, измерений и испытаний;
- инструкции и методики, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, разработанных в процессе выполнения НИР;
- иллюстрации вспомогательного характера;
- копию решения ученого (научно-технического) совета;
- акты о внедрении результатов исследований.

### **5.11 Статьи. Монографии. Диссертации. Открытия**

Успешно законченное научно-техническое исследование обязательно содержит оригинальные результаты, представляющие интерес для широкого круга специалистов данной отрасли. В связи с этим целесообразно опубликовать наиболее интересного материала в виде статьи или монографии. В статье излагаются результаты, полученные по конкретному вопросу, имеющему определенно-научное и практическое значение.

*Статья* публикуется в научных, научно-технических и производственных журналах и сборниках.

*Монография* – это научный труд, посвященный разработке одной темы или ограниченного круга вопросов, принадлежащий одному или нескольким авторам, которые придерживаются одной точки зрения.

Содержание публикации, форма изложения материала и его объем существенно зависят от предполагаемого круга читателей, а также от требований издательства. Одним из основных требований в настоящее время является соблюдение этических норм и правил публикации, которые затрагивают авторские права и вопросы, связанные с цитированием, заимствованием и др. Печатные работы, в том числе, все виды квалификационных работ, должны проходить обязательную проверку на плагиат.

В процессе выполнения научных исследований могут появиться открытия.

*Открытием* признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств или явлений материального мира, вносящих коренные изменения в уровень знаний. Каждое открытие расширяет и углубляет познание материального мира и способствует появлению технических идей, которые могут признаваться изобретениями. Диплом на

открытие и патентный документ на изобретение можно считать почетными формами научной продукции.

Одной из форм научной продукции является *диссертация-исследование*, представляемое на соискание ученой степени и публично защищаемое соискателем на заседании специализированного совета. Тема диссертационной работы в области технических наук должна быть, как правило, связана с тематическим планом какого-либо научно-исследовательского учреждения и утверждена ученым советом этого учреждения персонально для каждого соискателя. Структура диссертационной работы в основном соответствует структуре научно-технического исследования. При изложении диссертации необходимо четко указывать личный вклад соискателя в разработку сформулированной научной проблемы.

*Публикация основных результатов диссертационного исследования*

Тезисы докладов, выступлений, научные статьи

Методические рекомендации и программы учебных курсов

Учебное пособие, учебник

Монография

Соавторство

*Тезисы докладов, выступлений, научные статьи*

Согласно существующему Положению, лица, претендующие на получение ученой степени, обязаны отразить научные результаты своих исследований в публикациях. В Положении сказано:

«К опубликованным работам, отражающим основные научные результаты диссертации, приравниваются также дипломы на открытия, патенты на изобретения, свидетельства на полезную модель, патенты на промышленный образец; алгоритмы, которые включены в Государственный фонд алгоритмов и программ и по которым проведена соответствующая экспертиза на новизну, депонированные в учреждениях государственной системы научно-технической информации рукописи работ, аннотированные в научных журналах; препринты; опубликованные тезисы докладов, сделанные на научных съездах, конференциях, симпозиумах и семинарах; информационные карты на новые материалы, включенные в государственный банк данных» (Бюллетень ВАК России. 1995. № 1. С. 6).

Наиболее распространенным видом публикаций являются *тезисы докладов и выступлений*. Это изложенные в краткой форме оригинальные научные идеи по выбранной соискателем теме.

Главное преимущество тезисов и основное, предъявляемое к ним требование - краткость. Объем представляемых к публикации тезисов составляет, как правило, 2-5 страниц распечатанного на компьютере текста (на стандартных листах формата А4, кегль 14). Второе требование - информативность. Для наглядности тезисы могут быть снабжены цифровыми материалами, графиками, таблицами. Основные положения исследования должны излагаться четко и лаконично.

Более значимые научные результаты, требующие развернутой аргументации, публикуются в форме научной статьи. *Научная статья* - это законченное и логически цельное произведение, посвященное конкретной проблеме, входящей в круг проблем, связанных с темой диссертации.

Научная статья должна отвечать следующим принципам:

Название статьи отражает основную идею ее содержания.

После названия статьи в первом верхнем углу первого листа пишутся инициалы и фамилия автора, иногда указывается город или вуз, где он работает.

