

Ю.В. Макогон

В. В. Пилипенко

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

Донецк - 2002

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Ю.В. Макогон
В. В. Пилипенко**

**МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ**

Донецк – 2002

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Ю.В. Макогон
В.В. Пилипенко**

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

Под общей редакцией профессора Макогона Ю.В.

Издание 1-е

Допущено Министерством образования и науки Украины в качестве учебного пособия для студентов экономических специальностей высших учебных заведений

Донецк, 2002

Автор:

Макогон Ю.В.

Пилипенко В.В.

Методика научных исследований внешнеэкономических связей. –
Донецк: 2002. – с.

Рассмотрены основные положения, связанные с организацией проведения научных исследований внешнеэкономических связей, представлены методологические основы научного исследования. Освещены вопросы организации и проведения научного исследования и его информационного обеспечения.

Для преподавателей высших учебных заведений, аспирантов, соискателей, а также студентов вузов при изучении дисциплины "Методика исследований внешнеэкономических связей"

Розглянуто основні положення, пов'язані з організацією проведення наукових досліджень зовнішньоекономічних зв'язків, представлені методологічні основи наукового дослідження. Висвітлені питання організації і проведення наукового дослідження і його інформаційного забезпечення.

Для викладачів вищих навчальних закладів, аспірантів, пошукачів, а також студентів вузів при вивченні дисципліни "Методика досліджень зовнішньоекономічних зв'язків".

Рецензенты:

к.э.н, профессор Гохберг Ю.А.

к.э.н., доцент Бударина Н.А.

Компьютерный набор

Пилипенко В.В., Перенчук А.П.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

РАЗДЕЛ 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И ТВОРЧЕСТВА

1.1. Методы научных исследований.....	3
1.2. Экономический эксперимент.....	15
1.3. Гипотезы в научных исследованиях.....	18
1.4. Доказательство гипотез.....	25
1.5. Эксперимент в научных исследованиях	29
1.6. Математическое планирование эксперимента.....	35

РАЗДЕЛ 2. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЦЕССА

2.1. Основные термины и понятия.....	50
2.2. Типы научных документов, сфера их создания и использования.....	55
2.3. Общие требования к сбору и отбору готовой информации.....	72
2.4. Закономерности роста, рассеяния и старения научных документов и анализ документальных информационных потоков.....	77
2.5. Информационное обеспечение научно-исследовательского процесса	80
2.6. Глобальная сеть INTERNET.....	86

РАЗДЕЛ 3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Алгоритм научно-исследовательского процесса.....	94
3.2. Этапы конкретизации темы научного исследования и предварительного определения теоретических предпосылок..	100
3.3. Подготовка научного исследования.....	109
3.4. Исследовательская стадия научно-исследовательского процесса.....	116
3.5. Завершающая стадия научно-исследовательского процесса.....	129
3.6. Этап обобщения и апробация результатов исследования.....	130
3.7. Этап реализации результатов исследования.....	163
3.8. Эффективность научных исследований.....	170

ЛИТЕРАТУРА	178
-------------------------	------------

РАЗДЕЛ 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

1.1. МЕТОДЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для более детального ознакомления с методами научных исследований целесообразно избрать сначала общенаучные методы, которые применяются во всех видах и на всех этапах научных исследований, тогда как конкретно-научные (частные) методы представляют интерес только для специалистов в той области науки, где они используются.

Анализом называют такой метод познания, при котором выполняете; практическое или мысленное расчленения объекта исследования на его составные элементы. Это разрешает обнаружить структуру объекта, отделить важное от несущественного, свести сложное к простому. Анализ явления процессе развития разрешает выделить в нем отдельные этапы, противоречивые тенденции и т.п.. Цель анализа - познание отдельных частей объекта как элементов сложного целого. Условием всестороннего познания объекта исследования является многогранность его анализа.

Анализ неразрывно связан с синтезом - процессом объединения в одно целое частей, признаков, свойств объекта, определенных с помощью анализа.

Анализ и синтез играют важную роль в процессе познания и осуществляются на всех его этапах. Существует много видов анализа и синтеза например: прямой (эмпирический) метод используется для выделения отдельных частей объекта, выявления его свойств, простейших изменений и т.п.; обратный (элементарно-теоретический) метод базируется на представлениях о причинно-следственных связях разнообразных явлений структурно-генетический метод выделяет в сложном явлении те элементы которые наиболее сильно влияют на все другие характеристики объекта. Каждый вид анализа и синтеза имеет свои особенности, но все они базируются на принципах расчленения целого на составные части со следующим воспроизведением целого из частей.

Индукцией называют такой исследовательский прием, при котором общий вывод о характеристиках множества элементов делается на основании изучения этих характеристик какой-то части элементов данного множества. Таким образом, индукция обеспечивает возможность перехода от одиночных фактов к общим положениям.

В реальном познании индукция всегда выступает в единстве с **дедукцией**, когда вывод о характеристиках любого элемента множества делается на основании познания общих характеристик всего множества.

Общенаучные методы индукции и дедукции широко используют отдельные методы формальной логики: единственного сходства (предполагается, что единое сходное обстоятельство является причиной исследуемого явления); единственного различия (предполагается, что единственное различие обстоятельств является причиной явления); сопутствующих изменений (изменение в одном явлении приводит к изменению в другом явлении, так как эти явления находятся в причинной связи); остатков (если известно, что некоторые из совокупности отдельных обстоятельств являются причиной части явления, то остаток этого явления вызван остатком обстоятельств).

Одним из общенаучных исследовательских приемов является метод **анalogии**, при котором вывод о предмете или явлении делается на основании его сходства с другими, уже известными. Обычная схема умозаключения по аналогии: объекту А присущи признаки *a, b, c, d, e*, объекту В присущи признаки *b, c, d, e*; значит, объекту В, вероятно, присущий признак *a*. Аналогия, если рассматривать ее изолированно, не имеет большой доказательной силы не только потому, что вывод ее может быть лишь вероятным, но и потому, что степень этой вероятности может быть совсем низкой в результате случайного сходства или фиксации несущественных признаков объектов сравнения. С целью повышения вероятности вывода по аналогии выдвигаются следующие требования:

- аналогия должна базироваться на существенных признаках и наибольшем количестве схожих характеристик объектов сравнения;

- связь признака, относительно которого делается вывод, с обнаруженными у объектов общими признаками должна быть очень тесной;

- аналогия не должна вести к выводу о сходстве объектов во всех признаках;

- вывод по аналогии должен дополняться исследованиями отличий и доказательствами того, что эти отличия не могут служить основой отказа от выводов по аналогии.

В современной науке развитой областью систематического применения аналогии является так называемая теория подобия, которая широко используется в моделировании.

Моделирование - воссоздание характеристик объекта исследования на другом объекте, созданном для их изучения. Этот последний называемое моделью. Потребность в моделировании возникает тогда, когда исследование непосредственно самого объекта невозможно, осложнено, дорого, требует очень большого времени и т.п. При этом модель должна иметь существенные признаки оригинала. Модель способна выполнять свою роль тогда, когда степень ее соответствия объекту определена довольно строк. Это может проявляться в сходстве физических характеристик модели объекта, или в сходстве функций, или в тождественности математическом описания "поведения" объекта и его модели. В зависимости от природы модели и тех сторон оригинала, которые в ней воплощены, различают модели физические и математические. Математическая модель, в отличие о физической, может быть осуществлена в виде характеристик иной, нежели у объекта исследования, физической природы. Обязательно лишь, чтобы известные стороны модели описывались той же математической формулой, что и стороны объекта. Модели могут быть также полными или частичными, представлять некоторые свойства объекта или функцию, которая им выполняется, в последнем случае модель называется функциональной и т.д. При этом границы, которые проводятся между различными видам моделей, достаточно условны. Одной из

причин широкого применения метода моделирования является его универсальность, удобство, скорость дешевизна исследования. Метод моделей, основанный на сходстве функций, которые осуществляются объектами разной природы (например, живыми организмами и машинами), является одной из основ кибернетики. Большое значение имеет разработка математических моделей экономики и основанное на них прогнозирование экономических процессов и управление ими. Быстро развивается моделирование сложных и сверхсложных систем (например, экологических и демографических процессов). Особой областью моделирования является моделирование процессов мышления. Основные закономерности процесса построения чувственных и логически моделей исследуются в разных разделах теории познания, достижения которой лежат в основе научно-технической теории и практики моделирования.

Абстрагирование - мысленное освобождение от ряда несущественных связей, отношений предметов и выделение некоторых сторон объекта для исследования. Процесс абстрагирования осуществляется в два дня. На первом этапе изучаются характеристики объекта и разделяются существенные и несущественные. На втором - объект исследования заменяют другим, более простым, представляющим собой упрощенную модель, которая сохраняет основное в сложном. Различают такие виды абстрагирования:

- отождествление (создание новых понятий путем объединения предметов или явлений, связанных своими свойствами, в особый, класс);
- изолирование (выделение свойств, неразрывно связанных с предметами);
- конструктивизация (обособление от неопределенности границ реальных объектов);
- предположение о потенциальной осуществимости.

Конкретизация, в отличие от абстрагирования, разрешает изучать предметы или явления во всей качественной разносторонности реального

существования. При этом исследуется состояние объектов в связи с определенными условиями их существования и исторического развития.

Методы абстрагирования и конкретизации не являются взаимоисключающими, а, наоборот, тесно взаимосвязаны между собой и дополняют друг друга.

Идеализация базируется на создании определенных абстрактных объектов, которые принципиально не могут быть осуществлены в опыте и реальности. Идеализированные объекты являются предельными случаями тех или иных реальных объектов и выступают как средства их научного анализа, основа для построения теории этих реальных объектов; они, таким образом, выступают как отображения объективных предметов, процессов, явлений. Примерами идеализированных объектов могут служить понятия прямая, идеальный раствор, идеальный газ, абсолютно черное тело т.п..

Обобщения являются одним из основных средств для создания новых научных понятий, формулирования законов и теорий. Оно представляет собой логический процесс перехода от частного к общему, выделению понятия, которое определяет то общее, что характеризует объекты определенного класса. Получение обобщенного знания означает более глубоко отражение действительности, проникновение в ее суть.

Системный анализ - изучение объекта исследования как совокупности элементов, которые образуют систему. В научных исследованиях он предусматривает оценку поведения объекта как системы со всеми факторами, влияющими на его функционирование. Системный анализ возник 60-х годах 20-го столетия и довольно быстро развивается. Единой процедуры проведения системного анализа в научных исследованиях пока нет, в нем широко используются методы системной динамики, теории игр, эвристического программирования, имитационного моделирования, программно-целевого управления и т.п..

Рассмотренные примеры общенаучных методов дают представление обо всем множестве этих методов научного исследования. На их основе каждая

отдельная наука сформировала свои собственные специфические методы научных исследований, которые базируются на опыте развития определенной науки и внедрения его результатов в практическую деятельность.

Конкретно-научные, или эмпирические, методы научных исследований являются специфическим инструментом каждой отдельной области знаний, отдельной науки. Разработка и использование именно такого инструмента обусловлены специфическими различиями объектов исследования частной науки. Конечно, все многообразие таких исследовательских приемов охватить невозможно. Однако, некоторые из конкретно-научных методов, приемов, процедур, созданных для решения задач отдельной науки находят применение и во многих других областях знаний, как родственны с ней, так и совсем отдаленных. С этими конкретно-научными методами целесообразно ознакомиться подробнее.

Формализация - отображение объекта или явления в знаковой форме некоторого искусственного языка (математики, химии и т.п.), что дает возможность исследовать реальные объекты и их свойства путем формального исследования соответствующих знаков.

Аксиоматизация представляет собой процесс построения научной теории, при котором некоторые утверждения-аксиомы, являющиеся определенными научными знаниями, принимаются без дальнейших доказательств, а потом используются в качестве отправных начальных положений для получения новых знаний по определенным логическим правилам.

Гипотетический метод, в отличие от аксиоматизации, базируется на гипотезе - научном предположении, которое выдвигается для объяснения определенного явления и требует проверки и теоретического обоснования для того, чтобы стать достоверной научной теорией. Этот метод применяется при исследовании новых явлений, которые не имеют аналогов.

Исторический метод предусматривает исследование возникновения формирования и развития объектов в хронологической последовательности, в

результате чего создаются дополнительные знания об объекте исследования в процессе его развития.

