

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лектор д.т.н., профессор Кузьминов А.
Л.

Лекции: 8 час.

Прак. зан.: 8 час.

Форма итогового контроля: Зачет

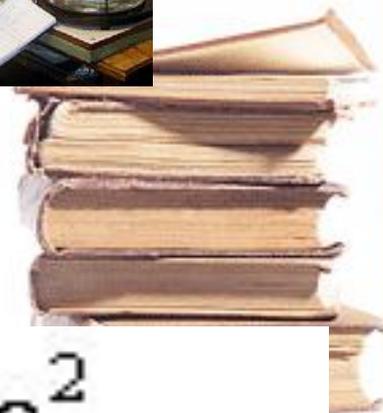
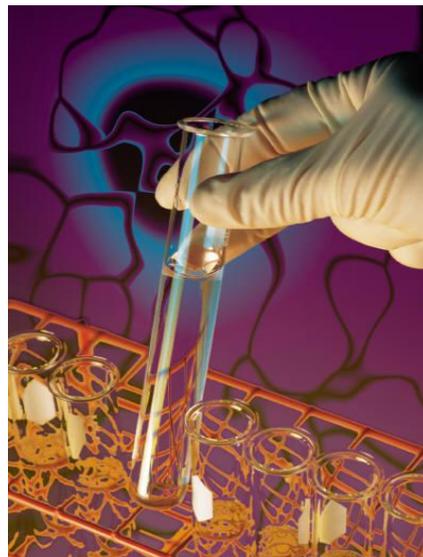


- **Наука вокруг нас, или зачем нужно быть исследователем?**



Ваше представление о науке

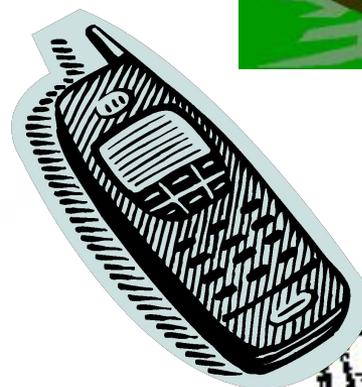
- **Наука – ЭТО.....**



$$dE = d\left(\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\right)$$

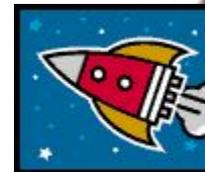
МИР нашей культуры пронизан наукой

- Наукоемкие вещи
- Специалисты и эксперты
- Схемы и способы мышления



Наука и человек

- Мир изменен наукой и это меняет и самого человека

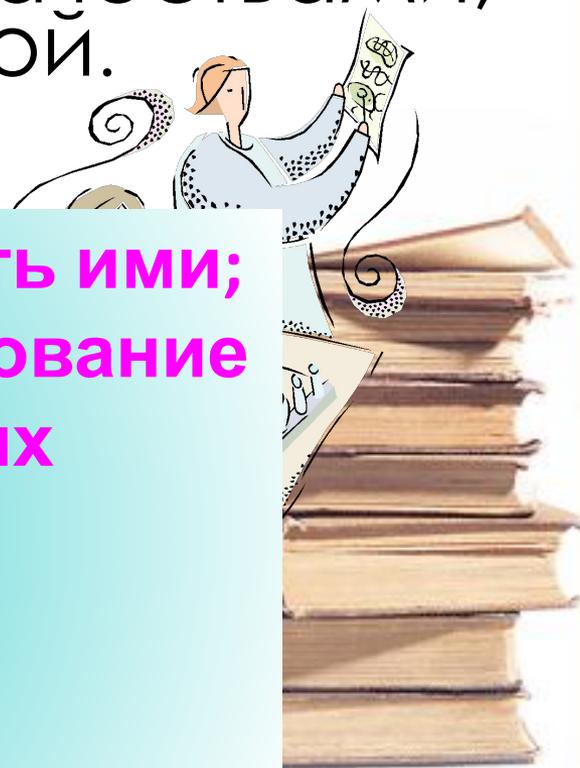


Наука и человек

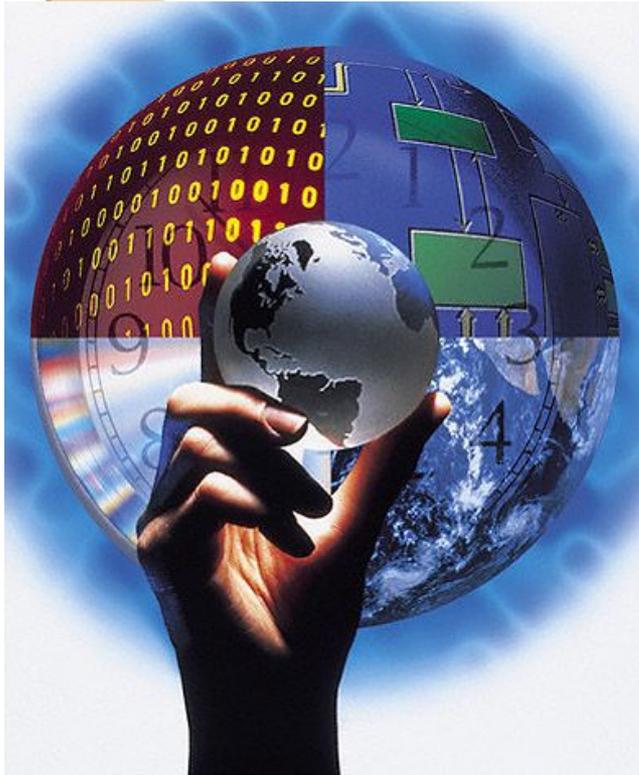
Человек не может быть успешным в современном мире, не обладая многими качествами, формируемыми наукой.

ЭТО:

- Знания и умения оперировать ими;
- Самостоятельность, исследование явлений и обоснование своих действий;
- Направленность и характер коммуникаций



Символы науки



Наука как профессия



По данным Рут Дэвид, за десять лет, с 1995 по 2005 годы, численность научных работников в мире увеличилось в полтора раза