Библиография, графики и другой иллюстративный материал, цитирование и т.п. оформляются по тем же правилам, что и в тексте диссертации.

Статья обязательно должна завершаться четко сформулированными выводами.

Основные результаты диссертационных исследований могут отражаться и в методических рекомендациях по той или иной проблеме. Как показывает статистика, примерно 32% научных публикаций - это методические рекомендации.

Приступая к подготовке методических рекомендаций, следует исходить из того, что они рассчитаны на конкретного адресата - учителя, экономиста, инженера, руководителя предприятия, научного работника, преподавателя вуза и т.д. Структура методических рекомендаций может быть такой:

- введение, где читатель подготавливается к знакомству с конкретным методическим материалом и где указывается предполагаемый пользователь методической разработки;

- основная часть, где детально раскрываются предлагаемые методики, пути и средства достижения наиболее значимых результатов в том или ином виде деятельности;

- заключение, где делаются выводы по изложенному материалу;

- список литературы, где приводится литература, на основании которой написаны методические рекомендации, а также литература в помощь пользователю методической разработкой.

Опубликованные методические рекомендации должны отвечать следующим требованиям:

- Раскрывать новые методические приемы, формы и методы организации учебной, производственной или любой другой деятельности.

- Подтверждать эффективность предлагаемых методик материалами экспериментальной работы, иллюстрациями, таблицами, графиками.

Методическое пособие должно быть написано доступным для пользователя языком. Иностранные и малоизвестные научные термины следует объяснить в сносках или в специальном словаре терминов и понятий.

В настоящее время соискатели ученых степеней (особенно по гуманитарным специальностям) довольно часто разрабатывают, апробируют и публикуют в виде отдельных брошюр оригинальные программы тех или иных

учебных курсов или спецкурсов. Программа учебного курса, спецкурса может иметь следующие разделы:

- предисловие или введение, в котором разъясняется суть программы, основные ее разделы и направленность пользователям; основная часть, раскрывающая основные положения учебного курса или спецкурса;

Основная и дополнительная литература, компьютерные программы или другие необходимые для более качественного усвоения программных знаний пособия и источники по каждому разделу программы или по программе в целом.

*Учебное пособие, учебник.*

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в учебном пособии (учебнике).

В отличие от всех упомянутых выше видов публикаций учебное пособие (учебник) не может сводиться к изложению содержания только диссертационного исследования. Это масштабная работа, в которой должно достигаться полное раскрытие вопросов программы учебной ДИСЦИПЛИНЫ.

Поскольку учебное пособие (учебник) адресован учащимся школ или студентам колледжей и вузов, изложение учебного материала должно быть доступным для самостоятельной работы обучающихся.

Объем учебного пособия (учебника) должен быть соизмерим с ролью и местом дисциплины в учебном плане и соответствовать времени, отводимому на ее изучение.

*Монография.*

Монография, как правило, служит формой публикации научных результатов диссертации на соискание ученой степени Доктора наук и содержит систематическое изложение основных данных научного исследования. Монография соискателя докторской степени должна быть написана без соавторов, а соискатель кандидатской степени может иметь соавторов. Объем монографии, как правило, бывает от 3—5 авторских листов и более.

*Депонирование научной разработки.* Научная разработка любого автора может быть депонирована. Депонировать — это значит передать рукопись на хранение в специальное хранилище — Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ) или во Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИЦ) Министерства науки и технологий. Обычно депонируют научные разработки (монографии, статьи, тезисы и т.д.), издание которых большими тиражами нецелесообразно, так как они предназначены для узкого круга специалистов.

Сущность депонирования заключается в следующем: подготовленная к публикации научная разработка (статья, тезисы доклада или выступления, монография, учебное пособие и т.д.) направляется в соответствующий центр научной информации (научно-технической информации или научной информации по общественным наукам). Центр принимает работу для депонирования, передает ее на хранение в свои библиотеки и публикует в специальных реферативных сборниках или научных журналах информацию о

том, что работа поступила в центр научной информации и может быть востребована для ознакомления. Депонированная работа считается опубликованной только после публикации ее аннотации в научном журнале или реферативном сборнике.