Конкретно-научные методы научных исследований, примеры которых мы только что рассмотрели, выполняются с помощью методических приемов и процедур, которые также формируются на основе общенаучных методов и отражают особенности той науки, ради которой они созданы. Приведем наиболее распространенные из них.

Сравнение - сопоставление объектов с целью определения черт сходств или различия между ними (или и того и другого вместе). Сравнения являются важной предпосылкой обобщения, играют большую роль в умозаклчениях по аналогии.

Счет - нахождение числа, которое определяет количественное соотношение однотипных объектов или их параметров, характеризующих те или иные свойства.

Измерением называют физический процесс определения численного значения некоторой величины путем сравнения ее с эталоном.

Наблюдение - целенаправленное и организованное восприятие окружающего мира. Оно может быть простым и сложным, непосредственным и опосредованным и т.п. При наблюдении отсутствует существенное влияние субъекта на объект. При этом возможно использование приборов и инструментов, которые компенсирует естественную ограниченность органов восприятия человека. Видами наблюдения являются, например, хронометраж, анкетирование, экспресс-диагностика и т.п.

Эксперимент представляет собой исследование явлений путем активного влияния на них с помощью создания новых условий в соответствии с целями исследования, или же направлением протекания процесса в новое русло. При этом одни условия опыта изолируются, другие исключаются, третьи усиливаются и т.д. Экспериментальное изучение объекта имеет определенные преимущества перед наблюдением, так как позволяет изучать явления в "чистом виде" с помощью устранения побочных факторов. При необходимости

параметры эксперимента могут изменяться таким образом, чтобы исследовать отдельные свойства объекта, а не их совокупность.

Рассмотренные нами и прочие разнообразные методы научного исследования условно подразделяются на ряд уровней; эмпирический, экспериментально-теоретический, теоретический и метатеоретический.

Методы эмпирического уровня конкретно связаны с исследуемыми явлениями и используются на этапе формирования научной гипотезы. К этой группе можно отнести наблюдение, сравнение, счет, измерение, собеседование и т.д.

Методы экспериментально-теоретического уровня позволяют обнаружить те или иные достоверные факты, объективные проявления в исследуемых процессах. С их помощью также выполняют накопление фактов, их перекрестную проверку. К этой группе относятся: эксперимент, анализ и синтез, индукция и дедукция, моделирование, гипотетические, исторический, логический методы и т.п.

Абстрагирование, идеализацию, формализацию, аксиоматизацию, обобщение, в определенной степени также анализ и синтез, индукцию и дедукцию относят к теоретическому уровню. На этом уровне выполняется логическое исследование собранных фактов, разработка понятий, суждений, делаются умозаключения, соотносятся ранние научные представления с новыми, теми, что возникают.

К метатеоретическому уровню относят диалектический метод, метод системного анализа и др., с помощью которых исследуются сами теории и разрабатываются пути их создания, изучается система положений и понятий данной теории, устанавливаются границы ее применения, способы ввода новых понятий и т.д.

В конце рассмотрим методологию научных исследований в какой-то определенной области, например, маркетинге. Основу этой системы методов научных исследований составляют общенаучные, аналитико-прогностические

методы и методические приемы, заимствованные из других областей знаний (таблица 1.1.1.).

Системный анализ в маркетинговых исследованиях находит довольно широкое применение, поскольку позволяет рассматривать любую рыночную ситуацию как разветвленную систему с большим диапазоном внутренних и внешних причинно-следственных связей. Так, изменения на рынке потребительских товаров могут быть причиной, с одной стороны, изменений внешних процессов, которые происходят в сфере рынка средств производства, финансового и международного рынков, а с другой стороны - внутренних процессов: изменений в развитии рынков отдельных тесно связанных товаров.

Комплексный подход позволяет исследовать рыночную ситуацию как объект, имеющий различные проявления. Например, проблематика рынка отдельного товара может быть связана с отклонением спроса, товарного предложения или цены, то есть с такими аспектами исследуемого объекта, с помощью которых можно определить и принять стратегическое или тактическое решения об изменении ситуации в целом.

При этом системный анализ и комплексный подход тесно взаимосвязаны и не могут быть реализованы один без другого.

Программно-целевое планирование широко используется при разработке и реализации стратегии и тактики маркетинга. Более того, можно сказать, что сам маркетинг и есть программно-целевой подход к сфере рынка, на основе которого строится вся плановая маркетинговая деятельность на предприятии (программы или планы маркетинга).

Научные методы исследований в маркетинге

<i>Общенаучные методы</i>	Аналитико-прогностические методы	Области знаний, из которых заимствуются методические приёмы
Системный анализ Комплексный подход Программно-целевое Планирование	<i>Линейное программирование Теория массового обслуживания</i> Теория вероятности Сетевое планирование Методы деловых игр Экономико-статистические методы, функционально-стоимостный анализ Экономико-математическое моделирование Методы экспертных оценок	<i>Социология</i> Психология Антропология Экология Эстетика Дизайн

Линейное программирование как математический метод выбора оптимального решения (с минимальными затратами, максимальной прибылью и т.п.) используется в маркетинге, например, при разработке оптимального ассортимента в условиях ограниченности ресурсов, определении оптимальной величины товарных запасов, планировании движения торговых агентов.

При решении проблем очередности обслуживания заказчиков, составления графиков снабжения товарами и др. аналогичных задач применяются методы *теории массового обслуживания*, которые предоставляют возможность, во-первых, изучить закономерности, связанные с наличием потока заявок на обслуживание, и, во-вторых, выдержать необходимую очередность их выполнения.

Теория связи позволяет получить сигнальную информацию о процессах, которые выходят за рамки установленных параметров. В маркетинговой

деятельности использование такого подхода дает возможность руководить товарными запасами, процессами производства и сбыта. Применение теории связи в организационных структурах маркетинговой деятельности помогает совершенствовать связь предприятий с рынком, повышать эффективность использования полученных данных.

Методы *теории вероятности* используются при принятии решений, которые сводятся к определению вероятности конкретных событий и выбору из ряда возможных действий наиболее оптимальных (например, производить или не производить продукт А или В, реорганизовывать или расширять производство и т.д.).

Решению реальных маркетинговых задач в значительной мере помогает *метод деловых игр*, который позволяет "проигрывать" при поиске оптимальных вариантов упрощенные модели, например, поведения конкурентов и стратегии выхода на новые рынки.

Для комплексного решения задач, связанных с повышением качества продукции с одновременной экономией материальных и трудовых ресурсов, используется метод *функционально-стоимостного анализа (ФСА)*. По мере развития конкуренции взаимодействие функций производства и маркетинга усложняется. Применение ФСА позволяет предприятиям вести поиск таких рациональных решений в области конструирования, технологии, организации производства и обслуживания продукции, которые обеспечили бы ее повышенную конкурентоспособность.

Систему имеющихся или возможных связей между событиями, действиями, или процессами можно описать с помощью методов *моделирования*. Наиболее эффективными в нашем случае были бы эконометрические (экономико-математические) модели.

Особое место в методическом ассортименте маркетинга занимают методы *экспертных оценок* ("Дельфи", "Адвоката дьявола" и т.п.), которые разрешают довольно быстро получить ответ о возможных процессах развития

того или другого события на рынке, обнаружить сильные и слабые стороны предприятия, оценить эффективность тех или иных маркетинговых решений.

В исследованиях и разработках в маркетинге довольно активно используются методические приемы, заимствованные из других областей знаний. Наиболее тесная связь прослеживается с такими науками, как *социология и психология* (психологические тесты, мотивационный анализ), поскольку особое внимание уделяется мотивации поведения потребителей на рынке и факторам влияния на них, восприятию потребителем рекламных акций, образа товара.

Методы *социологии* (анкетирование, панельные исследования и т.п.) позволяют исследовать процессы распространения информации на рынке, определять отношение потребителей к нововведениям, изучать развитие различных сфер жизнедеятельности человека и т.д.

Методы антропологии позволяют маркетологу на основе знаний национальных культур и уровня жизни разных народов лучше изучить рыночную среду. Антропологические измерения используются также при моделировании ряда потребительских товаров, например, одежды, обуви, мебели.

Методы маркетинговых исследований тесно связаны и с такими науками, как экология, эстетика, дизайн, физиология, история, философия.

Контрольные вопросы

1. Раскройте сущность наиболее распространенных общенаучных методов научного исследования.
2. Охарактеризуйте конкретно-научные методы научного исследования в определенной области знаний.
3. Определите методологию конкретного научного исследования.

1.2. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Получение экономических фактов для обобщений возможно путем проведения экономических экспериментов. Статистика, оперативный и бухгалтерский учет основаны на наблюдении, на собирании фактов о явлениях, находящихся в естественных условиях. Наблюдение выступает типичным способом получения фактов в общественных, в той числе экономических науках. Для естественных наук типичным способом получения фактов является эксперимент - собирание фактов о предметах, находящихся в искусственно созданных условиях.

Эксперимент имеет преимущество перед наблюдением. Он открывает возможность исследователю активно вмешиваться в ход изучаемого процесса.

Экономический эксперимент - это метод получения фактов, которые являются результатом изменения экономической действительности под воздействием факторов, вводимых исследователем - экспериментатором. В отличие от лабораторного эксперимента, характерного для наук о природе, экономический эксперимент проводится в условиях, близких к естественным, Объект исследования не вырывается из обычных условий его существования, а в эти условия вносятся дополнительные факторы.

Экономический эксперимент имеет много общего с передовым опытом в экономике и тесно связан с ним. Общим для них является конечная цель - внедрение и массовое распространение новых экономических отношений. Различие заключается в том, что экономический эксперимент организуется с ближайшей задачей научного изучения тех или иных отношений, а передовой опыт обычно возникает в ходе и результате естественного развития экономической практики.

Экономический эксперимент направлен на внедрение новых экономических отношений, однако, он не может относиться к обществу в целом, так как законы, управляющие обществом, значительно мощнее сил человека, и человек не в состоянии их изменить даже в экспериментальном порядке.

Исходя из стоящей познавательной задачи и результатов проведенного экономического анализа, исследователь формулирует определенную **гипотезу**, создает **теоретическую модель** той или иной системы экономической деятельности. Задача эксперимента заключается в изучении на практике этой модели, подтверждении или отклонении выдвинутой гипотезы.

Осуществление экономического эксперимента проходит ряд **этапов**.

1. Построение предмета экспериментального исследования, то есть создание прототипа экспериментальной ситуации.

2. Разработка программы проведения эксперимента, то есть установление последовательности операций, обеспечивающих решение поставленной задачи. Данный этап складывается из двух частей:

разработка методики;

разработка плана создания экспериментальной ситуации.

Коренной вопрос при разработке методики - определение путей получения доказательных результатов, которые характеризуются частотой, представительностью и устойчивостью.

После разработки методики эксперимента составляется план создания экспериментальной ситуации, включающий в себя выбор конкретных объектов и определение последовательности экспериментальных процедур.

3. Реализация программы эксперимента состоит из двух частей:

создание экспериментальной ситуации;

наблюдение и контроль за ходом эксперимента.

Экспериментальная ситуация создается в соответствии с выработанным идеальным прототипом и разработанной программой проведения эксперимента. В процессе экспериментирования необходимо постоянное наблюдение и контроль за ходом эксперимента.

4. Анализ и оценка результатов эксперимента.

Экономические эксперименты дают реальные и познавательные результаты. К первым относится воздействие эксперимента на экономическую деятельность

коллективов, ко вторым — получение новой информации, необходимой для экономических выводов.

Так обстоит дело с экономическими экспериментами, осуществляемыми в реальной действительности. Наряду с ними в последние годы широкое распространение получают мысленные или расчетные экономические эксперименты на математических моделях, решаемых с помощью ПЭВМ (имитационное программирование). Главное условие успешности расчетных экспериментов - адекватность модели той области экономики, которую она представляет.

Таким образом, главные источники экономических фактов - статистика, оперативный и бухгалтерский учет, экономический эксперимент. Факты, получаемые из этих источников, выражаются в количественной форме, цифрами.

Источниками экономических фактов, кроме названных, могут выступать и другие. При этом факты, получаемые из других источников, могут быть не только количественные, но и описательные, не выраженные числами. Источниками описательных фактов выступают, прежде всего, неорганизованные (в статистическом плане) личные наблюдения исследователя, который живет в определенной экономической среде или участвует в экономической деятельности.

Было бы ошибкой полагать, что собранные факты - это все, что необходимо для научных выводов и обобщений. Хотя факты, экономическая информация и имеют огромное значение для исследователя, правильность обобщения зависит не только от них. Факты сами по себе не гарантируют получения правильных теоретических и практических выводов.