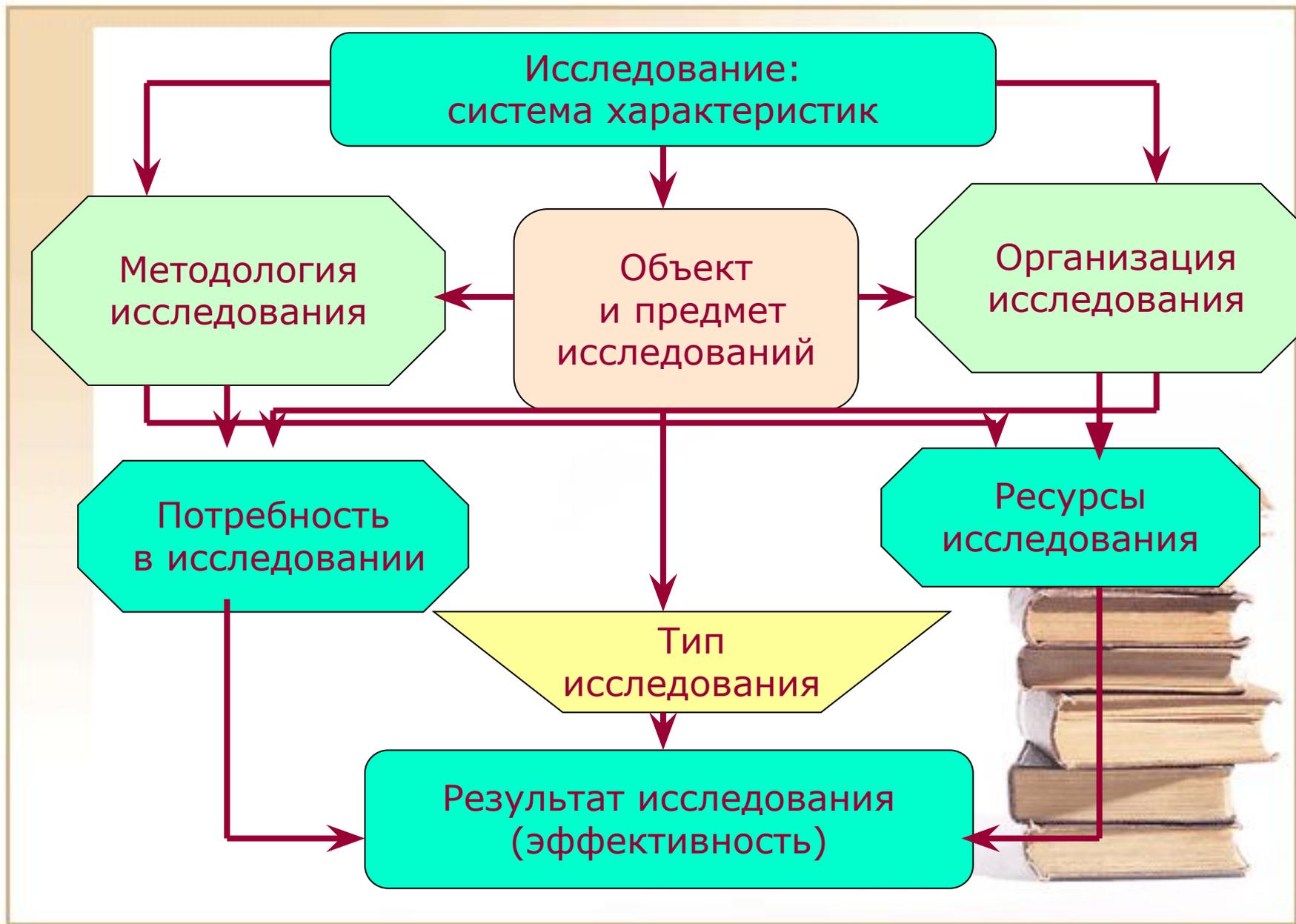


Значение науки

Цель и назначение науки как социального института – производство и распространение научного знания, разработка средств и методов исследования, воспроизводство ученых и обеспечение выполнения ими своих социальных функций.

Научная деятельность сегодня – это совместная работа творческих коллективов. Это специализация не только по отдельным областям науки или даже отдельным ее проблемам, но и распределение различных функций в научной деятельности





Характеристики исследования

- **Методология
исследования** –
совокупность целей,
подходов, ориентиров,
приоритетов, средств и
методов исследования



Методы научного исследования

- **МЕТОД:** совокупность приемов или операций практической или теоретической деятельности, способ организации процесса познания.
- Метод можно также охарактеризовать как форму теоретического и практического освоения действительности, исходящего из закономерностей поведения изучаемого объекта.
- Ф. Бэкон сравнивал правильный научный метод со светильником, освещающим путнику дорогу в темноте.



Характеристики исследования

- **Организация исследования** – порядок проведения, основанный на распределении функций и ответственности, закрепленных в регламентах, нормативах, инструкциях



Характеристики исследования

- **Ресурсы исследования** - комплекс средств и возможностей (например, информационных, экономических, людских и пр.), обеспечивающих успешное проведение исследования и достижение результатов



Объект исследования

- **Объект исследования** представляет собой знание, порождающее проблемную ситуацию, объединенное в определенном понятии, и определяется как область научных изысканий исследовательской работы.



Объект и предмет исследования

Предмет исследования можно определить как новое научное знание об объекте исследования, получаемое в результате научных изысканий.

В состав предмета исследования может войти и инструмент получения этого нового научного знания об объекте исследования, если он обладает существенными признаками новизны.

В первом приближении, объект и предмет исследования соотносятся между собой как общее и частное. Предмет исследования, как правило, находится в границах объекта исследования.



Характеристики исследования

- **Тип исследования – принадлежность его к определенному типу, отражающему своеобразие всех характеристик**



Структура исследовательской деятельности

Исследовательская деятельность предполагает наличие следующих видов деятельности:

- Знакомство с нормами, эталонами, критериями научности, научными традициями, областью исследования;
- Изучение теории, посвященной данной проблематике;
- Подбор методов и методик исследования, практическое овладение ими;
- Сбор собственного материала, его анализ и обобщение;
- Собственные выводы



Структура исследовательской деятельности

Безусловными нормами исследовательской деятельности являются:

- необходимость доказательности и обоснования: позиции, данных, способов достижения результатов;
- необходимость постоянной проверки результатов;
- недопустимость плагиата



Структура исследовательской деятельности

Этапы работы:

- выбор темы;
- выявление проблемы исследования;
- постановка цели и задач исследования, определение объекта и предмета исследования;
- выдвижение гипотезы;
- сбор информации по проблеме;
- выбор методов и методики исследования;
- проведение наблюдений и эксперимента;
- отбор и структурирование материала в соответствии с темой и целями исследования;
- оформление проекта;
- защита проекта



Актуальность темы исследования

Актуальность темы в прикладном аспекте означает:

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



Научная новизна

- **Научная новизна** - одно из главных требований к теме исследования. Это значит, что оно должно содержать решение новой научной задачи или новые разработки, расширяющие существующие границы знаний в определенной отрасли науки.
- Новизна исследования и тема органично связаны. При этом должна существовать гипотеза (прогноз) новизны исследования, что обеспечивает выход на круг вопросов, образующих ядро исследования и обладающих существенными признаками новизны, оригинальности.



Научная новизна

- **Новизна может быть связана как со старыми идеями, что выражается в их углублении, конкретизации, дополнительной аргументации, показом возможного использования в новых условиях, в других областях знания и практики, так и с новыми идеями, выдвигаемыми исследователем.**



Что позволяет выявить и определить новизну:

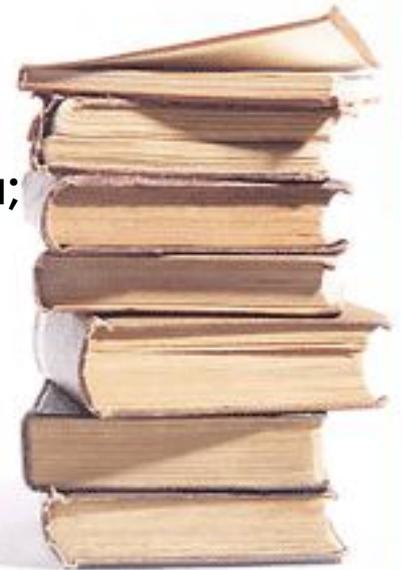
- **Обстоятельное изучение литературы по предмету исследования, с анализом его исторического развития.**
- **Рассмотрение существующих точек зрения. Их критический анализ и сопоставление в свете новых задач исследования часто приводят к новым или компромиссным решениям.**
- **Вовлечение в научный оборот нового цифрового и фактического материала, например, в результате проведения эксперимента - это уже заметная заявка на оригинальность.**
- **Детализация известного процесса, явления. Подробный анализ практически любого, интересного в научном отношении объекта, приводит к новым полезным результатам, выводам, обобщениям.**



Что позволяет выявить и определить новизну?