#### *Соавторство.*

В том случае, когда произведение написано двумя авторами или более, форма их совместного творчества называется соавторством. Все авторы такого произведения в своей дальнейшей деятельности имеют право пользоваться содержащимися в нем материалами, но обязательно указывая, что тот или иной материал разработан совместно с такими-то учеными.

Довольно часто в соавторстве пишут монографии, учебники, учебные пособия. Обычно в таких случаях каждый автор пишет свой раздел, главу или параграф, а на титульном листе (если авторов три и менее) или на обороте титульного листа (если авторов четыре и более) указываются фамилии всех писавших.

В автореферате диссертации в списке опубликованных по теме диссертации научных трудов, которые выполнены в соавторстве, необходимо указывать личное участие в той или иной публикации.

#### *Учет объема опубликованных работ.*

Для определения объема подготовленных к изданию рукописей и изданных научных работ существует специальная система подсчета, основу которой составляет авторский лист. В авторских листах, как правило, устанавливается объем научной продукции в издательских договорах.

Авторский лист (а.л.) — единица объема материала, созданного автором; он равен 40 000 печатных знаков (включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и т.п. Как правило, 1 а.л. — это 22—24 страницы текста, напечатанного через 2 интервала между строками на пишущей машинке или набранного с помощью компьютерной техники (Энциклопедия книжного дела / Под ред. Ю. Майсурадзе. М.: Юристь, 1998. С. 49-50).

В издательской деятельности используется и термин "печатный лист". Это площадь поверхности одной стороны бумажного листа, которая воспринимает краску с печатной формы, т.е. половина бумажного листа стандартного формата 60 x 90 см, который назван условным. Для определения объемов книг других форматов введен так называемый печатный лист. Чтобы вычислить объем книги, используют переводной коэффициент — отношение площади физического печатного листа к площади условного печатного листа 60 x 90 см:

- формат книги 60×84 см — коэффициент 0,93; 70×100 — 1,29; 70×90— 1,17; 70×108— 1,40; 75×90— 1,26; 84×108— 1,68.

Например: объем книги формата 60×84 см — 5 п.л.;  $5 \times 0,93 = 4,65$  приведенных печатных листа (Энциклопедия книжного дела. С. 49).

Учетно-издательский лист — это единица объема всего материала книги, кроме рекламного. По количественному значению учетно-издательский лист не отличается от авторского листа и подсчитывается так же, но включает дополнительные объекты подсчета: колонцифры (номера страниц),

издательскую аннотацию, оглавление и т.д. Объем печатного издания принято указывать в условных печатных листах и учетно-издательских листах.

Следует знать, что в одном и том же печатном листе может уместиться материал различного объема в зависимости от размеров шрифта, а следовательно, количества знаков в строке и количества строк на странице, размера полей и т.п.

*Основные требования к рукописям.*

По оформлению к рукописи научной работы, тексту диссертации и автореферата предъявляются требования ГОСТ Р 7.0.11 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления.

Правила оформления диссертационных работ необходимо знать тем, кто намерен после получения магистерской степени продолжить работу над диссертацией на соискание ученой степени кандидата наук. При этом следует отметить, что в правила оформления с определенной регулярностью вносятся различные изменения, которые соискатель должен самостоятельно отследить и исполнить. Особое внимание следует обратить на оформление:

- титульного листа;
- оглавления;
- текста диссертации;
- списка сокращений и условных обозначений;
- списка терминов;
- списка литературы;
- приложений.

Текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое - 25 мм, правое - 10 мм, верхнее и нижнее - 20 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту отчета и равен 1,25 см.

## **5.12 Внедрение законченных разработок в промышленность**

Внедрение законченных разработок в промышленность является завершающим в научно-техническом исследовании. Под внедрением понимается передача промышленности (отраслевому НИИ, конструкторскому бюро, проектному институту, производственному объединению или предприятию) научной продукции. Последняя может быть в форме отчета о научно-техническом исследовании, рекомендаций, инструкций, методики (расчетов, измерений, испытаний), алгоритмов и программ вычислений, технического задания на разработку нового процесса (устройств, системы), разработки режимов и регламентов и т.п.

Процесс внедрения научной продукции в производство обычно состоит из двух этапов – опытно-промышленного и серийного внедрения.