Для того, чтобы из массы собранных, критически оцененных фактов сделать научные выводы, их нужно теоретически осмыслить. Из фактов, если они не осмыслены теоретически, если исследователь не руководствуется теоретическими положениями экономической науки, нельзя сделать научных выводов, поскольку часть вновь собранных фактов может просто подтверждать

или иллюстрировать известные теоретические положения, однако большинство полученных фактов кладется в основу новых теоретических обобщений.

Экономическое исследование, экономический анализ - это и есть теоретическое осмысление экономической информации, экономических фактов, выявление внутренних необходимых связей между ними. В процессе исследования отделяется главное от второстепенного, существенное от несущественного, типичное и коренное от случайного. Опираясь на теорию, исследователь в процессе анализа фактов выявляет закономерности и делает выводы, направленные на познание и изменение действительности.

1.3. ГИПОТЕЗЫ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Одним из важнейших структурных элементов науки является гипотеза. *Гипотезой* называют систему умозаключений, научных предположений, с помощью которых на основании ряда фактов делается вывод о существовании объекта, связи или причины явления, причем вывод этот не является абсолютно достоверным. Потребность в гипотезе возникает в науке тогда, когда неясна связь между явлениями, причина их, хотя известно множество обстоятельств, предшествующих или сопровождающих их; когда по некоторым характеристикам современного надо установить картину прошлого; на основании минувшего и современного надо сделать вывод о будущем развитии явления. Однако выдвижение гипотезы на основе определенных фактов - лишь первый шаг. Сама гипотеза носит вероятностный характер и требует проверки, доказательства. После такой проверки гипотеза либо становится научной теорией, либо видоизменяется, либо отбрасывается совсем, если проверка дает отрицательный результат.

Для выдвижения гипотезы необязательно полное ее соответствие фактическому материалу исследований, но гипотеза должна находиться в согласии или, в крайнем случае, быть совместимой со всеми фактами, которых она

касается. Для объяснения одних и тех же явлений, событий могут выдвигаться различные гипотезы. Это обусловлено многомерными связями объекта с другими явлениями, выявленными в процессе исследования. Поэтому выдвижение нескольких гипотез, в том числе взаимоисключающих, не может считаться ошибочным. Пока не установлено, в чем состоит индивидуальная особенность объекта исследования, наличие разных гипотез обеспечивает его всестороннее изучение, без чего невозможно установить новые закономерности и сделать на их основе научные обобщения. Но для объяснения серии фактов, связанных между собой многочисленными внутренними связями, следует выдвигать по возможности меньше гипотез, и их логическая связь должна быть как можно более тесной. Из множества противоречивых гипотез, выдвинутых для объяснения серии фактов, преимущество отдается той гипотезе, которая единообразно объясняет наибольшее количество фактов. Конечно, гипотезы, которые противоречат друг другу, не могут быть истинными одновременно, за исключением того случая, когда они объясняют различные стороны и связи одного и того же объекта.

Не существует и запрета на выдвижение гипотез, которые противоречат даже устоявшимся научным теориям и взглядам, так как это было бы несовместимо с общим развитием науки. Кроме того, это требование вообще теряет смысл, если данные, которыми пользовался ученый, были неполными или недостоверными. Единственным логическим требованием, соблюдение которого дает право на выдвижение гипотезы, является возможность ее проверки.

Разработка гипотезы. Прежде чем приступить к использованию собранного материала, необходимо выдвинуть и разработать рабочую гипотезу. Гипотеза- главный методологический инструмент, организующий процесс исследования и определяющий его логику, путь разработки, необходимый его элемент.

В исследовании проблемного характера выбор и разработка гипотезы выделяются в особый этап:

во-первых, нельзя проводить исследование, не имея перед собой ясно поставленной цели, поскольку выбор метода исследования, приемов и объектов зависит от того, что хочет показать исследователь;

во-вторых, только имея какое-то предварительное решение, можно определить, достаточен ли наличный материал или необходимы дальнейшие поиски, наблюдения, эксперименты.

Случается, что собранная информация подсказывает исследователю несколько конкурирующих гипотез. Разработка параллельных гипотез отнимает больше времени, однако повышает достоверность результатов. Нередко правильная гипотеза возникает именно в процессе анализа и проверки неправильных.

Следует четко сформулировать гипотезу в письменной форме, обеспечивающей большую продуманность и облегчающей ее понимание и критический анализ другими.

Разработка гипотезы. Прежде чем приступить к использованию собранного материала, необходимо выдвинуть и разработать рабочую гипотезу. Гипотеза- главный методологический инструмент, организующий процесс исследования и определяющий его логику, путь разработки, необходимый его элемент.

В исследовании проблемного характера выбор и разработка гипотезы выделяются в особый этап:

во-первых, нельзя проводить исследование, не имея перед собой ясно поставленной цели, поскольку выбор метода исследования, приемов и объектов зависит от того, что хочет показать исследователь;

во-вторых, только имея какое-то предварительное решение, можно определить, достаточен ли наличный материал или необходимы дальнейшие поиски, наблюдения, эксперименты.

Случается, что собранная информация подсказывает исследователю несколько конкурирующих гипотез. Разработка параллельных гипотез отнимает больше времени, однако повышает достоверность результатов. Нередко правильная гипотеза возникает именно в процессе анализа и проверки неправильных.

Следует четко сформулировать гипотезу в письменной форме, обеспечивающей большую продуманность и облегчающей ее понимание и критический анализ другими.

Гипотеза служит отправной точкой для всей работы, поэтому необходимо согласовать ее с руководителем, а в сложных и спорных случаях (в особенности при наличии вариантов) обсудить в коллективе и получить по ней консультацию компетентного специалиста.

Проверка, или доказательство, гипотезы, ее дальнейшее развитие предусматривают несколько возможностей. Гипотеза может развиваться, уточняться, дополняться новыми положениями и оставаться при этом гипотезой. Развитие гипотезы может привести к ее отбрасыванию. Если в процессе обоснования гипотезы будут выявлены факты и закономерности, которые противоречат основному содержанию гипотезы, то ставится вопрос о замене ее новой гипотезой, с другими принципами, так называемой *рабочей гипотезой*. Рабочая гипотеза в процессе развития или снова отбрасывается, или превращается в теорию. Это происходит в том случае, когда истинность принципа, положенного в основу гипотезы, доказывается не отдельными фактами, а совокупностью практических результатов. Отдельные факты только подтверждают гипотезу, делают ее более вероятной, но не доказывают полностью. Решающим критерием превращения гипотезы в теорию является практика. Это возможно в двух случаях: описанная гипотезой суть явления или становится доступной для прямого наблюдения, или положение, которое составляет основное содержание гипотезы, выводится как следствие из достоверных посылок.

На основе гипотезы в научных исследованиях стараются вывести наибольшее количество следствий. Если все следствия согласуются с данными наблюдений и опыта, и не один из них не противоречит этим данным, то гипотеза считается вероятной. Но и в этом случае она продолжает оставаться только положением, истинность которого доказана. Подтвержденные практикой следствия из гипотезы повышают ее вероятность, приближают основное содержание гипотезы к объективному знанию, оказывают содействие ее успешному использованию в практической деятельности человека. Превращение гипотезы в научную теорию происходит тогда, когда она доказана не отдельными фактами, а целой совокупностью практических результатов. Между гипотезой и теорией существуют различия, которые вытекают из практики как критерия истинности. Теория, в отличие от гипотезы, является достоверным знанием, которое, однако, не исключает наличия в ней гипотетических элементов, которые активизируют ее дальнейшее развитие. Практика конкретного периода может не давать возможности полностью доказать или отвергнуть все идеи, которые возникают.

Поэтому гипотеза полноправно входит в научную теорию до тех пор, пока дальнейшие научные исследования не докажут или не опровергнут ее.

В процессе развития гипотезы можно выделить четыре стадии (рисунок 1.3.1.).

Накопление теоретических и эмпирических знаний об объекте исследования его изучения, обоснование на их базе научных предположений о возможности получения новых знаний об объекте характеризуют стадию *выдвижение гипотезы*.

На стадии *формулирования гипотезы* выполняются необходимые теоретический экспертная оценка, очерчивается методика исследования гипотезы, выполняется подбор доказательств.

Доказательство гипотезы происходит в процессе ее теоретического исследования, экспериментальной проверки результатов теоретического

изучения. На этой стадии гипотеза, безусловно, уточняется и видоизменяется в зависимости от полученных результатов.

И, в конце концов, по результатам доказательства, предварительная гипотеза или принимается как достоверная научная теория, или отбрасывается.

Для того, чтобы гипотеза могла выполнять свою основную функцию как форма развития знаний, она должна отвечать основным критериям философии.

В частности, основное содержание гипотезы не должно противоречить законам, установленным в определенной системе знаний. Например, ни одна из гипотез в области конкретной экономики не должна противоречить закону соответствия производственных отношений уровню и характеру производительных сил. Однако, как уже упоминалось, это требование нельзя абсолютизировать, так как это исключило бы возможность развития знаний. Если возникает разногласие между выдвинутой гипотезой и ранее доказанными положениями определенной науки, то подвергают сомнению в первую очередь истинность гипотезы. Но если новые аргументы все больше подкрепляют гипотезу, то приходится проверять насколько достоверна та теория, которая противоречит выдвинутой гипотезе.

При выдвижении гипотезы необходимо стараться с ее помощью объяснить не часть некоторых фактов, а всю их совокупность. При этом сформулированные положения, составляющие содержание гипотезы, не должны быть логически противоречивыми, то есть одно не должно быть формально-логическим отрицанием другого.

Гипотеза должна быть предельно простой, то есть такой, которая не требует введения новых гипотез и предположений. Простота выступает своеобразным критерием, дающим возможность выбирать между несколькими разными гипотезами.

Д

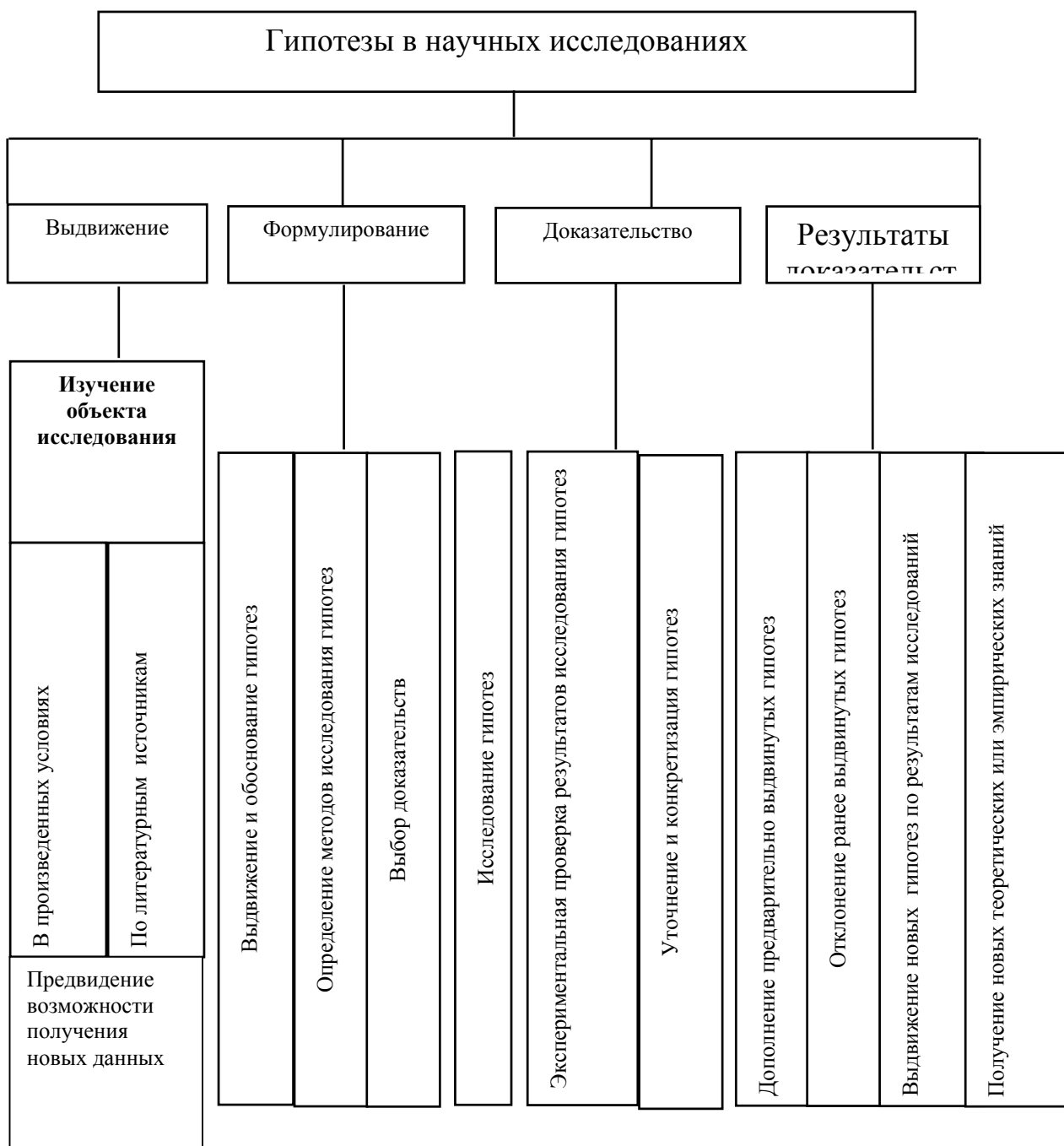


Рисунок 1.3.1.