Можно вычленить следующие элементы новизны, которые могут быть представлены в исследовании:

- - новый объект исследования, т.е. задача поставлена и рассматривается впервые;
- - новая постановка известных проблем или задач (например, сняты допущения, приняты новые условия);
- - новый метод решения;
- - новое применение известного решения или метода;
- - новые результаты теории и эксперимента, их следствия;
- - новые или усовершенствованные критерии, показатели.



Практическая значимость

- Не менее важным критерием качества исследования является критерий полезности или его практическая значимость. Практическая значимость исследования в обязательном порядке устанавливается и обосновывается.
- **Аргументы при обосновании практической значимости.**

К ним можно отнести наличие:

- положительных результатов использования разработок исследования в обществе, отдельном коллективе, производстве, отрасли науки, какой-либо практике;
- практических рекомендаций для построения некоторой системы, сценария (алгоритма) по достижению результата;
- рекомендаций, содержащихся в исследовании;
- предложений, позволяющих совершенствовать методику исследования;
- знаний, полезных для использования в учебном процессе средней или высшей школы.



Тема

**Метод и методология
научного исследования**



МЕТОД И МЕТОДОЛОГИЯ

Метод - это совокупность приемов, способов, правил познавательной, теоретической и практической, преобразующей деятельности людей.

Методология – учение о методе.



1. *Всеобщие, философские методы, сфера применения которых наиболее широка.*

2. *Общенаучные методы, применяются во всех или почти во всех науках.*

3. *Частные, или специальные, методы, применяются в отдельных науках или областях практической деятельности.*

Особую группу методов образуют методики - приемы и способы, вырабатываемые для решения какой-либо частной проблемы.

Всеобщих философских методов познания - два: *диалектический* и *метафизический*.

Диалектический метод - это метод познания действительности в ее противоречивости, целостности и развитии.

Метафизический метод - противоположный диалектическому метод, рассматривающий явления вне их взаимной связи и развития.

ОБЩЕНАУЧНЫЕ МЕТОДЫ

Анализ

Синтез

Обобщение

Абстрагирование

Индукция

Дедукция

Аналогия

Моделирование

Исторический
метод

Логический
метод

Классификация

Анализ - разложение объекта на составляющие его части.

Синтез - объединение познанных в результате анализа элементов в единое целое.

Обобщение - процесс мысленного перехода от единичного к общему.

Абстрагирование - мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект.

Индукция - процесс выведения общего положения из ряда единичных фактов.

Дедукция - процесс аналитического рассуждения от общего к частному.

Аналогия - вероятное заключение о сходстве двух предметов в каком-либо признаке.

Моделирование - воспроизведение свойств объекта на специально устроенном его аналоге - модели.

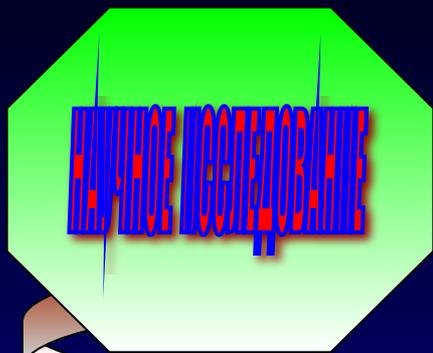
Исторический метод - воспроизведение истории объекта с учетом всех деталей и случайностей.

Логический метод - логическое воспроизведение истории изучаемого объекта.

Классификация - распределение объектов по классам в зависимости от их общих признаков.

СУЩНОСТЬ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Научное исследование - процесс изучения, экспериментирования, концептуализации и проверки теории, связанный с получением научных знаний



Целесообразную деятельность человека

Предмет научного труда

Средства научного труда

ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА :

Фундаментальные
получение принципиально новых знаний и дальнейшее развитие системы уже накопленных знаний

Прикладные
поиск и решение практических задач на основе результатов фундаментальных исследований

Разработки
использование результатов прикладных исследований для создания и отработки опытных моделей техники

КЛАССИФИКАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

По методам решения поставленных задач

Теоретические

Теоретико-экспериментальные

Экспериментальные

По стадиям выполнения исследования

Поисковые

Научно-исследовательские

Опытные конструкторские разработки

По признаку места их проведения

Лабораторные

Производственные

По составу исследуемых свойств объекта

Комплексные

Дифференцированные

ПЕРВЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблема научного исследования – это то, что предстоит открыть, доказать

Тема – отражает научную проблему в ее характерных чертах

Первая задача связана с выявлением, уточнением, углублением, методологическим обоснованием сущности, природы, структуры изучаемого объекта

Вторая задача связана с анализом реального состояния предмета исследования, динамики, внутренних противоречий развития во времени и пространстве

Третья задача касается основных возможностей и способностей преобразования предмета исследования, моделирования, проверки

Четвертая задача связана с выявлением направлений, путей и средств повышения эффективности совершенствования исследуемого явления, процесса

Формулировка гипотезы – это творческий поиск частных проблем и вопросов исследования, без решения которых невозможно реализовать методический замысел, решить главную проблему

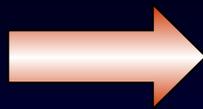
Объект исследования – это та совокупность связей, отношений и свойств, которая существует объективно в теории, практике, требует некоторых определенных уточнений и служит источником необходимой для исследователей информации

Предмет исследования – это элемент, который более конкретно устанавливает те связи и отношения, которые подлежат непосредственному изучению в данном исследовании, а также границы научного поиска в каждом объекте

Цель формулируется кратко и предельно точно, в смысловом отношении выражая то основное, что намеревается сделать исследователь

МЕТОДИКА НАПИСАНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

**Выбор темы
научного
исследования**



**Планирование
научного
исследования**

Календарный план



План

*выбор и формулирование научной задачи;
разработка плана научного исследования;
сбор и изучение исходного материала, поиск
необходимой литературы;
анализ собранного материала, теоретической
разработки научной задачи;
сообщение о предварительных результатах
исследования научному руководителю;
письменное оформление научного исследования;
обсуждение работы*

*введение;
основная часть;
заключение;
список используемых
источников;
приложения*

РЕСУРСНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ



Типичный план научных исследований

- Изучение литературы по теме исследований (составление литературного обзора)
- Закупка материалов и реактивов.
- Аренда (покупка) оборудования для :
 - изготовления образцов или экспериментальных установок.
 - проведения исследований.
- Наём персонала.
- Изготовление образцов и/или экспериментальных установок.
- Проведение исследования.
- Обработка результатов (+ отбор).
- Составление отчёта – оформление, представление отчёта вместе с результатами научных исследований.



Рабочая программа исследования

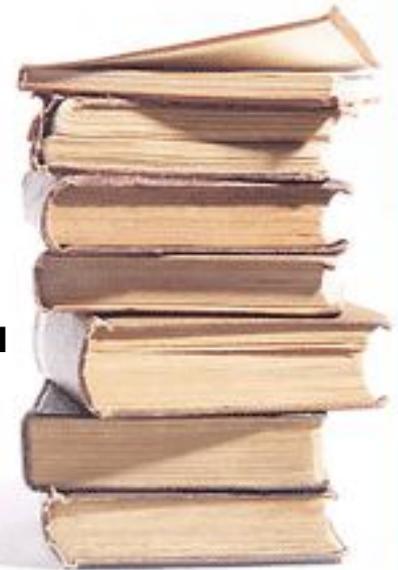
- Рабочая программа – изложение общей концепции исследования в соответствии с её целями и гипотезами (предполагает, что надо сделать).
- Рабочая программа состоит из 2-х разделов:

1. Методологический:

- формулировка проблемы или темы
- определение цели и постановка задач исследования
- определение объекта и предмета исследования
- формулировка рабочих гипотез
- интерпретация основных понятий

2. Процедурный:

- принципиальный план исследования (часть плана для каждого человека)
- изложение основных процедур сбора и анализа эмпирического материала



Сбор и получение информации.