Во время первого этапа осуществляется проверка предлагаемых разработок в промышленных условиях, при которой опытные образцы технических устройств, систем, технологического оборудования подвергаются различным испытаниям. Результаты испытаний оформляют в виде протокола, к



которому прилагают акты с оценкой конструктивных, технологических, эксплуатационных, энергетических, экономических и других особенностей испытуемых образцов. На данном этапе участие авторов научно-технического исследования во внедрении является обязательным.

Исходя из результатов опытно-промышленных испытаний, разрабатываются рекомендации по совершенствованию опытного образца, производится корректировка технической документации. Лишь после этого разработка передается в серийное производство, а затем внедряется в промышленность. На втором этапе внедрения научно-исследовательские подразделения могут оказывать, в случае необходимости, научно-техническую помощь.

Различают отдельный и комплексный способы внедрения. При первом из них научно-техническое исследование выполняет организация, которая составляет предложение для внедрения. На основе этого предложения проектно-конструкторская организация разрабатывает техническую документацию на опытный образец или опытную серию. Изготовление, монтаж, наладка и испытание опытного образца в промышленных условиях осуществляется заказчиком. В случае положительных результатов производится передача опытного образца в постоянную эксплуатацию, после чего, возможно, серийное производство. Здесь все этапы от разработок до внедрения выполняются отдельно, последовательно и независимо друг от друга. Продолжительность внедрения при этом (наиболее распространенном) способе максимальна.

Ускорить внедрение научно-технических разработок можно при комплексной организации работ, когда научно-исследовательские организации объединяются с проектными и конструкторскими подразделениями. Такому объединению придается экспериментальное производство, а внедрением обычно занимаются специально созданные отделы. При этом способе внедрения всем комплексом работ руководит один центр, качество научно-производственной продукции повышается, а сроки внедрения сокращаются.

Внедрение научных разработок в промышленность завершается оформлением акта внедрения и расчета экономической эффективности.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Перечислите основные методы математического анализа.
2. В чем заключается статистический анализ результатов эксперимента?
3. Перечислите основные этапы и режимы статистической обработки экспериментальных данных.
4. К чему сводятся основные задачи предварительной обработки экспериментальных данных.
5. Дайте классификацию ошибок измерения. Ошибки исследователя при проведении эксперимента.
6. На основании чего происходит выбор и разработка математических моделей.

7. Охарактеризуйте современное состояние проблемы моделирования в науке и технике.
8. Дайте оценку роли моделирования в научном эксперименте.
9. Перечислите и охарактеризуйте виды моделей и способы моделирования.
10. Что такое полиномиальные модели?
11. Перечислите правила оформления научно-исследовательской работы?
12. Из каких пунктов состоит структура отчета?
13. Раскройте роль статей, монографий, диссертаций и открытий в выполнении научно исследовательской работы.
14. Перечислите основные принципы организации эксперимента.

## **ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Для проверки степени освоения учебного материала по дисциплине «Планирование научного эксперимента» обучающимся предлагается выполнить два контрольных задания.

### **КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №1**

В соответствии с темой Вашего диссертационного исследования:

- сформулируйте научную гипотезу;
- определите объект и предмет исследования;
- обоснуйте актуальность, научную новизну и практическую значимость Вашей работы;
- составьте предварительный план работы;
- составьте сетевой график выполнения эксперимента.

### **КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №2**

Напишите реферат на одну из предложенных тем. Выбор темы реферата должен быть связан с тематикой Вашего исследования в рамках выполнения выпускной квалификационной работы. Проиллюстрируйте тему реферата примером из Вашей работы.

#### **Темы рефератов:**

1. Экспериментальные исследования в науке и технике, их назначение и роль.
2. Специальное оборудование и приборы для проведения экспериментальных исследований.
3. Обработка экспериментальных данных. Методы обработки.
4. Математический аппарат для обработки экспериментальных данных, параметры для оценки результатов экспериментов.
5. Регрессионный и корреляционный методы обработки данных эксперимента.
6. Компьютерная обработка данных эксперимента, программные комплексы для обработки экспериментальных исследований.
7. Краткие сведения из теории вероятностей и математической статистики.
8. Планирование эксперимента при поиске экстремальной области.
9. Критерии оптимальности и типы планов. Параметр оптимизации.
10. Роль статистического анализа для принятия решений перед планированием эксперимента.
11. Математическое и компьютерное моделирование в научном эксперименте.
12. Роль эксперимента в пожарной науке.
13. Эксперимент и научное прогнозирование.
14. Сравнительный анализ в научном эксперименте.
15. Формальное и содержательное планирование эксперимента.
16. Выбор факторов эксперимента
17. Планы типа «латинский квадрат» и «греко-латинский квадрат».
18. Современное состояние проблемы моделирования в науке и технике.
19. Общие законы и формы познания мира.
20. Системный подход в научном эксперименте.