Гипотеза должна на основе обобщения уже имеющихся знаний выходить за их рамки, то есть формулировать новые положения, истинность которых еще не доказана.

Кроме того, гипотеза должна:

- быть достоверной (непосредственно связанной с проблемой, которая решается исследованием, вытекать из ее сути);
- предсказуемой (не только объяснять, но и служить основой для решения проблемы);
- иметь возможность формализации (изложения основных положений не только логически, но и с помощью математического аппарата).

Выдвижение гипотезы, фундамента будущих исследований, - сложный творческий процесс, в результате которого очерчиваются границы и определяются основные направления всего исследования. Одновременно гипотеза выступает основой для определения той системы показателей, которые необходимы для данного исследования.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия гипотезы.
2. Сформулируйте требования, которым должна отвечать выдвигаемая гипотеза.
3. Охарактеризуйте основные стадии существования гипотезы.
4. Раскройте процесс превращения гипотезы в научную теорию.

1.4. ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ГИПОТЕЗ

Процедуру, с помощью которой устанавливается истинность гипотезы или любого другого утверждения, в логике называют **доказательством**. При доказательстве используют два способа установления истины: прямой и опосредованный.

Прямой способ заключается в том, что в процессе практических действий происходит сопоставление некоторого предположения с фактическим состоянием объекта исследований. Видами таких практических действий могут быть наблюдение, эксперимент, демонстрация, измерение, расчеты, учет и прочие эмпирические процедуры. В практике, например, экономических исследований наиболее часто применяется именно этот способ доказательства, поскольку существует реальная возможность измерять и сопоставлять показатели экономических процессов на основе статистических и бухгалтерских отчетов или иных данных, собранных с помощью эмпирических методических приемов исследования.

Однако в практике довольно часто истинность гипотезы может быть доказана путем умозаключений на основе уже имеющихся знаний в виде различных законов и положений. Например, в исследованиях по математике, теоретической физики, астрономии и других, особенно там, где существует возможность значительной формализации и широкого применения математического аппарата. Такой способ установления истины называют **опосредованным**.

Необходимо отметить, что в качестве доказательств не могут рассматриваться цитаты, заимствованные из опубликованных работ других авторов, независимо от степени авторитетности этих авторов в научном мире. Исключение составляют только те опубликованные работы, которые содержат аксиоматизированные знания, сформированные теории, могущие послужить отправными позициями в исследованиях по этой тематике.

С развитием науки, расширением теоретической ее базы значение опосредованных методов установления истинности научных положений постоянно возрастает. Это обусловило необходимость совершенствования процедур доказательства гипотез с одновременным ограничением критерия интуитивности. Замена интуитивного доказательства формальным со

проводилась формулированием правил доказательства, которые разрешают на каждом этапе проверить их правдивость. Формальные доказательства широко используются в современной логике, математике, экономике и других науках.

Таким образом, при опосредованном способе доказательство гипотезы является логической процедурой установления ее истинности с помощью других утверждений, истинность которых уже доказана. Оно представляет собой процесс мышления, результатом которого становится последовательность утверждений, расположенных в определенном логическом порядке.

В структуре доказательств выделяют такие элементы как тезис, аргумент и форма.

Утверждение, которое подлежит доказательству, называют *тезисом*. Тезис должен быть точно и четко сформулирован и оставаться неизменным на протяжении всего доказательства.

Положение, которое используется для доказательства истинности тезиса, называют *аргументом*. Аргументами могут выступать научные положения, истинность которых уже доказана ранее (теоремы, законы и т.п.), аксиомы, определения и утверждения, которое содержат достоверную информацию о конкретных фактах. Аргументы должны быть истинными утверждениями. При этом истинность аргумента должна быть доказана независимо от тезиса. Аргументы должны быть достаточно обоснованными для доказательства тезиса.

Под *формой доказательства* (или демонстрацией) понимают способ связи аргументов между собой и с тезисом, логическую последовательность перехода от аргумента к аргументу, а потом к тезису. Формой доказательства в научных исследованиях могут быть таблицы, графики, аналитические расчеты, другие материальные носители информации, преобразованной в соответствии с целью исследования (тезисом).

Существует несколько видов доказательств. Одними из наиболее распространенных являются прямые и косвенные доказательства.

Прямым доказательством называют такое, которое представляет собой логическую цепочку выводов и умозаключений, где последним звеном является сам тезис. Примером такого вида доказательств может быть следующее. Затраты труда на изготовление костюмов из дорогих шерстяных тканей и дешевых смешанных тканей одинаковы, но по данным экономического анализа рентабельность костюмов из дорогих шерстяных тканей значительно выше. И вдобавок они пользуются большим спросом и не залеживаются на складе. Итак, изготовление костюмов из дорогих шерстяных тканей для фабрики выгоднее, чем из дешевых смешанных.

Под *косвенным доказательством* понимают такую логическую цепочку умозаключений и выводов, при которой доказывается ошибочность отклонения тезиса, и на этой основе делается вывод об его истинности. Иногда такой способ называют "доказательством от противного". Его используют в том случае, когда прямые доказательства представить по какой-либо причине невозможно.

Большую роль в научных исследованиях играют *опровержения*. С их помощью наука освобождается от ошибочных утверждений, необоснованных догм, ошибок, совершенствует свой теоретический аппарат. Как и доказательство, опровержение имеет свой тезис, аргумент и форму.

Опровержение тезиса может быть признано, если, во-первых, будет доказана истинность антитезиса, или, во-вторых, доказана ошибочность следствий, которые вытекают из тезиса.

Опровержение демонстрации состоит в том, что обосновывается отсутствие логической связи между тезисом и его аргументом. Поскольку это отсутствие связи может быть простым нарушением правил выводов, по которым строилось доказательство этого тезиса, то для опровержения необходимо указать на вид ошибки. Эти ошибки могут быть связаны либо с подменой тезиса, либо с принятием необоснованных или ошибочных аргументов, либо с неверным способом доказательства. Понятно, что доказательство, которое

содержит ошибку, является ошибочным, но это не доказывает ошибочность самого тезиса.

Говоря об ошибках, необходимо отметить, что они могут носить различный характер. При доказательстве или опровержении может быть допущен ряд неумышленных логических ошибок, которые называют паралогизмами. В отличие от них софизмы - намеренно построенные заведомо ошибочные логические выводы. Цель использования софизма - выдать за истину ложные утверждения, придав логически безосновательным соображениям видимость логической правильности. Иногда в теориях, содержащих недостаточно определенные фундаментальные понятия, могут возникать парадоксы, которые представляют собой умозаключения, которые в равной степени как доказывают, так и опровергают истинность тезиса. Все виды логических ошибок в процессе доказательства гипотезы должны быть выявлены, классифицированы и устранены.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия доказательства гипотезы.
2. Охарактеризуйте прямой и опосредованный способы доказательства истинности научных предположений.
3. Дайте определение основных элементов структуры доказательств.
4. Понятия прямых и косвенных доказательств.
5. Раскройте логическую суть процедуры опровержения и ее основных элементов.

1.5. ЭКСПЕРИМЕНТ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Одной из наиболее важных составных частей научного исследования является *эксперимент*. Это один из основных способов получения нового знания. Больше двух третей трудовых ресурсов науки расходуется на эксперименты. В основе экспериментального исследования лежит эксперимент, который представляет собой научно поставленный опыт или наблюдение явления в четко выдержанных конкретных условиях, которые разрешают исследовать его ход, руководить ним, воссоздавать его всякий раз при воспроизведении этих условий. От обычного пассивного наблюдения эксперимент отличается активным влиянием исследователя на явление или процесс, которые изучаются.

Таким образом, эксперимент является одной из сторон общественно-исторической практики человечества, и потому выступает источником познания и критерием истинности гипотез и теорий. Он включает в себя:

- определение объекта исследования;
- создание необходимых условий;
- материальное воздействие на объект или условия;
- акты наблюдения и измерения с применением соответствующих технических приборов.

Основной целью эксперимента есть проверка теоретических положений (подтверждение рабочей гипотезы), а также более широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Эксперимент должен быть проведен в максимально короткий срок с минимальными затратами и гарантировать высочайшее качество полученных результатов.

Различают эксперименты естественные и искусственные.

Под *естественным* экспериментом понимают такой эксперимент, когда исследователь не выбирает и не готовит заранее независимую переменную, а

также не осуществляет активного вмешательства в обычный ход исследуемого процесса или явления, а только наблюдает за его ходом и ждет пока в нем самостоятельно возникнет такая ситуация, которая сыграет роль независимой переменной. Такие эксперименты характерны для процесса изучения социальных явлений в обстановке, например, производства, быта и т.п., но применяется и в других сферах деятельности человека. Они имеют то преимущество, что все связи и отношения исследуемого процесса или явления, как внутренние, так и внешние, остаются без каких-либо изменений. Если подготовка к такому эксперименту проводится довольно тщательно, чистота и достоверность выводов при его проведении максимальны, так как весь эксперимент, в сущности, представляет собой своеобразное, хорошо подготовленное наблюдение за развитием естественного хода события.

Значительным недостатком естественного эксперимента является редкость возникновения соответствующей ситуации и отсутствие предварительной информации о возможности ее возникновения, что очень усложняет организацию эксперимента. Не менее существенным недостатком является значительная сложность определения факторов, которые могут влиять на ход процесса, и практическая невозможность манипулирования ними. Эти недостатки, в сущности, сводят на нет, такое важное преимущество экспериментального исследования как выигрыш времени при проверке гипотез. Однако естественный эксперимент занимает значительное место в арсенале исследователей, в особенности в сфере изучения сложных общественных и естественных явлений, которые требуют учета огромного множества факторов.

Искусственные эксперименты широко используются во многих естественнонаучных исследованиях. Искусственный эксперимент нацелен на изучение явлений, изолированных в нужной степени, с тем, чтобы оценить их в количественных и качественных отношениях.

Среди искусственных экспериментальных исследований различают лабораторные и производственные.

Лабораторные эксперименты представляют собой исследование в искусственной среде, для чего объект исследования переносится из своей природной среды в обстановку, которая разрешает достичь высшей степени точности в наблюдении за его поведением. В технике лабораторные опыты выполняют с применением типовых приборов и устройств, специального моделирующего оборудования, стендов, оснащения и т.п. Стабильность лабораторной обстановки, использование специальной аппаратуры разрешают изучить влияние одних характеристик при варьировании других наиболее полно и доброкачественно, с большой повторяемостью. Лабораторные опыты в случае достаточно полного научного обоснования эксперимента позволяют получить качественную научную информацию при минимальных затратах. Однако такие эксперименты не всегда полностью моделируют реальное течение процесса или явления, которые изучаются. В таком случае возникает необходимость в проведении производственного эксперимента.

Производственные экспериментальные исследования имеют своей целью изучение процесса в реальных условиях с учетом влияния разных случайных факторов производственной среды.

Одним из разновидностей производственных экспериментов является сбор материалов в организациях и учреждениях, которые занимаются накоплением тех или других данных по стандартным формам (например, статистические бюро или управление). Эти материалы на протяжении многих лет систематизируются по единой методике, и информация, которую они содержат, хорошо поддается обработке методами статистики и теории вероятности. В ряде случаев производственный эксперимент эффективно проводится методом анкетирования производственных организаций по четко продуманной методике. Это позволяет собрать большое количество данных

измерений или наблюдений исследуемого явления, которые были выполнены другими предприятиями или учреждениями. Такому способу проведения производственного эксперимента, однако, присущи все плюсы и минусы метода анкетирования.