Источники информации и методы работы с ними.

- **Источник информации** – это документ, содержащий какие-либо сведения, предназначенные для распространения содержащейся в нём информации, прошедший редакционно-издательскую обработку; полиграфически самостоятельно оформленный, имеющий выходные сведения.
- Выходные сведения – это заглавие, авторы, издающая организация, год издания, аннотация, выпускные данные (сколько бумаги, печатных листов, шрифт, гарнитура) и т.д.
- К источникам информации относятся:
 - а) первичные
 - б) вторичные
- **Первичные** – статьи, результаты исследований, непосредственно описывающие проведение исследования.
- **Вторичные** – обработка (обзор каких-нибудь статей).



Тема

- *Эмпирические и теоретические
методы исследований*



Методы исследований

- *Различают эмпирические и теоретические методы исследований.*
- *Эмпирические* опираются на *наблюдения и эксперимент.*
- *Наблюдения* - это метод познания , при котором объект (процесс) изучают без вмешательства в него, фиксируют, измеряют лишь свойства объекта , характер его изменения от изменения влияющих факторов. Например, наблюдения за осадкой здания, сползание осыпи на косогорах, и др.
- *Эксперимент* (инженерный эксперимент) - одно из направлений научных исследований.



Теоретические исследования

- **Теоретические исследования** - аналитическое изучение и выявление причин, связей, зависимостей, позволяющих выявить поведение объекта исследования, определить и изучить его структуру, характеристику связей элементов и параметров объекта на основе разработанных в науке основополагающих законов и методов познания. Теоретические исследования формируют так, чтобы можно было проверить их эмпирически.
- **Теоретические и экспериментальные исследования связаны, дополняют друг друга, позволяют лучше изучить исследуемые объекты, процессы.**



Методология теоретических исследований

- **Процесс теоретических исследований содержит несколько этапов:**
- **выбор проблемы;**
- **знакомство с известными решениями;**
- **отказ от известных путей решение аналогичных задач, или их уточнение ;**
- **анализ различных вариантов решения задачи, моделей объекта исследования;**
- **аналитическое решение на основе выбранной модели объекта исследования.**
- **Важную роль при проведении научных исследований играют методы индукции и дедукции, анализа и синтеза.**



Метод моделирования

- При теоретическом исследовании необходимо выделить главное и затем глубоко исследовать процессы и явления. Информацию стремятся «сгустить» в некотором абстрактном понятии – модель. Под моделью понимают искусственную систему, отображающую основные свойства изучаемого объекта- оригинала.
- *Метод моделирования (изучение явлений с помощью моделей)* - один из основных в современных исследованиях. Основой для моделирования является то, что единство природы обнаруживается в поразительной аналогичности дифференциальных уравнений, относящихся к разным областям явлений.



Физическое и математическое моделирование

- Различают **физическое и математическое моделирование**.
- При **физическом моделировании** физика явлений в исследуемом объекте и модели и их математические зависимости (описание) одинаковы. Например, исследование движение воды в трубах, перенос результатов на трубы других диаметров, с другой средой (воздух, другие жидкости).
- При **математическом моделировании** физика явлений может быть различной, а математические зависимости одинаковы. Исследование полей скоростей в трубах на электрических моделях, на упругих пленках и т. Д.



Имитационные модели

«Модель в общем смысле (обобщенная модель) есть создаваемый с целью получения и (или) хранения информации специфический объект в форме мысленного образа, описании знаковыми средствами (формулы, графики и т. п.) либо материального предмета, отражающий свойства, характеристики и связи объекта-оригинала произвольной природы, существенные для задачи, решаемой субъектом (человеком)»

Модель-это образ реального объекта. Формально математические модели в значительной мере упрощают реальные процессы, вследствие применения допущений.



Имитационные модели

Модель представляет собой «четырехместную конструкцию», компонентами которой являются:

субъект (человек);

задача, решаемая субъектом;

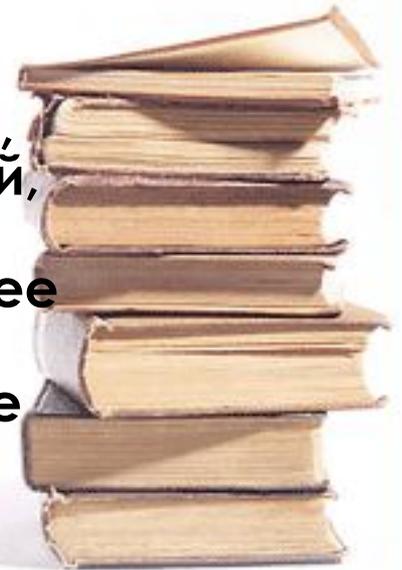
объект-оригинал (фрагмент реальной действительности);

язык описания или способ материального воспроизводства модели,

Паре «задача—объект» тоже соответствует множество моделей, содержащих одну в ту же информацию, но различающихся формами ее представления (описание словами — вербальное, таблицей данных, графиком, системой уравнений, алгоритмом и т. п.).

Модель всегда беднее объекта-оригинала, и это ее фундаментальное свойство

Важным свойством модели является обязательное наличие ограничений и допущений, связанных с решаемой задачей и свойствами объекта-оригинала.



Имитационные модели

Собственно моделирование начинается с определения *границ объекта*, подлежащего моделированию, или, как говорят, с выделения объекта из *внешней среды*. Всегда имеются какие-то связи между средой и объектом. Как только мы ограничили объект, необходимо определить эти связи. Обычно связи типа «*среда—объект*» называют входными воздействиями (*входами*), а связи «*объект-среда*» — выходными (*выходами*). С увеличением числа связей растет сложность и увеличивается громоздкость модели, что является не меньшим недостатком, чем ее неполнота. Разрешение данного противоречия имеет большое значение при построении модели, так как непосредственно влияет на ее качество и эффективность.



Классификация объектов моделирования

- Классификация объектов моделирования разработанная в соответствии с их попарно противоположными свойствами, влияющими на выбор методов моделирования и соответствующего математического аппарата предусматривает следующие их категории.
- **Непрерывными (континуальными)** считаются объекты, выходные переменные которых являются непрерывными. Подавляющее большинство реальных металлургических объектов, состояние которых характеризуется макроскопическими физическими величинами (температура, давление, пространственные координаты, скорость и ускорение и т. п.), обладает свойствами непрерывности.
- При математическом описании непрерывных объектов используется главным образом аппарат дифференциальных и интегродифференциальных уравнений.



Классификация объектов моделирования

- **Дискретные объекты** имеют выходные переменные, которые могут принимать некоторое конечное число известных значений.
- Для математического описания таких объектов используют аппарат математической логики и так называемую теорию автоматов. В связи с развитием ЭВМ дискретные методы анализа (например, метод конечных элементов), получили широкое распространение при исследовании непрерывных объектов (например, сплошных сред). Модели непрерывных объектов, полученные с помощью дискретных методов, называют иногда непрерывными дискретизированными в отличие от дискретных моделей дискретных объектов.



Классификация объектов моделирования

- Свойства **стационарности - нестационарности** характеризуют степень изменчивости объекта во времени.
- Свойства **сосредоточенности или распределенности** параметров характеризуют объекты с точки зрения роли, которую играет в их модельном описании пространственная протяженность и конечная скорость распространения в пространстве физических процессов.
- Под параметрами в данном случае понимаются количественные характеристики внутренних свойств объекта (например, температура, напряжения, деформация, скорость и т. п.)
- В пространственно- протяженных объектах (газы, жидкости, деформируемые твердые тела) необходимо учитывать, зависимость характеристик от координат. Эти объекты описываются дифференциальными уравнениями с частными производными.