21. Роль моделирования в научном эксперименте.
22. Факторный анализ. Метод главных компонент. Временные ряды.
23. Научный и промышленный эксперимент. Постановка задачи о выборе оптимального плана.
24. Основы планирования экспериментов.
25. Полный факторный эксперимент типа 2<sup>к</sup>.
26. Дробный факторный эксперимент. Оценки коэффициентов функции отклика в дробном факторном эксперименте.
27. Статистические методы анализа и обработки экспериментальных данных.

## ГЛОССАРИЙ

1. Эксперимент - это последовательность действий, направленных на получение информации об объекте исследования путем контролируемых воздействий на него в воспроизводимых условиях (например - по созданию и апробированию новых технологий, методов, моделей и т.д.); метод исследования, предполагающий выделение существенных факторов, влияющих на результаты научной деятельности, и позволяющий варьировать эти факторы в целях достижения оптимальных результатов.

2. Экспериментальная идея - это общее представление о предполагаемом направлении деятельности исследователя в создавшейся проблемной ситуации, некоторое представление о желаемом результате.

3. Гипотеза эксперимента - развернутое неочевидное предположение, где максимально подробно изложены модель, будущая методика, система мер, технология, механизм того нововведения, благодаря которому ожидается получить высокую результативность (или новые результаты, которых не было прежде) научно-технического процесса.

4. Критерий результативности - это определяемый самой организацией порог, ниже которого процесс признаётся не достигающим своего назначения.

5. Опыт - это воспроизведение исследуемого процесса в лабораторных или промышленных условиях с регистрацией его результатов. Опыт является отдельной экспериментальной частью.

6. План эксперимента - совокупность данных определяющих число, условия и порядок проведения опытов.

7. Планирование эксперимента - выбор плана эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям, совокупность действий направленных на разработку стратегии экспериментирования (от получения априорной информации до получения работоспособной математической модели или определения оптимальных условий). Это целенаправленное управление экспериментом, реализуемое в условиях неполного знания механизма изучаемого явления.

8. Цель планирования эксперимента - нахождение таких условий и правил проведения опытов при которых удастся получить надежную и достоверную информацию об объекте с наименьшей затратой труда, а также представить эту информацию в компактной и удобной форме с количественной оценкой точности.

9. Фактор (лат. factor «делающий, производящий») - причина, движущая сила какого-либо процесса, определяющая его характер или отдельные его черты.

10. Полный факторный эксперимент - это эксперимент, в котором реализуются все возможные комбинации (наборы) уровней факторов между собой.

11. Отклик (еще можно встретить термины: параметр, реакция) - выходная величина, на значение которой влияют факторы. Отклик обозначают латинской буквой Y.

12. Функция отклика - уравнение, которое характеризует математическую связь между откликом и факторами.

13. Случайная величина - это величина, которая в результате проведения опыта принимает то или иное возможное значение. Это значение будет лежать в определенном интервале и не известно заранее.

14. Величина (объем) выборки - абсолютное (счетное) количество однородных объектов исследования (явлений, событий или их характеристик).

15. Математическая статистика - наука, разрабатывающая математические методы систематизации и использования статистических данных для научных и практических выводов.

16. Среднее арифметическое (в математике и статистике) множества чисел - сумма всех чисел, деленная на их количество. Является одной из наиболее распространенных мер центральной тенденции.

17. Относительное значение показателя - это отношение числа объектов, имеющих этот показатель, к величине выборки. Выражается относительным числом или в процентах (процентное значение).

18. Удельное значение признака - это расчетная величина, показывающая количество объектов с данным показателем, которое содержалось бы в условной выборке, состоящей из 10, или 100, 1000 и т. д. объектов.