Объем экспериментального исследования варьируется в зависимости от темы научной работы. Иногда для подтверждения рабочей гипотезы хватает лабораторного эксперимента, в других случаях приходится выполнять целую серию экспериментальных исследований: предварительных (поисковых), лабораторных, полигонных на объекте эксплуатации.

Эксперимент можно проводить по-разному. В случае, если исследователь наблюдает за каким-то неуправляемым процессом, не вмешиваясь в него, или выбирает экспериментальные точки на основании интуиции, каких-то внешних обстоятельств, эксперимент считают пассивным. Такое случается, в частности, когда используются традиционные методы экспериментирования, то есть сначала изучается влияние одной переменной при остальных постоянных, потом второй и т.д. Такую схему проведения эксперимента называют *однофакторной*. Однако она годится только для хорошо организованных систем, в которых можно выделить явления или процессы одной физической природы, зависящие от небольшого количества переменных. При этом считается, что исследователь может с большой точностью стабилизировать все независимые переменные (факторы) своей системы, чего довольно тяжело достичь даже для хорошо организованной системы. Вдобавок, при этом невозможно перебрать все варианты, поэтому выполняют лишь часть опытов, а выбор именно этих опытов никогда не бывает достаточно обоснованным.

Но большинство явлений и процессов в природе и обществе представляют собой плохо организованные - так называемые диффузные - системы, в которых провести разделение действия факторов различной природы не представляется возможным. При изучении таких систем исследователь должен учитывать

влияние многих разнообразных факторов, которые вызывают разные по своей природе процессы, тесно взаимодействующие между собой. Например, в химико-технологических процессах надо одновременно учитывать взаимное влияние факторов, которые не подлежат в реальных условиях разделению: аэродинамические и гидродинамические процессы, кинетику множества одновременных реакций и т.п. Еще больше возрастают трудности при изучении систем, для которых даже элементарные процессы, в них протекающие, неизвестны. Примером такой системы может послужить интеллект человека.

Такие исследования требуют применения статистических методов на всех этапах работы: и перед постановкой опыта, и в процессе экспериментирования, и после эксперимента, на стадии принятия решений о дальнейших действиях. Такой эксперимент называют активным, а схему его, при которой эффект влияния любого фактора на исследуемый процесс оценивается по результатам всех опытов, называют *многофакторной* схемой.

Надо отметить, что объем и трудоемкость экспериментальных исследований напрямую зависят от глубины теоретических разработок первой части научного исследования. Чем четче сформулированы выводы теоретической части исследования, тем меньше объем эксперимента. Здесь возможные три случая.

Первый - теоретически получена аналитическая зависимость, которая однозначно определяет изучаемый процесс. Например, $y = 6x^{-5x}$

В таком случае объем эксперимента для подтверждения данной зависимости будет минимальным, так как функция однозначно определяется экспериментальными данными.

Второй случай - теоретическим путем установлен лишь характер зависимости, например:

$$y = ae^{-kx}$$

Коэффициенты a и k надо определить экспериментальным путем. При этом объем эксперимента возрастает в сравнении с предыдущим случаем.

И, в конце концов, третий случай - теоретически не удалось получить никаких зависимостей, разработаны лишь предположения о качественных закономерностях процесса. Объем экспериментальных работ резко возрастает, и становится целесообразным, а иногда и необходимым применение метода математического планирования эксперимента.

Контрольные вопросы

1. Эксперимент как средство проверки теоретических разработок.
2. Естественный, и искусственный эксперимент.
3. Виды искусственных экспериментов.
4. Однофакторная и многофакторная схемы эксперимента.
5. Раскройте зависимость объема экспериментальных работ от степени разработки теоретических положений.

1.6. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Математическое планирование эксперимента особенно эффективно при исследовании диффузных систем, имеющих много разнообразных факторов, определяющих различные по своей природе, но тесно связанные друг с другом процессы. Планирование экспериментальных исследований направлено на получение максимума информации при минимальных затратах на экспериментирование. Методы оптимального планирования эксперимента позволяют использовать математический аппарат не только на стадии обработки результатов, как было раньше, но и при подготовке и проведении опытов.

В современной математической теории оптимального планирования эксперимента существуют два основных раздела;

1. Планирование эксперимента для изучения механизма сложных процессов и свойств многокомпонентных систем.

2. Планирование эксперимента с целью оптимизации технологических процессов и свойств многокомпонентных систем.

Большее количество экспериментальных работ выполняется именно с целью решения задач оптимизации; такие эксперименты называют экстремальными. Это название связано с аналогией между решением задачи оптимизации и поиском экстремуму функции, поэтому задача, целью которой есть поиск экстремума, называется экстремальной. В качестве примера задач оптимизации можно привести поиск оптимального состава многокомпонентной смеси, повышение производительности действующей установки, повышение качества продукции и т.п.

В технологических задачах целью исследования при оптимизации процесса чаще всего является: повышение выхода продукта, улучшение его качества, снижение себестоимости. Иногда ставится задача ограничения - уменьшение времени протекания процесса, уменьшение количества дефицитного компонента.

Очень характерными в этом отношении есть компромиссные задачи, например, получение максимального выхода при себестоимости продукта, которая не превышает некоторого фиксированного значения и при определенном уровне качества.

Как уже упоминалось, эксперимент может проводиться непосредственно на объекте или на его модели. В последнее время наряду с физическими моделями все более широкое применение находят абстрактные математические модели. Для описания такого объекта исследования можно использовать представление о кибернетической системе, которая схематично изображена на

рисунке. Такую кибернетическую систему еще называют "черным ящиком" (рис. 1.6.1).



Рисунок 1.6.1. Схема "Черного ящика"

Стрелки справа изображают численные характеристики, которые надо получить в соответствии с целью исследования. Они обозначаются буквой y и называются выходными параметрами, или параметрами оптимизации (выход "черного ящика").

Для проведения эксперимента необходимо воздействовать на поведение "черного ящика". Все способы воздействия обозначаются буквой x и называются входными параметрами, или факторами (вход "черного ящика"). В опыте каждый фактор может приобретать одно из множества значений. Эти значения называют уровнями. Фиксированный набор уровней факторов (установление каждого фактора на некотором уровне) определяет одно из возможных состояний "черного ящика". Одновременно они являются и условиями проведения одного из возможных опытов. Если перебрать все возможные наборы, то получим полное множество разных состояний "черного ящика". Одновременно это и будет количеством различных возможных опытов.

Но проведение на модели всех возможных опытов приводит к абсурдно большим экспериментам. В связи с этим и возникает потребность планирования эксперимента. Таким образом, планирование экстремального эксперимента - это

выбор количества и условий проведения опытов, минимально необходимых для поиска оптимальных условий.

Планирование эксперимента возможное только при условиях:

- управляемости объекта исследований;
- возможности воспроизведения результатов эксперимента. Эксперимент называется воспроизводимым, если при фиксированных условиях опыта в различное время получаются одинаковые выходы в границах заданной относительно небольшой ошибки эксперимента (2-5%).

Для выявления возможности воспроизведения эксперимента выбирают некоторые уровни для всех факторов и в этих условиях проводят эксперимент. Потом он повторяется через произвольные интервалы времени, и значения параметров оптимизации сравниваются. Разброс этих значений характеризует воспроизводимость результатов. Если он не превышает фиксированной величины (установленных требований к точности эксперимента), объект удовлетворяет требованиям воспроизводимости результатов.

Таким образом, планирование эксперимента предусматривает активное вмешательство в процесс и возможность выбора в каждом опыте тех уровней факторов, которые представляют интерес.

Наиболее полная схема планирования эксперимента представлена на рисунке 1.6.2.

Если необходимо найти экстремум процесса или оптимальную технологию, то достаточно выполнить 1-4 пункты схемы, а если известны все факторы, влияющие на изучаемый процесс, то пункт 3 можно исключить из выполнения.

В случае, когда необходимо описать процесс математической моделью для использования в алгоритмах или для систематизации результатов большого количества исследований, можно запланировать выполнения 1-3, 5 пунктов схемы, или 1, 2, 5 при заранее известных факторах.

Если необходимо исследовать процесс, описать его математически и сделать технологические выводы, выполняют пункты 1-3, 5, 6 или 1, 2, 5, 6.



Рисунок 1.6.2. Схема планирования эксперимента

Рассмотрим этапы математического планирования эксперимента несколько подробнее.

Выбор параметра оптимизации. При планировании эксперимента очень важно правильно выбрать параметр оптимизации - тот показатель процесса, по которому будет проводиться оптимизация.

При выборе параметра оптимизации существенную роль играет уровень априорных сведений об объекте исследования. Например, при исследовании химических и технологических процессов в качестве выходных параметров рассматриваются: выход реакции в процентах или продуктивность аппарата, показатели качества продукта, его себестоимость или затраты сырья.

Параметр оптимизации должен отвечать некоторым требованиям:

- быть эффективным с точки зрения достижения цели;
- быть универсальным и существовать для всех возможных состояний процесса;
- иметь однозначность (каждому состоянию объекта должно соответствовать одно значение параметра) и статистическую эффективность (наименьший разброс повторных значений);
- иметь ограниченную область определения;
- быть простым и ясным с точки зрения физической сути.

Хотя исследование диффузных систем требует учета одновременного влияния многих параметров, но достижение оптимума возможно и тогда, когда выбран единственный параметр оптимизации. При этом другие характеристики процесса уже не выступают в качестве параметров оптимизации, а становятся ограничениями. Другой путь - это построение обобщенного параметра оптимизации как функции от множества исходных параметров. Построение обобщенного параметра оптимизации связано со созданием модели единого признака, который количественно определяет функционирование исследуемого объекта с многими исходными параметрами.

Можно использовать и два и больше параметра оптимизации, но тогда задача значительно усложняется.

После того, как параметр оптимизации избран, переходят к выбору факторов.

Выбор факторов. Под фактором понимают переменную величину, которая поддается измерению, в обусловленный момент приобретает конкретное значение и отвечает одному из способов влияния на объект исследования (независимая переменная величина, которая влияет на процесс).

Все факторы можно разделить на качественные и количественные. К качественным факторам относят разнообразные вещества, технологические

способы, аппараты и т.п. Количественные факторы могут быть выражены числом, например, время протекания процесса, температура, скорость, влажность и т.д. Качественные факторы обуславливают увеличение общего количества опытов, и потому их, при возможности, переводят в количественные.

Каждый фактор имеет область определения и считается заданным, если вместе с его названием указана совокупность всех значений, которые он может приобретать. В практических задачах области определения факторов ограничены верхней и нижней границами.

При планировании эксперимента факторы должны отвечать следующим требованиям.

1. Факторы должны быть управляемыми, что означает возможность их одновременной установки на избранных уровнях и поддержание этих значений на протяжении опыта.

2. Факторы должны быть однозначными и оказывать непосредственное влияние на объект исследования.

3. Точность измерения факторов должна быть по возможности высокой, но с учетом поставленной задачи.

В процессе планирования эксперимента, как правило, одновременно изменяются несколько факторов. К совокупности факторов предъявляют требования их совместимости и взаимной независимости.

Совместимость факторов означает, что все их комбинации осуществимы и безопасны (например, не приведут к взрыву аппарата или к поломке регистрирующего прибора).

Независимость - возможность установления фактора на любом уровне независимо от уровней других факторов. Если это условие не выполняется, эксперимент планировать невозможно.

Отсев факторов. Каждый дополнительный фактор обуславливает увеличение количества опытов, поэтому необходимо отсеять те факторы,

которые существенным образом не влияют на исследуемый процесс. Отсев можно проводить по априорной информации (например, по литературным источникам). Более точно несущественные факторы определяют и исключают экспериментально (с помощью дисперсного и факторного анализа). Существует много методов отсева факторов. В качестве примера рассмотрим метод отсева с помощью дробного факторного эксперимента.