Классификация объектов моделирования

- С математической точки зрения объекты с рас-
пределенными параметрами, представляют собой *поля*
одномерные и многомерные (скоростей, температур,
перемещений), существующие в пространстве и времени
той или иной размерности (одномерные, плоские, трех-
мерные). Выходные переменные соответствующих моделей
являются функциями **времени и пространственных**
координат с их производными (например, модели теории
обработки металлов давлением). К классу объектов,
объединенных в соответствии с их внутренними
свойствами и задачами, отнесены объекты, свойства
которых связаны в значительной степени как с их
внутренней природой, так и с характером решаемых задач.



Классификация объектов моделирования

Если пространственной протяженностью можно пренебречь и считать, что независимой переменной, характерной, для объекта, является только время, то говорят об объекте **с сосредоточенными параметрами**. К числу таких объектов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями относится подавляющее число механизмов, машин, а также другие объекты, у которых расстояние между отдельными частями не влияет (или принимается не влияющим) на исследуемые свойства и характеристики.



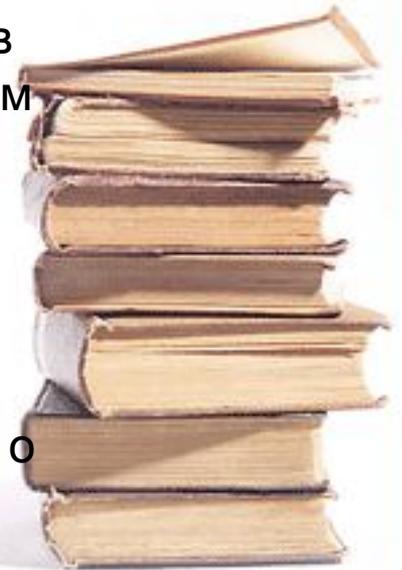
Классификация объектов моделирования

- Весьма существенно деление объектов на **линейные** и **нелинейные**. Различие между ними заключается в том, что для первых справедлив принцип суперпозиции (наложения), когда каждый из выходов объекта характеризуется линейной зависимостью от соответствующих входных переменных.
- Линейность объекта относительно переменных означает, что среди коэффициентов, входящих в его математическое описание, отсутствуют величины, зависящие от переменных, их производных и интегралов. Если эти коэффициенты не зависят от времени, то мы имеем дело с наиболее распространенным случаем: описанием объекта *линейной стационарной моделью*.
- Существенно и деление объектов на **одномерные** (с одним выходом) и **многомерные** (с p выходами). В общем случае каждый из выходов многомерного объекта зависит от значений нескольких переменных, и таким образом, многомерный объект является, как правило, еще и многосвязным.



Классификация объектов моделирования

- Для **динамических** объектов характерна изменчивость его характеристик во времени. В частности, естественным следствием существования механической инерции является свойство *последствия*: состояние движущегося тела в некоторый момент времени определяется не только силами, действующими на него в тот же момент, но и предшествующими воздействиями и состоянием объекта — его предысторией.
- Для любого «движения» (в том числе, диффузии, химической реакции) характерны динамические эффекты.
- Таким образом, само понятие *динамического состояния* в его наиболее общем смысле можно связать с проявлением *последствия* и рассматривать его как универсальное свойство, внутреннее присущее реальным объектам макромира.
- Если свойства объекта, характер действующих на него переменных и особенности решаемой задачи таковы, что эффектами *последствия* можно пренебречь, то говорят о **статическом** состоянии объекта (статический режим).



Классификация объектов моделирования

Одним из важнейших признаков, определяющих возможные методы описания, а также выбор подходящего (адекватного) математического аппарата, является, деление объектов на **детерминированные и стохастические** (случайные). Определение «детерминированные» означает лишь тот факт, что по условиям решаемой задачи и применительно к свойствам конкретного объекта случайными факторами в данном конкретном случае можно пренебречь. Для всех реально существующих объектов объективно присуще свойство стохастичности. И весьма вероятно, что при другой постановке задачи «детерминированный» объект придется рассматривать как стохастический.



Имитационные модели

- **Определение «статистический» (вероятностно-статистический) несет в себе еще более сильное предположение о том, что такие характеристики (как законы, распределения вероятностей, моменты и т. п.) не случайны для данного объекта. Иными словами, здесь предполагается, что случайная (при непосредственном наблюдении) изменчивость рассматриваемого объекта обладает свойством статистической устойчивости.**



Имитационные модели

Деление объектов моделирования (соответственно и моделей) на **аналитические**, основанные на ранее изученных и описанных в математической форме закономерностях объекта, и **идентифицируемые**, которые строятся на основе специального экспериментального исследования, что связано главным образом со степенью сложности и изученности объекта.



Моделирование и прогнозирование

Выполнение прогноза по частным математическим моделям позволяет получить тренды достаточно простых (в пределах возможностей формализации) процессов. Именно эти результаты помогают осуществлять анализ рассматриваемых процессов с точки зрения ранжирования действующих факторов. Понятие «действующий фактор» адекватно параметру, который определяется однозначно, например избыточное внесение удобрений и повышенное содержание биогенных компонентов в поверхностном стоке с полей и в водоемах. В данном случае однозначно устанавливаются значения поверхностного распределения удобрений.



Имитационные модели

В качестве альтернативы классическому математическому моделированию возникло так называемое ***имитационное моделирование***, которое сочетало традиционные математические методы с алгоритмизацией по существу всех вышеописанных качественных методов. Современные имитационные модели основываются на потоковых диаграммах массоэнергообмена с активным использованием (при построении структуры моделей) достижений сетевых методов.



Идеализация объектов

- Под **идеализацией** объекта моделирования понимается выделение определяющих и отбрасывание второстепенных (в условиях данной задачи) черт или характеристик какого-либо объекта реальной действительности.
- Предлагается три пути преодоления трудностей при идеализации реальных объектов:
- разделение данной сложной системы на совокупность более простых систем (декомпозиция):
- переход к иной идеализации, например от системы распределенными параметрами к системе с сосредоточенными или наоборот;
- сокращению числа переменных (входов и выходов), -например за счет использования безразмерных комплексов;



Идеализация объектов

- К сказанному выше можно добавить приемы, применяемые на практике:
- 1) снижение размерности задачи (от трехмерной к двумерной и одномерной);
- 2) использование свойства детерминированности вместо стохастичности;
- 3) замена переменных константами;
- 4) идеализация свойств среды (идеальный газ, идеальная жидкость, идеальная пластичность и т. п.);
- 5) усреднение свойств по объему (идеальное перемешивание) и по направлению (гипотезы плоских сечений и т. п.);
- 6) использование линейных зависимостей вместо нелинейных (линеаризация).



Экспериментальные методы

- **Экспериментальные методы** позволяют глубоко изучить процессы в пределах точности техники эксперимента и сконцентрировать внимание на тех параметрах процесса, которые представляют наибольший интерес. Экспериментальные методы позволяют установить частные зависимости между отдельными переменными в строго определенных пределах их измерения (в пределах диапазона изменения переменных в экспериментах).
- Аналитические и экспериментальные методы дополняют друг друга.



Основные понятия экспериментальных исследований

- Оборудование для проведения эксперимента делится на три части: измерительные приборы, испытательная аппаратура и образец для эксперимента.
- *Измерительные приборы* - это инструмент для восприятия, считывания, измерения информации, наблюдения, записывания, хранения информации
- *Испытательная аппаратура* (испытательная установка, система) — это все, что необходимо для проведения эксперимента, включая измерительные приборы и объект исследования.