19. Дисперсия статистического показателя - среднее значение квадратов отклонений отдельных его значений от среднего выборочного.

20. Среднее квадратическое отклонение (экспериментальным) - корень квадратный из дисперсии.

21. Матрица - разновидность таблицы со строками и рядами, имеющими какие-либо функционально-логические связи. При составлении матрицы связи или их отсутствие отмечаются в клетках условными знаками. Результирующий вид матрицы обнаруживает наличие связей между различными факторами педагогического процесса.

22. График - способ наглядного отображения изменения экспериментальных данных. Графики - полигоны строятся в прямоугольной системе координат, в которой на оси "X" отмечается значение независимой переменной (время, место, категория и др.), а по оси "Y" - значение или порядок признака.

23. Гистограмма - разновидность графика, в котором по оси "Y" откладываются интервальные дискретные значения какой-либо группировки, в результате чего график становится "ступенчатым".

24. Диаграмма - способ наглядного отображения количественной информации в виде площадей различных фигур (круг, прямоугольник и др.).

25. Графы - особый вид графического отображения данных результатов; это фигура, состоящая из точек - вершин, соединенных отрезками-ребрами. Вершины графа могут обозначать различные компоненты педагогического процесса, параметры, факторы, а ребра - отношения и связи между ними. Графы (как модели) часто применяются на этапе прогнозирования эксперимента, а на обобщающем этапе с ними сопоставляются результаты. Простейшим примером графа служит «дерево» целей.

26. Дерево целей - это структурированный иерархический перечень целей организации, в котором цели более низкого уровня подчинены и служат для достижения целей более высокого уровня.

27. Генетический подход- это способ исследования и объяснения явлений (в том числе психических), основанный на анализе их развития, как в онтогенетическом, так и филогенетическом планах.

28. Цель генетического подхода - выявление связи изучаемых явлений во времени, прослеживание перехода от низших форм к высшим.

29. Структурный подход - направление, ориентированное на выявление и описание структуры объектов (явлений).

30. Функциональный подход ориентирован на выявление и изучение функций объектов (явлений). Он применяется главным образом при изучении связей объекта со средой.

31. Комплексный подход- это направление, рассматривающее объект исследования как совокупность компонентов, подлежащих изучению с помощью соответствующей совокупности методов.

32. Системный подход- это методологическое направление в изучении реальности, рассматривающее любой ее фрагмент как систему.

33. Действительное число - вещественное число, любое положительное число, отрицательное число или нуль.

34. Непрерывная функция - функция без «скачков», то есть такая, у которой малые изменения аргумента приводят к малым изменениям значения функции.

35. Производная (функции в точке) - основное понятие дифференциального исчисления, характеризующее скорость изменения функции (в данной точке).

36. Дифференциал (от лат. differentia «разность, различие») - линейная часть приращения функции.

37. Неопределённый интеграл для функции - это совокупность всех первообразных данной функции.

38. Определенный интеграл - аддитивный монотонный функционал, заданный на множестве пар, первая компонента которых есть интегрируемая функция или функционал, а вторая - область в множестве задания этой функции (функционала).

39. Статистический анализ данных - это раздел прикладной статистики, разрабатывающая и систематизирующая понятия, приемы, математические методы и модели, предназначенные для организации, сбора, стандартной записи, систематизации и обработки статистических данных с целью их удобного представления, интеграции и получения научных и практических выводов.

40. Эконометрия, эконометрика - одно из направлений экономико-математических методов анализа, которое заключается в статистическом измерении, (оценивании) параметров математических выражений: характеризующих некоторую экономическую концепцию о взаимосвязи и развитии объекта, явления, и в применении полученных таким путем моделей

эконометрических для конкретных экономических выводов. Эконометрика отличается от математической экономики тем, что она не ограничивается общей математической характеристикой какой-либо экономической теории, а доводит результаты анализа до получения конкретных числовых измерителей и экономических оценок.

41. Корреляционный анализ - это совокупность методов обнаружения так называемой корреляционной зависимости между случайными величинами.

42. Дисперсионный анализ - метод в математической статистике, направленный на поиск зависимостей в экспериментальных данных путём исследования значимости различий в средних значениях.