В случае использования этого метода факторы исключают в такой последовательности. Сперва им придают различные значения (варьируют на разных уровнях) по предварительному плану и измеряют величины параметров оптимизации. Факторы чаще всего варьируют на двух уровнях, поэтому каждый из них должен иметь два значения и нулевую точку (нулевой уровень). Нулевой уровень устанавливается в середине области определения факторов и обозначается нулем. Верхний уровень фактора обозначают +1, или просто +, нижний -1, или -. Интервалы между нулевым и верхним, а также между нулевым и нижним уровнями (интервалы варьирования) следует выбирать одинаковыми. Они не должны быть меньше удвоенной средней квадратичной ошибки и больше половины области определения. Чаще всего интервал варьирования равняется 10-25% максимального значения фактора.

Вслед за этим составляют план эксперимента, который поможет определить степень влияния фактора на параметр оптимизации. Полный факторный план предусматривает все комбинации факторов на двух уровнях и обозначается 2^k (k - количество факторов) по количеству необходимых опытов.

Для уменьшения количества опытов используют не полный план, а лишь его часть (реплику), так называемый дробный факторный план. Все опыты с комбинацией факторов записывают в виде таблицы (матрицы), одинаковой (стандартной) для всех исследований, чтобы пользоваться стандартной матрицей. Значения (уровни факторов) кодируют по формуле:

$$x_i = \frac{x'_i - x''_i}{I_i} \quad (1.6.3)$$

где x , -кодированное значение фактора (1,-1,0 и др.);

x'_i - натуральное значение фактора на каком-то уровне;

x''_i - натуральное значение фактора на нулевом уровне;

I_i - интервал варьирования фактора (в натуральном виде).

Подбирают такие доли реплик, при которых количество опытов равно или немного превышает число факторов k . Например, для 15 факторов (полный план $2^{15} = 32768$ опытов) можно воспользоваться 1/2048 реплики ($2^{15-11} = 16$ опытов), для 7 факторов -1/16 реплики ($2^{7-4}=8$ опытов) и так далее.

После этого составленный план-матрицу реализуют - выполняют опыты по плану. Результаты в виде параметра оптимизации заносят в ту же таблицу.

Коэффициенты, которые определяют степень влияния факторов на параметр оптимизации, рассчитывают по формуле:

$$b_i = \frac{\sum y_i x_{ij}}{n} \quad (1.6.4)$$

где b_i - коэффициент регрессии i -го фактора;

y_i - значение параметра оптимизации в i -м опыте;

x_i - кодированное значение 1-го фактора в i -м опыте;

n - количество опытов в матрице.

Ошибку эксперимента рассчитывают по результатам опытов, которые повторяются несколько раз при одинаковых условиях. Рекомендуется каждый опыт проводить дважды, а если результаты отличаются один от другого более, чем на 10%, то его повторяют еще раз. Одно из трех значений отбрасывают как случайное по критерию Стьюдента.

После этого подсчитывают среднеквадратичную ошибку эксперимента $S_{\text{дол}}$ и коэффициенты регрессии S_{bi} по формуле:

$$S_{b_i} = \sqrt{\frac{S^2_{\text{доп}}}{n}} \quad (1.6.5)$$

где n - количество опытов. Доверительный интервал в случае приближенных расчетов определяют по формуле:

$$\Delta b_i = \pm S_{b_i} \approx 2S_{b_i} \quad (1.6.6)$$

где t - критерий Стьюдента

Факторы, незначительно влияющие на параметр оптимизации, имеют коэффициенты регрессии меньше доверительного интервала. Такие факторы надо исключить (отсеять) или зафиксировать на постоянном уровне.

Если по данным экспериментов и расчетов отсеялось очень много факторов, и среди них оказались те, что по логике должны были бы остаться, то очень вероятно, что неверно были выбраны интервалы варьирования. Для этих факторов последние рекомендуется увеличить и поставить новую серию опытов по тому же плану.

Поиск области оптимума. Для решения задачи поиска области оптимума используются разные методы, например, Зейделя-Гаусса, Бокса-Вильсона, последовательный симплексный метод и его модификации. Выбор конкретного метода зависит от условий задачи. Нет необходимости рассматривать каждый или какой-либо из них подробно, эти методы изложены в специальной литературе по теории эксперимента и математической статистике. Для общего представления о процессе поиска оптимума достаточно рассмотреть схему симплекс-планирования.

Наиболее наглядным вариантом является метод симплекс-планирование поиска оптимума для двух факторов x_1 и x_2 .

Правильным симплексом является множество $(n + 1)$ независимых точек, которые образуют выпуклый многогранник в n -мерном пространстве. В нашем случае это будет правильный треугольник в двухмерном пространстве. Строить этот треугольник при проведении первого эксперимента целесообразно таким образом, чтобы одна из его вершин находилась в условно избранной точке, координаты которой x_1 и x_2 . Эта точка является аналогом нулевого уровня плана факторного эксперимента.

Значения факторов при определении координат точек целесообразно представлять в условных единицах, а в качестве фундаментального параметра планирования избрать сторону симплекса. При этом интервалы варьирования в соответствии с геометрией симплекса могут принимать разные значения. Для правильного треугольника они пропорциональны числам 1.0; 0.86; 0.5. Координаты вершин треугольника представлены в таблице 1.6.7.

Таблица 1.6.7. План эксперимента при симплекс-планировании

Номер опыта, U		X_2	Выход процесса, Y_u
1(O)	0	0	Y_0
2(A)	0,5	0,8	Y_A
3(B)	1,0	0	Y_B

В качестве примера рассмотрим симплекс-планирование при определении оптимума действия фермента по двум факторам: величине pH и температуре. За нулевой уровень, исходя из априорной информации, возьмем значение $pH = 5.0$ и $t = 20^\circ C$. Тогда $x_1 = 0$ ($p = 5.0$) $x_2 = 0$ ($t = 20^\circ C$).

Далее перейдем на условные единицы, например, за условную единицу фактора x_1 (pH) возьмем 0.5, а фактора X_2 (t) - $5^\circ C$. Эта система характеризуется

тем, что разные по своей природе факторы, которые измеряются в разных единицах, выражаются однотипно.

В соответствии с изложенным, первый эксперимент относительно изучения активности фермента ставится при значениях факторов, указанных в таблице 1.6.8.

Таблица 1.6.8. Пример плана эксперимента при симплекс-планировании

Номер опыта, U	Значения X_1		Значения X_2	
	условное	действительное	условное	действительное
1 (O)	0	5,0	0	20
2 (A)	0,5	5,5	0,86	25
3 (B)	1,0	6,0	0	20

Предположим, что после реализации экспериментов в точках O, A, B получены значения $y, y, y,$, причем $y < y < y$.

Для определения координат точки следующего шага метод симплекс-планирования предусматривает очень простой прием - построение нового симплекса на той грани предыдущего симплекса, которая противолежит точке самого плохого выхода (точка O' симплекса BAO).

Для определения координат точки O' можно ограничиться графическим методом построения равносторонних треугольников, которые имеют одну общую сторону.

В более сложных случаях, когда число факторов $n > 2$ или при возможности использования расчетных приемов координаты точки O' находят как удвоенную среднюю координат старого симплекса без наиболее плохого выхода. В нашем случае координаты точки O' в кодированном виде будут такими:

$$x_i = 2 \frac{(1 + 0.5)}{2} - 0 = 1.5 \quad (1.6.9)$$

$$x_2 = 2 \frac{(0 + 0.86)}{2} - 0 = 0.86 \quad (1.7.0)$$

В соответствии с этим активность фермента на следующем этапе надо проводить при натуральных значениях факторов $x_1 = 6.5$ (p) и $x_2 = 25^\circ C$ (t).

После постановки эксперимента в точке O' и определения величины выхода y' его сравнивают со значением y , y , y и проводят следующий эксперимент, "переворачивая" симплекс в ту или другую сторону, пока не будет достигнут оптимум. Если симплекс начинает "вращаться" вокруг некоторого наиболее высокого значения, то после выполнения $(n+1)$ -го эксперимента повторяют опыт, который дал наибольший выход, и на этом останавливаются.

Таким образом, использование симплекс-планирования дает возможность существенным образом уменьшить количество опытов в сравнении с полным факторным экспериментом и не требует дополнительных сложных расчетов. И вдобавок он может быть использован даже тогда, когда функцию выхода невозможно оценивать количественно, а только качественно.

При применении метода математического планирования эксперимента именно этап поиска и изучения области оптимума и является сердцевиной экспериментального исследования, процессом получения исходной информации об объекте, которая станет базой для проверки теоретических положений. От качества проведения работ на этом этапе напрямую зависят и результаты всего экспериментального исследования. Поэтому обязательным условием проведения эксперимента является ведение журнала или протокола работ. Его форма может быть произвольной, но она должна полностью отвечать исследуемому процессу с максимальной фиксацией всех факторов. В журнале или протоколе указывают тему НИР и тему эксперимента, фамилию исполнителя, время и место проведения эксперимента, характеристику окружающей среды, данные об объекте эксперимента и средства измерения, результаты наблюдений и прочие данные, необходимые для оценки полученных результатов. Журнал или

протокол заполняется аккуратно, без исправлений. Если в одном статистическом ряду получены результаты, которые значительно отличаются от соседних измерений, исполнитель должен записать их без корректирования и указать обстоятельства, при которых проведено это измерение. Это позволит в дальнейшем установить причины такого искажения данных и квалифицировать измерения как соответствующие реальному ходу процесса или как грубую ошибку.

Одновременно с измерениями исследователь должен проводить предварительную обработку результатов и их анализ. Такой анализ позволяет контролировать исследуемый процесс, корректировать эксперимент, совершенствовать методику и повышать эффективность эксперимента. При этом необходимо помнить о том. Что никакие измерения не могут быть выполнены абсолютно точно. Полученный результат всегда имеет некоторую ошибку, так как невозможно полностью исключить влияние разнообразных случайных факторов. Поэтому реальный результат всегда является случайной величиной, которая отличается от соответствующего действительности значения. Такое отклонение называют *ошибкой наблюдения*. Она также является случайной величиной и представляет собой результат действия случайных (неучтенных) факторов. Различают ошибки трех типов: систематические, случайные и грубые.

Систематической называют ошибку, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных определениях одной величины. Эти ошибки появляются вследствие неисправности приборов, неточности метода измерения, использования для отсчитывания неточных данных. Чаще всего такие ошибки имеют постоянный знак - только увеличивают или только уменьшают результаты. Обнаружить и исключить систематические ошибки довольно тяжело. Это требует тщательного анализа методов эксперимента, проверки всех средств измерения и т.д.

Для исключения систематических ошибок рекомендуют опыты проводить рандомизированно (в случайной последовательности). Например, если нужно провести восемь опытов, то из случайного места таблицы случайных чисел (табл. 2.7.3) последовательно выписывают те, что лежат в интервале от 1 до 8, отбрасывая при этом уже имеющиеся числа и числа большее 8.

Таблица 1.7.1

Фрагмент таблицы случайных чисел

87 63 88 23 62 51 07 69 59 02 89 49 14 98 53 41 92 36 07 76 85 37 84 37 47 32 25 21
 15 08 82 34 57 57 35 22 03 33 48 84 37 37 29 38 37 89 76 25 09 69 44 61 88 23 13 01
 59 47 64 04 99 59 96 20 30 87 31 33 69 45 58 48 00 83 48 94 44 98 67 79 41 61 41
 15 60 11 88 83 24 82 24 07 78 61 89 42 58 88 22 16 13 24 40 09 00 65 46 38 61 12 90
 62 41 11 59 85 18 42 61 27 84 05 99 85 75 67 80 05 57 05 96 53 99 25 13 63

В результате будет получена следующая последовательность реализации опытов:

Номер опыта в матрице	1	2	3	4	5	6	7	8
Порядок реализации опытов	7	2	8	3	1	4	5	6

Случайной называют ошибку, которая при повторных измерениях одной величины изменяется случайным чином. Она может быть внесена как объективными, так и субъективными причинами, например, несовершенством приборов, их освещением и расположением, изменением температуры в процессе измерения или напряжения в электрической сети и т.п. Для компенсации влияния случайных ошибок каждый опыт рекомендуется повторять несколько раз. Поскольку причины, которые приводят к случайным ошибкам, неодинаковы в каждом эксперименте и не могут быть учтены, совсем исключить их невозможно, можно только оценить их значение. Правила определения случайных ошибок изучаются в теории ошибок - разделе математической

статистики, которая базируется на теории вероятности, поэтому мы подробно рассматривать их не будем.