Основные понятия экспериментальных исследований

- **Образец для испытаний** – объект исследования, подвергаемый испытаниям, который при необходимости можно заменить другим (теплообменник, труба с текущей жидкостью, тепловой насос, установка кондиционирования и т. п).
- **План эксперимента** — это набор инструкций по проведению эксперимента, в которых указываются последовательность работы, характер и величина изменений переменных и даются указания о проведении повторных экспериментов.
- **Последовательность проведения эксперимента** - означает порядок, в котором вносятся изменения в работу испытательной аппаратуры (установки).



Основные понятия экспериментальных исследований

- *Репликация, повторение измерений* - обычно означает повторение эксперимента, но в более конкретном смысле — возвращение к первоначальным условиям. Если, например, вентилятор работает при некоторых значениях скорости, давления и расхода воздуха, а затем возвращается к первоначальным условиям и при этом снова снимаются отсчеты, то в этом случае имеет место повторение первого эксперимента (репликация).
- *Переменная* - означает любую варьируемую физическую величину. Измерения могут быть точными или неточными.



Основные понятия экспериментальных исследований

- *Ошибка* – отклонение измеренного значения от точного, выражается некоторым числом, например 2 об/мин, 0,6°C, 15 Ом и т. д., определяется как разность между калиброванным или известным отсчетом и отсчетом, снятым с прибора. Ошибку можно знать или предсказать, если удастся прокалибровать или каким-либо другим способом проверить испытательную аппаратуру.
- *Систематическая ошибка при измерениях* - представляет собой фиксированную величину отклонения отсчета относительно известного или калиброванного значения измеряемой величины, независимо от того, сколько раз производится измерение. Таким образом, систематическая ошибка имеет постоянную величину.
- *Неопределенность измерений (неточность значения)* - представляет собой оценку ошибки.



Основные понятия

экспериментальных исследований

- *Серии испытаний* - проведение испытаний на испытательной аппаратуре, она устанавливается в определенное фиксированное состояние или включается по определенной схеме, производится запись всех измерений. В результате каждого испытания получают определенную точку или экспериментальный отсчет.
- *Данные* – результаты эксперимента, представляют собой записанные или запоминаемые величины, характеризующие результат испытаний.
- *Необработанные данные* — это информация, записанная в символическом виде, получаемая непосредственно с измерительных приборов.
- *Обработанные данные* — это та же информация после выполнения над ней некоторых математических операций, таких, как внесение исправлений с помощью калибровочной кривой или построение графика.
- Обработанные данные, нанесенные на график, образуют кривую зависимости; они могут привести к получению функционального соотношения между независимыми и зависимыми переменными, обычно записываемого в виде формулы.



Экспериментальные методы. Классификация.

- Различают эксперименты **естественные и искусственные**.
- Естественные эксперименты характерны при изучении социальных явлений (социальный эксперимент) в обстановке, например, производства, быта и т. п.
- Искусственные эксперименты широко применяются во многих естественнонаучных исследованиях. В этом случае изучают явления, изолированные до требуемой степени, чтобы оценить их в количественном и качественном отношениях.
- Поисковые экспериментальные исследования необходимы в том случае, если затруднительно классифицировать все факторы, влияющие на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных предварительных данных. На основе предварительного эксперимента строится программа исследований в полном объеме.



Классификация экспериментальных исследований

- Экспериментальные исследования бывают лабораторные и производственные.
- Лабораторные опыты проводят с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т. д. Эти исследования позволяют наиболее полно и доброкачественно, с требуемой повторяемостью изучить влияние одних характеристик при варьировании других. Лабораторные опыты в случае достаточно полного научного обоснования эксперимента (математическое планирование) позволяют получить хорошую научную информацию с минимальными затратами. Однако такие эксперименты не всегда полностью моделируют реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении производственного эксперимента.



Классификация экспериментальных исследований

- Производственные экспериментальные исследования имеют целью изучить процесс в реальных условиях с учетом воздействия различных случайных факторов производственной среды.
- Одной из разновидностей производственных экспериментов является сбор материалов в организациях, которые накапливают по стандартным формам те или иные данные. Ценность этих материалов заключается в том, что они систематизированы за многие годы по единой методике. Такие данные хорошо поддаются обработке методами статистики и теории вероятностей.



Методология эксперимента

- В зависимости от темы научного исследования объем экспериментов может быть разным. В лучшем случае для подтверждения рабочей гипотезы достаточно лабораторного эксперимента, но иногда приходится проводить серию экспериментальных исследований: предварительных (поисковых), лабораторных, полигонных на эксплуатируемом объекте.
- Иногда оказывается, что выполнено много лишнего, ненужного. Поэтому прежде чем приступить к экспериментальным исследованиям, необходимо разработать методологию эксперимента.



Методология эксперимента

- Методология эксперимента – это проект эксперимента, который включает в себя:
- разработку плана- программы эксперимента;
- оценку измерений и выбор средств для проведения эксперимента;
- проведение эксперимента;
- обработку и анализ экспериментальных данных



План-программа эксперимента

- План-программа включает наименование темы исследования, рабочую гипотезу, методику эксперимента, перечень необходимых материалов, приборов, установок, список исполнителей эксперимента, календарный план работ и смету на выполнение эксперимента. В ряде случаев включают работы по конструированию и изготовлению приборов, аппаратов, приспособлений, методическое их обследование, а также программы опытных работ на предприятиях.



Методика эксперимента

- Основа плана-программы — методика эксперимента. Один из наиболее важных этапов составления плана-программы — определение цели и задач эксперимента. Количество задач должно быть небольшим. Для конкретного (не комплексного) эксперимента оптимальным количеством является 3—4 задачи. В большом, комплексном эксперименте их может быть 8—10.



Методика эксперимента

Необходимо правильно выбрать варьирующие факторы, т. е. установить основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс. Эксперимент и сводится к нахождению зависимостей между этими факторами.

Вначале анализируют расчетные (теоретические) схемы процесса. На основе этого классифицируют все факторы и составляют из них убывающий по важности для данного эксперимента ряд.

- **В тех случаях, когда трудно сразу выявить роль основных и второстепенных факторов, выполняют небольшой по объему поисковый эксперимент.**
- **Основным принципом установления степени важности характеристики является ее роль в исследуемом процессе. Для этого изучают процесс в зависимости от какой-то одной переменной при остальных постоянных. Такой принцип проведения эксперимента оправдывает себя лишь в тех случаях, когда переменных характеристик мало — 1—3. Если же переменных величин много, целесообразно применить принцип многофакторного анализа.**



Методика эксперимента

- Обоснование средств измерений — это выбор необходимых для наблюдений и измерений приборов, оборудования, машин, аппаратов и пр. Средства измерения могут быть выбраны стандартные или в случае отсутствия таковых — изготовлены самостоятельно.
- Очень ответственной частью является установление точности измерений и погрешностей. Методы измерений должны базироваться на законах специальной науки — метрологии.



Методика эксперимента

- В методике подробно проектируют процесс проведения эксперимента. В начале составляют последовательность (очередность) проведения операций измерений и наблюдений. Затем тщательно описывают каждую операцию в отдельности с учетом выбранных средств для проведения эксперимента. Особое внимание уделяют методам контроля качества операций, обеспечивающих при минимальном (ранее установленном) количестве измерений высокую надежность и заданную точность. Разрабатывают формы журналов для записи результатов наблюдений и измерений.