43. Регрессионный анализ - статистический метод исследования влияния одной или нескольких независимых переменных на зависимую переменную.

44. Факторный анализ - многомерный метод, применяемый для изучения взаимосвязей между значениями переменных.

45. Независимые переменные - это переменные, значениями которых можно управлять.

46. Зависимые переменные - это переменные, которые можно только измерять или регистрировать.

47. Систематическая ошибка - погрешность, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины.

48. Случайные ошибки - это ошибки, величина которых различается даже при измерении одинаковым образом.

49. Математическая модель - математическое представление реальности, один из вариантов модели как системы, исследование которой позволяет получать информацию о некоторой другой системе.

50. Реферат - краткий доклад по определённой теме, в котором собрана информация из одного или нескольких источников.

51. Аннотация (от лат. *annotatio* - замечание) или резюме (от фр. *résumé* - «сокращённый») - краткое содержание книги, рукописи, монографии, статьи, патента, фильма, грампластинки или другого издания.

52. Статья - это жанр журналистики, в котором автор ставит задачу проанализировать общественные ситуации, процессы, явления, прежде всего с точки зрения закономерностей, лежащих в их основе.

53. Доклад или отчет - один из видов монологической речи, публичное, развернутое, официальное сообщение по определенному вопросу, основанное на привлечении документальных данных.

54. Диссертация - квалификационная работа на присуждение академической или учёной степени и квалификации (степени) магистра. В России различают диссертации на соискание учёной степени кандидата наук и доктора наук.

55. Открытие - новое достижение, совершаемое в процессе научного познания (см. эпистемология, материализм) природы и общества; установление неизвестных ранее, объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира.



56. Патент - охранный документ, удостоверяющий исключительное право, авторство и приоритет изобретения, полезной модели либо промышленного образца.

57. Авторское право- в объективном смысле - институт гражданского права, регулирующий правоотношения, связанные с созданием и использованием (изданием, исполнением, показом и т. д.) произведений науки.

58. Ключевое слово - слово в тексте, способное в совокупности с другими ключевыми словами представлять текст (см. релевантность).

59. Научно-исследовательская работа (аббр. - НИР) - работа научного характера, связанная с научным поиском, проведением исследований, экспериментами в целях расширения имеющихся и получения новых знаний, проверки научных гипотез.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Введение в философию: Учеб. пособие для вузов / Фролов И. Т. [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Республика, 2003. 623 с.
2. Белозерцев В.И., Сазонов Я.В. Философские проблемы развития технических наук. Саратов: Изд-во Саратов. гос. унта, 1993. 162 с.
3. Воронин А.А. К проблеме генезиса технического знания // Вопросы философии. 2003. № 10. С. 95-102.
4. Горохов В.Г. Основы философии техники и технических наук: учебник. М.: Гардарики, 2007. 335 с.
5. История и философия науки (Философия науки): учеб. пособие / под ред. Ю.В. Крянева, Л.Е. Моториной. М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2010. 335 с.
6. Фишер Р. Статистические методы для исследователей. М.: Госстатиздат, 1958. 267 с.
7. Тутубалин В.И. Теория вероятностей. Краткий курс и научно-методические замечания. М.: МГУ, 1972. 138 с.
8. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
9. ГОСТ Р ИСО 5479-2002 Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения, 2002.
10. ГОСТ Р 50779.21-2004 (ИСО 2854:1976) Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным, 2004.
11. ГОСТ 7.32-2017. Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (введен в действие Приказом Росстандарта от 24.10.2017 N 1494-ст).
12. Козлов М. В., Прохоров А. В. Введение в математическую статистику. М.: Изд-во МГУ, 1987. 264 с.
13. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебное пособие. М. : Издательство Юрайт ; ИД Юрайт, 2011. 399 с.
14. Афанасьева Н.Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента. М.: КноРус, 2010. 336с.
15. Ткалич В.Л. Обработка результатов технических измерений. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. 72с.
16. Аугамбаев М. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента. / Под ред. Проф. Г.М. Рудакова. Ташкент: "Укитувчи", 2007.
17. Нефедов В.И., Сигов А.С. Метрология, стандартизация и технические измерения. Издательство: Высшая школа, 2008. 624с.
18. Марусина М.Я., Ткалич В.Л., Воронцов Е.А., Скалецкая Н.Д. Основы метрологии, стандартизации и сертификации. Учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. 164 с.
19. Агапьев Б.Д., Белов В.Н., Козловский В.В., Марков С.И. Обработка экспериментальных данных. Учебное пособие. СПб.:СПбГТУ, 2001. 51 с.