При многократном определении какого-либо показателя могут встречаться результаты, которые значительно отличаются от других результатов той же серии. Они могут быть следствием *грубой ошибки*, вызванной невнимательностью экспериментатора, который неверно сделал отсчет или записал одну цифру вместо другой. Такую ошибку легко найти, и она обязательно должна быть исключена из экспериментальных данных. Для исключения грубых ошибок в теории ошибок также существует система правил.

Интерпретация (представление) результатов эксперимента.

Закончив исследования экспериментатор на основании анализа полученных данных должен сделать выводы о подтверждении гипотезы научного исследования. Чаще всего анализ экспериментальных данных *представляет* собой исследование функций взаимозависимости факторов и параметров оптимизации. Если исследуемый процесс описан в виде функционированных зависимостей (математической модели), то модель можно использовать для определения параметров оптимизации при любом наборе значений факторов в исследуемом интервале. Наиболее удобной и полной является такая последовательность действий:

- анализ коэффициентов регрессии полинома (математической модели),
- графический анализ экспериментальных данных;
- канонический анализ уравнений;
- численный анализ уравнений.

Целью этого комплекса действий является раскрытие физической сути исследуемого процесса для установления адекватности гипотезы и эксперимента.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях целесообразно математическое планирование эксперимента (МПЭ)?
2. При каких условиях возможно применение МПЭ?
3. Алгоритм МПЭ.
4. Раскройте сущность отдельных этапов МПЭ.
5. Типы ошибок и методы их исключения.

РАЗДЕЛ 2. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЦЕССА

2.1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Под научно-информационной деятельностью понимают область человеческой деятельности по удовлетворения потребностей в научно-технической информации, причем в понятие научно-информационной деятельности входит сбор, аналитико-синтетическая обработка, сохранение, поиск и распространение научно-технической информации. Само понятие "информация" до сих пор не имеет однозначного толкования. Сперва под информацией понимали сведения, которые передаются одними людьми другим устным, письменным или иным способом, например, с помощью условных сигналов, с использованием технических средств, или сам процесс передачи либо получения таких сведений.

С середины 20 века в связи с ростом темпов социального прогресса, развитием науки, увеличением объемов информации возникла необходимость в уточнении этого понятия и количественной оценке сообщений. Под информацией стали понимать обмен сведениями не только между человеком и человеком, но также между человеком и автоматом, автоматом и автоматом, обмен сигналами в животном и растительном мире. Были предложены и способы

количественной оценки информации. Все это привело к созданию статистической, шенноновской теории информации, которая позволила количественно оценивать сообщения, передающиеся по каналам связи.

В соответствии с этой теорией информация - это лишь те сообщения, которые уменьшают либо уничтожают полностью или частично неопределенность, которая существовала к моменту их получения. При этом неопределенность (H) называют *энтропией* и оценивают по формуле:

$$H = \log_2 \delta, \quad (2.1.1)$$

где δ - количество возможных состояний системы.

Таким образом, количество информации, которая снимает неопределенность системы с N равновероятными состояниями, определяется по формуле:

$$I = \log_2 N \quad (2.1.2)$$

Вместе с тем существует необходимость в количественной оценке семантической (смысловой) информации, к которой относится и научно-техническая информация. Хотя и была сделана попытка построения теории семантической информации, однако в целом проблема оценки объемов семантической информации в сфере научно-технической информации (НТИ) остается пока нерешенной. Основными критериями оценки объема и качества семантической информации является полнота, точность и прочие характеристики с учетом ограничений, которые были предъявлены специалистами при запросе на информацию.

Теоретические исследования проблем, связанных с уточнением научного понятия информации, проводятся по трем основным направлениям.

1. Разработка математического аппарата, отражающего основные качества и закономерности информации.
2. Разработка различных аспектов информации на базе имеющихся математических средств для исследования разнообразных качеств информации

(например, измерения ценности, полезности информации с помощью метода экспертной оценки).

3. Разработка и использование информационных методов как в научно-информационной деятельности, так и в других областях знаний (биологи, социологии, педагогике и т.п.).

Существуют несколько концепций определения информации. Одни исследователи (В.Н. Глушков, В. И. Сифоров и др.) считают, что информация является одним из основных универсальных качеств материи - атрибутом всей материи. Такой подход связывает понятие информации с понятием отображения и получил название атрибутивного.

Другие (Б.С. Украинцев, П.В. Копнин, В.С. Тюхнин и др.) при определении информации исходят из ее неразрывной связи с управлением, с функционированием систем самоорганизации и самоуправления и не признают существования информации самой по себе и в неживой природе. Такая концепция получила название функциональной.

Сейчас наиболее распространенное общее определение понятия информации толкует ее как сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, качестве, состоянии.

Весь поток информации можно классифицировать по разнообразным признакам, например, по назначению, форме восприятия, степени обработки и т.п.. Мы будем рассматривать научно-техническую информацию.

Исходя из того, что информация - это сведения, которые являются объектом сохранения, передачи, преобразования, Р.С. Гиляревский, А.Щ. Михайлов и др. определяют *научную информацию* как полученную в процессе познания логическую информацию, которая адекватно отражает явления и законы природы, общества, мышления и используется в общественно-исторической практике. Научная информация получается в результате деятельности отдельных научных работников и специалистов или их

коллективов и фиксируется в системе точных понятий, суждений, умозаключений, теорий, гипотез, то есть информация становится научной лишь тогда, когда она прошла обработку и обобщение отвлеченно-логическими методами.

Научная информация подразделяется на виды по областями ее получения и использования (техническая, экономическая, медицинская, культурная и т.п.).

Техническая информация характеризует физические процессы в различных объектах при создании продукции из исходных компонентов.

Экономическая информация содержит сведения о стоимости объектов, затратах труда на их производство, эффективности их работы и т.п.

Медицинская, культурная, социальная информация несут сведения и факты о человеке, коллективе или обществе в целом как объектах исследования и управления.

Таким образом, **научно-техническая информация** - это сведения о документах и фактах, полученных в ходе научной, научно-технической, производственной и общественной деятельности.

В структуре НТИ различают содержательный и формальный аспекты. По В. И. Сифорову информация по смыслу подразделяется на :

- информацию о научных фактах (класс А);
- информацию о научных гипотезах, концепциях и теории (класс В);
- информация, которая объединяет некоторую совокупность научных фактов, гипотез, концепций, теорий и законов, создающих основу определенной науки или области знаний (класс С);
- информация, которая отображает и формирует общий подход к познанию и измерению окружающего нас мира (класс Д).

Формальная структура также иерархическая: низовые уровни являются общими для всей семантической информации - отдельные буквы, слова, фразы, смысловые комплексы. На высшем уровне научной информации находится

научно-техническая литература. Содержательный и формальный аспекты научной информации находятся в взаимосвязи.

Среди основных свойств научно-технической информации выделяют следующие (А.А. Корюкова, В.Г. Дера):

- неотрывность от физического носителя;
- неаддитивность, некоммуникативность, неассоциативность (то есть информация, которая содержится в сообщении, не является арифметической суммой элементов, которые ее составляют; эти элементы нельзя располагать в произвольной последовательности без искажения содержания сообщения и группировать в произвольные соединения);
- ценность (информация тем ценнее, чем большее оказывает содействие достижению цели, поставленная перед ее получателем);
- общественная природа (источником информации является познавательная деятельность человека, общества);
- языковая природа (информация выражается с помощью языка - знаковой системы любой природы, которая выступает средством общения, мышления, отражения мыслей);
- семантический характер;
- независимость от языка и носителя;
- дискретность (единицами информации являются слова, предложения, отрывки текста, а в аспекте содержания - понятия, описания фактов, гипотезы, теории, законы и т.п.);
- кумулятивность (концентрация информации с течением времени);
- независимость от создателей;
- старение (появление новой информации, которая делает предварительно информацию неверной, неадекватно отражающей процессы и явления окружающего мира);

- рассеяние (существование в многочисленных научных произведениях за счет процессов дифференциации и интеграции познания).

Изучение свойств информации является одним из важнейших разделов науки об информации. Однако, поскольку до сих пор нет четкого и однозначного определения самого понятия информации, то нет и единого подхода к определению содержания науки об информации. Мы будем пользоваться таким: **информатика** - научная дисциплина, которая изучает структуру и общие свойства научной информации, а также закономерности всех процессов научной коммуникации. Интересы ее распространяются и на способы представления информации как в естественных, так и в искусственных системах; использование кодов для эффективной передачи, сохранения и поиска информации; вычислительные машины и их программное и математическое обеспечения и т.д. То есть, наука об информации - комплексная область знаний, связанная с математикой, логикой, лингвистикой, психологией, вычислительной техникой, исследованием операций, библиотековедением, полиграфией, статистической теорией информации, организационным управлением и т.п.. Наука об информации имеет свою теорию, изучающую предмет безотносительно к его использованию, и прикладную часть, которая направлена на развитие информационных услуг.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под научно-информационной деятельностью?
2. Раскройте понятие научно-технической информации.
3. Что представляют содержательная и формальная структура научно-технической информации?
4. Сформулируйте основные свойства НТИ.
5. Что представляет собой наука об информации?

2.2. ТИПЫ НАУЧНЫХ ДОКУМЕНТОВ, СФЕРА ИХ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Под *документом* понимают материальный объект, который содержит фиксированную информацию для ее сохранения и использования. *Научным документом* в научно-технической информации называют носитель, на котором зафиксированы научные данные или научно-техническая информация с обязательной ссылкой на то, где, кем и когда он был создан. Таким образом, в информатике документом считается любой материальный носитель информации (например, бухгалтерский отчет, книга, и т.п.).

Различают текстовые научные документы (книги, журналы, отчеты и т.п.), графические (чертежи, схемы, диаграммы), аудиовизуальные (звукозаписи, кино- и видеофильмы), электронные (записи на электронных носителях, информация в компьютерных сетях).

В практике научно-информационной деятельности документы подразделяют на *первичные* и *вторичные*. Принято считать, что в *первичных документах* содержатся непосредственные результаты научных исследований и разработок, новые научные данные или новое осмысление известных идей и фактов, а во *вторичных* - результаты аналитико-синтетической и логической обработки одного или нескольких первичных документов или сведения о них. Опять же, разделение документов на первичные и вторичные является довольно условным: во многих вторичных документах, например, содержатся одновременно и результаты НИР и ОКР, и ранее полученные научные данные. Видовая структура научных документов приведена в таблице 2.2.1.

Среди научных документов различают документы *печатные* и *рукописные* (или *машинописные*). Однако с развитием научно-информационной деятельности это разделение становится все менее значимым в связи с наличием в рукописных документах информации, которой еще нет в печатных источниках

и которая оперативно распространяется с помощью новейших средств репродукции и компьютерной сети.

Под печатным документом понимают печатную продукцию, которая прошла редакционно-издательскую обработку (книги, журналы, брошюры). Классификация печатных источников информации представлена в таблице 2.2.2.

Книги - это многостраничные неперIODические издания объемом большее 48 страниц. Особенностью книги является то, что в ней сконцентрирован огромный опыт и знания, накопленные человечеством за всю предшествующую историю. Однако сведения, которые содержатся в книге, стареют, так как на ее подготовку и издание нужны значительные затраты времени. *Брошюра* - печатное издание объемом от 5 до 48 страниц - содержит более оперативную информацию. Среди книг и брошюр большое научное значение имеют *монографии*, в которых излагаются результаты всестороннего изучения одной проблемы или темы и которые принадлежат одному автору или небольшой группе авторов (в последнем случае монографию называют коллективной); *сборники научных работ*, которые содержат ряд материалов одного или нескольких авторов; *рефераты* и разнообразные официальные или научные материалы. Особое место среди книг, использующихся в сфере научной информации, занимают *учебные издания* - неперIODические издания, которые содержат систематизированные сведения научного и прикладного характера, изложенные в форме, удобной для преподавания и изучения.

Наиболее оперативным источником научно-технической информации являются перIODические издания, которые выходят через определенные интервалы времени, постоянным для каждого года числом номеров, не повторяющихся по смыслу, с типовым оформлением, нумерованными и (или) датированными изданиями, которые имеют одинаковое название, и систем, в которых можно выделить явления или процессы одной физической природы, зависящие от небольшого количества переменных. При этом считается, что

исследователь может с большой точностью стабилизировать все независимые переменные (факторы) своей системы, чего довольно тяжело достичь даже для хорошо организованной системы. Вдобавок, при этом невозможно перебрать все варианты, поэтому выполняют лишь часть опытов, а выбор именно этих опытов никогда не бывает достаточно обоснованным.