Инженерные эксперименты

- Инженерные эксперименты классифицируются по различным признакам: по числу переменных, влиянию внешних переменных, характеру взаимодействия этих переменных и т.д. Эксперименты могут отличаться друг от друга, но фактически планирование, проведение и анализ всех экспериментов осуществляется в одинаковой последовательности.
- Каким бы сложным эксперимент ни казался, он заканчивается представлением результатов, формулировкой выводов и выдачей рекомендаций в виде графиков или кривых, математических формул или номограмм, таблиц, статистических данных.



Инженерные эксперименты

- Разработка плана- программы эксперимента включает в себя выбор варьируемых факторов, переменных, характеризующих объект исследования. Устанавливаются основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс. Все эти переменные классифицируют по убывающей важности, степени влияния на процесс. Выбирают переменные, наиболее существенно влияющие на процесс. Планируют диапазон и шаг изменения этих переменных при проведении исследований.



Инженерные эксперименты

- Каждый исследователь стремится сделать эксперимент более дешевым, уменьшить число переменных в любом эксперименте, поскольку это ускоряет его работу и делает ее более экономичной. Вначале необходимо составить план его проведения. В процессе проведения эксперимента проводится наладка экспериментальной системы, обнаружение неполадок, формируются требования к точности измерений. С этой задачей непосредственно связана проверка приемлемости, точности получаемых результатов.
- В процессе любого эксперимента необходимо анализировать получаемые результаты, и давать их интерпретацию, получить аналитические зависимости, удобные для дальнейшего использования.



Основные понятия экспериментальных исследований

- Полученные результаты измерений обычно носят *статистический характер*, статистический анализ результатов измерений неизбежно связан с распределениями показаний приборов или других величин.
- При проведении эксперимента получают некоторую *конечную выборку (количество)* отсчетов из бесконечной совокупности. *Чем больше выборка, тем лучше ее распределение приближается к распределению генеральной совокупности.*



Обработка результата эксперимента

Особое внимание в методике эксперимента должно быть уделено математическим методам обработки и анализу опытных данных, например установлению эмпирических зависимостей, аппроксимации связей между варьируемыми характеристиками, установлению критериев и доверительных интервалов.

Результаты экспериментов должны отвечать трем статистическим требованиям:

- эффективности оценок, т.е. минимальность дисперсии отклонения относительно неизвестного параметра;
- требование состоятельности оценок, т.е. при увеличении числа наблюдений оценка параметра должна стремиться к его истинному значению;
- требование несмещенности оценок - отсутствие систематических ошибок в процессе вычисления параметров.



Обработка результата эксперимента

- Существует 2 этапа обработки результата эксперимента:
 - 1. **Определение погрешностей.**
 - 2. **Выявление связей параметров.** Проводится выявление наличия зависимости одного фактора от другого (входные воздействия и отклики). Как правило, общий вид закономерности известен из литературы. Когда имеется много воздействий, проводится специальный вид анализа – корреляционный анализ.



Определение погрешностей

Смысл такой проверки в том, что если измерение n с результатом a_i проведено корректно, то существует какое-то среднее значение,

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

около которого по Гауссовой кривой и будут распределяться значения результата.

Большинство измерений (с определённым a) будут находиться в интервале $\pm\Delta X$. Если во время измерений не учтена погрешность, то график кривой будет деформирован. Если же построение корректно, то все отклонения значения от истинного значения будут носить случайный характер и распределяется по нормальному закону.



Определение погрешностей

- При анализе результатов эксперимента выявляются ошибки (погрешности):
 - 1. Систематические – обусловлены какими-либо дефектами прибора или постоянными внешними воздействиями; они присутствуют в приборе всегда; все измерительные периодически проходят поверку; есть специальные правила, нормы, таблицы по данному прибору – о времени поверки и др.
 - 2. Случайные – возникают из-за множества причин; такие ошибки в прямом эксперименте невозможно устранить. Но если число измерений увеличивается в N раз, то погрешность уменьшается в \sqrt{N} раз. Т. о. случайные ошибки можно свести к нулю.
 - 3. Промахи (грубые ошибки).
- Систематические и грубые ошибки можно устранить, а случайные свести к нулю путём увеличения числа измерений.



Определение погрешностей

- Свойства случайных ошибок:
- 1. Число отклонений в большую сторону равно числу отклонений в меньшую сторону.
- 2. Мелкие отклонения встречаются гораздо чаще, чем крупные (Гауссова кривая).
- 3. Величина самых крупных отклонений ограничена по размеру и её, как правило, называют предельной ошибкой.
- 4. Если просуммировать все случайные ошибки, то сумма равна нулю при большом числе измерений.



Теория подобия

- При планировании экспериментов, анализе и обобщении полученных результатов экспериментов широко используется теория подобия.
- Теория подобия – это учение о подобии явлений. Теория подобия позволяет сократить количество переменных, описывающих явление, процесс, объект исследования, вводя обобщенные безразмерные переменные.
- Простейшим примером подобия является геометрическое подобие фигур:
- Если стороны одной фигуры L_1, L_2, \dots, L_n умножить на коэффициент K_p , чтобы получить размеры сторон L'_1, L'_2, \dots, L'_n другой фигуры, то можно получить серию геометрически подобных плоских фигур, объединены в определенную группу. Для этих фигур коэффициент K_p называют критерием подобия.
- Все явления, входящие в одну группу с одинаковыми значениями критериев однозначности, подобны и отличаются только масштабом.



Три теоремы подобия:

- Два физических явления подобны, если они описываются одной и той же системой дифференциальных уравнений и имеют подобные (граничные) условия однозначности, и их определяющие критерии подобия численно равны.
- Если физические процессы подобны, то критерии подобия этих процессов равны между собой.
- Уравнения, описывающие физические процессы, могут быть выражены дифференциальной связью между критериями подобия.



Теоретическое описание подобных явлений

- Любое дифференциальное уравнение описывает широкую группу подобных и неподобных явлений. Это же уравнение с одинаковыми граничными условиями и критериями подобия описывает подобную группу явлений. В безразмерном виде и дифференциальные уравнения и граничные условия имеют одинаковый вид, отличаются лишь значениями безразмерных коэффициентов (являющихся критериями подобия) при членах математических выражений. Решение отыскивается в виде зависимости результата исследования от этих безразмерных коэффициентов, критериев подобия. Если уравнение и граничные условия не записаны в безразмерном виде, то решение будет применимо лишь для анализа частного случая, для ряда подобных явлений.



Графическое изображение результатов эксперимента

- При обработке результатов измерений и наблюдений широко используют методы графического изображения. Графическое изображение дает наиболее наглядное представление о результатах экспериментов, позволяет лучше понять физическую сущность исследуемого процесса, выявить общий характер функциональной зависимости изучаемых переменных величин, установить наличие максимума или минимума функции.
- Для графического изображения результатов измерений (наблюдений), как правило, применяют систему прямоугольных координат. Прежде чем строить график, необходимо знать ход (течение) исследуемого явления. Качественные закономерности и форма графика экспериментатору ориентировочно известны из теоретических исследований.



Графическое изображение результатов эксперимента

- Точки на графике необходимо соединять плавной линией так, чтобы они по возможности ближе проходили ко всем экспериментальным точкам. Если соединить точки прямыми отрезками, то получим ломаную кривую. Она характеризует изменение функции по данным эксперимента. Обычно функции имеют плавный характер. Поэтому при графическом изображении результатов измерений следует проводить между точками плавные кривые.
- Резкое искривление графика объясняется погрешностями измерений.