20. Туганбаев А.А., Крупинин В.Г. Теория вероятностей и математическая статистика. СПб.: Изд-во "Лань", 2011.
21. Штофф В.А. Проблемы методологии научного познания. М.: Высшая школа, 1978. 271 с.
22. Основы научных исследований: Уч.пос./ Сост. Яшина Л.А. Сыктывкар: Изд-во СыктГУ, Сыктывкар, 2007. 71 с.
23. Кокшарова Т.Е. Основы научных исследований: Учебно – методическое пособие. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2007. 111с.
24. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебное пособие для магистров. М.: Юрайт, 2015. 399с.
25. Добреньков В.И. Методология и методы научной работы: учебное пособие. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. 3-е изд. М. : Книжный дом. Университет, 2013. 274 с.
26. Методология научных исследований: учебник для магистров/ под ред. М.С. Мокий. М.: Юрайт, 2014. 255 с.
27. Рузавин Г.И. Методология научного познания: учебное пособие для вузов. М.: ЮНИТИ, 2013. 287 с.
28. Основы научных исследований: учебное пособие / Герасимов Б.И., [и др.].М.: Форум, 2009. 55с.
29. Основы научных исследований: Курс лекций для студентов / Черныш А.Я. [и др.].М.: РИО РГА, 2008.
30. Шкляр М.Ф.Основы научных исследований: учебное пособие. Издательство: Дашков и К, 2009.
31. Кожухар В.М. Практикум по основам научных исследований: Учебное пособие. Москва: изд-во АВС, 2008. 112 с.
32. Рузавин, Г.И.Методология научного познания: учебное пособие для вузов. М. : ЮНИТИ, 2013. 287 с.
33. Арене В.Ж. Азбука исследования (методология постановки проведения исследования). М.: Интернет Инжиниринг, 2006. 182с.
34. Тихонов В.А., Корнев Н.В., Верона В.А., Остроухов В.В. Основы научных исследований: теория и практика. СПб.: Гелиос АРВ, 2006. 352с.
35. Афанасьева Н.Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента: учебное пособие для вузов. Москва: Кнорус, 2010. 330с.
36. Косарев Е. Л. Методы обработки экспериментальных данных: учебное пособие для вузов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 207 с.
37. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. Учебник. М.: Дело и сервис, 2009.232с.
38. Харисов Г.Х., Фирсов А.В. Обоснование нормативного значения и расчетной величины индивидуального риска в зданиях и сооружениях. Монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. 225 с.

## Сведения об авторах

**Никифоров Александр Леонидович** – профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе учебно-научного комплекса «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Самойлов Дмитрий Борисович** – начальник учебно-научного комплекса «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, полковник внутренней службы, кандидат технических наук, доцент

**Циркина Ольга Германовна** – профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе учебно-научного комплекса «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, доктор технических наук, доцент

**Ульева Светлана Николаевна** – доцент кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе учебно-научного комплекса «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, подполковник внутренней службы, кандидат химических наук

**Шарабанова Ирина Юрьевна** – заместитель начальника ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России по научной работе, полковник внутренней службы, кандидат медицинских наук, доцент

**Комельков Вячеслав Алексеевич** – начальник кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе учебно-научного комплекса «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, подполковник внутренней службы, кандидат технических наук, доцент

*Учебное издание*

**НИКИФОРОВ Александр Леонидович  
САМОЙЛОВ Дмитрий Борисович  
ЦИРКИНА Ольга Германовна  
УЛЬЕВА Светлана Николаевна  
ШАРАБАНОВА Ирина Юрьевна  
КОМЕЛЬКОВ Вячеслав Алексеевич**

## **ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Учебное пособие

Подписано в печать 25.12.2020 г.

Печ. л. 9,8. Усл.-печ. л. 9,1. Формат 60x84 1/16. Заказ № 137

Отделение организации научных исследований  
научно-технического отдела  
ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,  
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33