Таблица 2.2.3. Видовая структура научных документов

Характер	Первичный	Вторичный
1	2	3
Книги, брошюры	Монографии, сборники, материалы конференций, конгрессов, съездов, учебные издания и т.п.	Непериодические библиографические, реферативные, обзорные издания, энциклопедии, справочные издания, словари, и т.п.
Периодические	Издания с продолжением, журналы, бюллетени, газеты и т.п.	Библиографические (указатели, картотеки), реферативные (картотеки, сборники), экспресс-информация, официальные бюллетени, указатели промышленных каталогов, информационные листки и др.
Специальные	Нормативно-технические документы, промышленные каталоги и др.	Указатели стандартов и технических условий, отечественных и зарубежных изобретений и т.д.

Продолжение табл. 2.2.3

1	2	3
Рукописные	Отчеты по НИР и ОКР, диссертации, депонированные рукописи, научные доклады, конструкторская документация, информационные сообщения про проведенные научно-технические конференции, семинары, симпозиумы и т.п.	Бюллетени регистрации НИР и ОКР, сборники рефератов НИР и ОКР, регистрационные и информационные карточки, диссертаций, указатели депонированных рукописей, информационные извещения и т.п.

Таблица 2.2.4. Классификация печатных источников информации

Вид издания	Характеристика по назначению
1	2
Официальные	Публикации законодательства, нормативно-правовых актов государственных и хозяйственных органов управления
Научные	Результаты научных, экспериментальных и других исследований в разных сферах знаний
Научно-популярные	Сведения из разных областей науки и техники, предназначенные для ознакомления непрофессиональной массы читателей
Учебники	Знания научного и прикладного характера, сведенные в систему, предназначенные для обучающих целей
Производственные	Знания по технологии, технике, организации производства, менеджменту, маркетингу, бухгалтерскому учету и аудиту и прочие, предназначенные для использования в практической деятельности специалистами определенного профиля
Справочные	Краткая научная и прикладная информация для ознакомления специалистов в определенной области знаний, а также для научных исследований
Нормативно-производственные	Правила, нормы и нормативы, технологические требования, стандарты, предназначенные для использования в производстве, менеджменте, маркетинге и другой практической деятельности

Рекламные	Сведения об изделиях, услугах, которые рекомендуются с целью привлечения покупателя
Патентно-лицензионные	Право на использование интеллектуальной собственности, трудовую деятельность в определенной сфере производства или бизнеса
Каталоги	Нормативно - производственные справочники по разным видам знаний научного и прикладного характера
Проспекты	Издания рекламного характера, которые касаются конкретного вида товара, машин, оборудования для привлечения покупателей
Информационные	Систематические сведения об изданных трудах по вопросам науки и практической деятельности
Нормативно-производственные	Правила, нормы и нормативы, технологические требования, стандарты, предназначенные для использования в производстве, менеджменте, маркетинге и другой практической деятельности
Рекламные	Сведения об изделиях, услугах, которые рекомендуются с целью привлечения покупателя
Патентно-лицензионные	Право на использование интеллектуальной собственности, трудовую деятельность в определенной сфере производства или бизнеса
Каталоги	Нормативно-производственные справочники по разным видам знаний научного и прикладного характера
Проспекты	Издания рекламного характера, которые касаются конкретного вида товара, машин, оборудования для привлечения покупателей
Информационные	Систематические сведения об изданных трудах по вопросам науки и практической деятельности

как правило, одинаковый объем и формат. Традиционными видами периодических изданий являются газеты и журналы. К периодическим относят также издания с продолжением, которые выходят через неопределенные интервалы времени, по мере накопления материала. Обычно это сборники научных работ институтов, вузов, научных обществ, которые публикуются без жестко

установленной периодичности под общим названием "Труды", "Ученые записки", "Ведомости" и т.п.

К специальным видам технических изданий относят нормативно-техническую документацию, регламентирующую научно-технический уровень и качество продукции: стандарты, типовые положения, методические указания и т.п. Важнейшие из них **стандарты** - нормативно-технические документы, которые устанавливают комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденные компетентным органом. В зависимости от назначения стандарты могут включать: технические требования и условия, параметры и размеры, типы, конструкции, марки, сортаменты, правила приемки, методы контроля, правила эксплуатации и ремонта, типовые технологические процессы и т.п. Стандарты делятся на отечественные, национальные зарубежных стран, фирм и ассоциаций, международных организаций.

Важное значение для постановки научно-исследовательских работ имеет патентная документация, которая представляет собой совокупность документов, содержащих информацию об открытии, изобретениях и других видах промышленной собственности, а также сведения об охране прав изобретателей. Патентной документации присуща высочайшая степень достоверности, так как она обязательно подлежит экспертизе на новизну и полезность.

Рекламные буклеты представляют собой художественно оформленные и изданные средствами полиграфии продукты, которые пропагандируют лучшие образцы продукции, товаров или услуг для рынка.

Нормативно-производственная документация (технологическая, проектная и т.п.), рекламная, каталоги издаются чаще всего в формате альбомов.

Рукописные, или машинописные, **документы** - это носители информации, которые не проходили редакционно-издательскую обработку и не издавались средствами полиграфии (научно-технические отчеты, документы учета хозяйственной деятельности, диссертации).

Особыми машинописными документами являются депонированные рукописи, которые используются как носители информации в процессе научных исследований. *Депонированными* (переданными на хранение) называют научные работы, которые выполнены индивидуально или в соавторстве и рассчитаны на ограниченный круг пользователей. Депонирование осуществляется централизованно органами научно-технической информации. В Украине это Институт научно-технической информации и технико-экономических исследований.

Депонирование осуществляется с целью ознакомления ученых и специалистов с рукописями статей, обзоров, монографий, материалов конференций, съездов, совещаний и симпозиумов узкоспециального характера, которые нецелесообразно издавать средствами полиграфии (книги, журналы, брошюры). Решение о передаче на депонирование монографий, статей и других материалов принимается учеными советами проектно-конструкторских, технологических и других научных организаций. На депонирование не принимаются отчеты по научно-исследовательской и проектно-конструкторской работе, диссертации, тезисы докладов, кроме сделанных на международных, республиканских конференциях, симпозиумах, семинарах. Рефераты депонированных рукописей, их библиографическое описание публикуются в реферативных журналах.

Депонирование открывает широкие возможности использования научно-технической информации, которая не была опубликована в связи с небольшим количеством пользователей или по другой причине. Авторы депонированных работ сохраняют право на их публикацию в научных, научно-технических и других изданиях. При публикации необходимо только сделать ссылки на депонированную рукопись и указать ее место хранения.

Как уже упоминалось, разделение научных документов на печатные и рукописные является довольно условным, например, автореферат диссертации публикуется по редакционно-издательским правилам, но на права рукописи, а депонированная рукопись, наоборот, имеет права печатного документа.

Традиционным средством приведения в порядок документальных фондов являются библиотечно-библиографические (документные) классификации. Наибольшее распространение приобрела **Универсальная десятичная классификация (УДК)**, которая используется более чем в 50 странах мира и юридически является собственностью Международной федерации документации (МФД), отвечающей за дальнейшую разработку таблиц УДК, их состояние и издание. УДК представляет собой международную универсальную систему, которая позволяет детально представить содержание документальных фондов и обеспечить оперативный поиск информации, имеет возможность дальнейшего развития и совершенствования. Она состоит из основной и вспомогательной таблиц. Основная таблица содержит понятия и соответствующие им индексы, с помощью которых систематизируют человеческие знания. Первый ряд делений основной таблицы УДК имеет следующие классы:

О - Общий отдел. Наука. Организация. Мыслительная деятельность. Знаки и символы. Документы и публикации.

1 - Философия.

2 - Религия.

3 - Экономика. Труд. Право.

4 - свободен с 1961 года.

5 - Математика. Естественные науки.

6 - Прикладные науки. Медицина. Техника.

7 - Искусство. Прикладное искусство. Фотография. Музыка.

8 - Языковедение. Филология. Художественная литература. Литературоведение.

9 - Краеведение. География. Биография. История.

Каждый из классов разделен на десять разделов, которые, в свою очередь, делятся на десять подразделов и т.д. В рамках каждого раздела используется иерархическое построение от общего к частному с применением того же

десятичного кода. Детализация понятий производится за счет удлинения индексов, при этом каждая следующая цифра, которая прибавляется к индексу, уточняет значение и содержание предыдущих. Например: 5 - Математика. Естественные науки; 53 - Физика; 536 - Термодинамика и т.д. Вспомогательные таблицы разрешают проводить дальнейшую детализацию индексов.

Разнообразие существующих видов документов связано с характером закрепления знаний, с разноплановостью деятельности людей. Любой документ, созданный в научной или научно-технической сфере, отражает конкретную научную ситуацию на всех этапах разработки научно-технической идеи: от ее создания, накопления и обобщения фактов к созданию и проверке теорий и их практического воплощения. Научно-технические документы не только фиксируют суть и результаты определенной деятельности, но и выступают средством передачи информации.

В творческой деятельности научных работников и научно-технических специалистов можно выделить, несколько основных этапов, на каждом из которых создаются реальные виды документов. Они приведены в таблице 2.2.5.

Таблица 2.2.5.

Виды деятельности и основные этапы	Документы для внутреннего использования	Документы для внешнего информирования	Документы, которые публикуются
1	2	3	4
1. Научно исследовательская деятельность			
1.1. Разработка ТЗ на НИР	Технические предложения, ТЗ, аналитический обзор	Аналитический обзор, регистраций-на карточках (РК)	Аналитический обзор

Продолжение таблицы 2.2.5

1	2	3	4
1.2. Выбор темы исследования	Аналитический обзор, перспективный и годовой планы, методики работы, технические предложения, промежуточный отчет	Аналитический обзор, промежуточный отчет, информационная карточка (ИК), рукописи статей	Статьи
1.3. Теоретические и экспериментальные исследования	Журнал исследователя, лабораторный журнал, протоколы, акты испытаний, промежуточный отчет, ТЗ на конструирование, расчеты, чертежи, отчеты конференций	Рукописи статей, депонированные рукописи промежуточный отчет, ИК, заявки на изобретения, патенты, рукописи докладов, препринты, диссертации	Статьи, описания изобретений, авторские свидетельства, патентные описания, тезисы докладов, брошюры, монографии, учебники
1.4. Обобщение и оценка результатов исследований	Отчет о НИР, карточки технического уровня и качества	Отчет про НИР, ИК, заявки на изобретения, рекомендации об использовании результатов, предложения о проведении доп. исследований	Статьи, описания изобретений, авторские свидетельства

Продолжение таблицы 2.2.5

1	2	3	4
2.Конструктор- ская деятельность			
2.1. Разработка проектной документации	Технические предложения, технический проект, пояснительные записки	Технические условия, заявки на изобретения	Описания изобретений, авторские свидетельства
2.1. Разработка рабочей документации	Чертежи, спецификации, схемы, технические описания, инструкции по эксплуатации, технические условия, карты технического уровня	Технические условия, заявки на изобретения, проекты стандартов	Описания изобретений, авторские свидетельства, стандарты и прочие нормативно- технические документы
3.Производственная деятельность			
3.1 Производствен- ное проектирование	Т.3, технический проект, рабочая документации		Информационный листок
3.2 Производствен- ное освоение	Технологическая документация, технологическая карта, документы по технологической подготовке производства, карты технического уровня, технический отчет	Проекты стандартов, заявки на рац. Предложения, изобретения, заявки на промышленные образцы, заявки на товарные знаки, рукописи статей	Стандартные, сборники рац. Предложений, авторские свидетельства о регистрации промышленного образца, товарного, статьи

В свою очередь специалисты используют имеющуюся информацию в зависимости от этапа работы, который ими выполняется. В начале

исследований и разработок ученые и специалисты испытывают потребность в информации для обоснования целесообразности выполнения данной работы с учетом существующего уровня развития науки и техники в определенной области знаний. Потом возникает необходимость в информации для выбора рационального направления в работе с учетом существующих аналогов.

И, в конце концов, возникает потребность сопоставить достигнутые результаты с другими отечественными и зарубежными аналогами для оценки уровня выполненной работы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под научным документом?
2. Охарактеризуйте документы первичные и вторичные.
3. Дайте определение документов печатных и рукописных.
4. Охарактеризуйте основные виды печатных источников информации.
5. Что представляет собой депонирование?
6. УДК как средство приведения в порядок документальных фондов.
7. Раскройте связь между отдельными этапами научно-технической деятельности и разными видами научных документов.