Графическое изображение результатов эксперимента

- При графическом изображении результатов экспериментов большую роль играет выбор системы координат или координатной сетки.
- Координатные сетки бывают **равномерными и неравномерными**. У равномерных координатных сеток ординаты и абсциссы имеют равномерную шкалу. Например, в системе прямоугольных координат длина откладываемых единичных отрезков на обеих осях одинаковая.



Графическое изображение результатов эксперимента

- Из неравномерных координатных сеток наиболее распространены полулогарифмические, логарифмические, вероятностные.
- Полулогарифмическая сетка имеет равномерную ординату и логарифмическую абсциссу.
- Логарифмическая координатная сетка имеет обе оси логарифмические; вероятностная — ординату, обычно равномерную, и абсциссу — вероятностную шкалу.
- Назначение неравномерных сеток разное. Чаще их применяют для более наглядного изображения функций. Так, многие криволинейные функции спрямляют на логарифмических сетках. Вероятностная сетка применяется в различных случаях: при обработке измерений для оценки их точности, при определении расчетных характеристик



Графическое изображение результатов эксперимента

Большое значение имеет выбор масштаба графика, что связано с размерами чертежа и соответственно с точностью снимаемых, с него значений величин. Известно, что чем крупнее масштаб, тем выше точность снимаемых значений. Однако, как правило, графики не превышают размеров 20х15 см, что является удобным при составлении отчетов.

Масштаб по координатным осям обычно применяют разный. От его выбора зависит форма графика — он может быть плоским (узким) или вытянутым (широким) вдоль оси.

Расчетные графики, имеющие максимум (минимум) функции или какой-либо сложный вид, особо тщательно необходимо вычерчивать в зонах изгиба. На таких участках количество точек для вычерчивания графика должно быть значительно больше, чем на главных участках.



ОДНОМЕРНАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ

- Мера зависимости и взаимного влияния случайных величин оценивается связью, называемой **корреляционной**. Корреляция между парой переменных называется парной. Измеряет степень линейных связей между переменными коэффициент корреляции Пирсона r . Значение коэффициента корреляции r не зависит от масштаба измерения. Коэффициенты корреляции изменяются в пределах от $-1,00$ до $+1,00$. Значение $-1,00$ означает, что переменные имеют строгую отрицательную корреляцию (при возрастании значений одной из них значения другой убывают). Значение $+1,00$ означает, что переменные имеют строгую положительную корреляцию (когда значения одной переменной возрастают, значения другой переменной также возрастают). Значение $0,00$ означает отсутствие корреляции.
- Если между независимой (входной) величиной x и зависимой (выходной) величиной y имеется или предполагается корреляционная связь, то ее можно оценить и исследовать с помощью методов регрессионного анализа.



ОДНОМЕРНАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ

Регрессия – это когда массив данных описывается какой-то математической кривой. Когда строится зависимость, то все влияние всех несущественных параметров отбрасывается. Сложная зависимость сводится к более простой.

Рассмотрим линейную регрессию от одного параметра. Пусть для произвольного фиксированного значения x получено несколько значений y переменных в пределах областей их определений. При статистической обработке экспериментальных данных предполагается, что зависимость выхода y входных факторов x линейна и имеет вид:

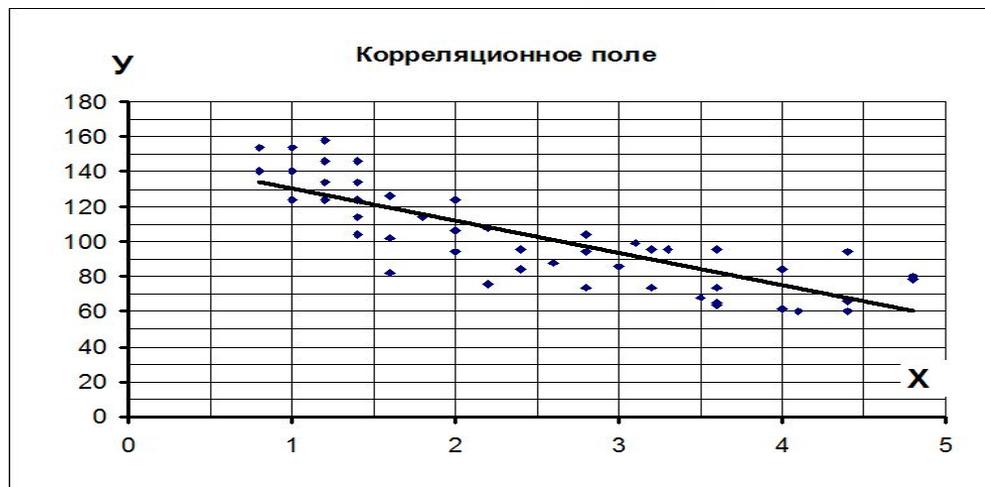
$$y = b_0 + b_1x.$$

В этом уравнении коэффициенты регрессии (или *B-коэффициенты*) представляют независимые вклады каждой независимой переменной в зависимую переменную. Однако, их значения не сравнимы, поскольку зависят от единиц измерения и диапазонов измерения соответствующих переменных.



Диаграмма рассеяния

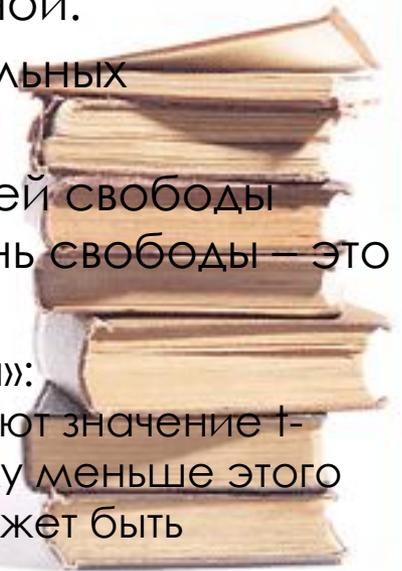
- Диаграмма рассеяния визуализирует зависимость между двумя переменными x и y . Данные изображаются точками в двумерном пространстве, где оси соответствуют переменным x – горизонтальной, а y – вертикальной оси. Проведенная прямая называется прямой регрессии или прямой, построенной методом наименьших квадратов. Последний термин связан с тем, что сумма квадратов расстояний (вычисленная по оси y) от наблюдаемых точек до прямой является минимальной из всех возможных.



- Одним из самых эффективных методов регрессии считается сплайн-регрессия – между соседними точками строятся отрезки степенной функции (кубическая сплайн-регрессия, полиномы от 2-й до N-й степени, сплайн бывает параболическим).

Критерии Фишера и Стьюдента

- **Значимость коэффициентов уравнения регрессии проверяется по показателям t-статистики и F-значения Фишера.**
- Содержательный смысл F-критерия Фишера в общих словах: это критерий для оценки значимости различия дисперсий двух случайных выборок. Для этого вычисляется F-статистика, равная $F = D_1/D_2$, где D_1 – большая дисперсия, D_2 – меньшая дисперсия. Если полученное значение F-статистики больше критического для определенного уровня значимости и числа факторов, то регрессия признаётся статистически недостоверной.
- t-статистика позволяет проверить значимость отдельных переменных моделей.
- Она определяется в зависимости от числа степеней свободы уравнения и уровня значимости уравнения. Степень свободы – это число наблюдений выборки минус 2.
- По таблице «Критические значения t-критерия Стьюдента»: [http://psystat.at.ua/Articles/Table t Student.pdf](http://psystat.at.ua/Articles/Table%20t%20Student.pdf) определяют значение t-статистики. Если какая-то переменная имеет t-статистику меньше этого показателя (по модулю), то этот фактор не значим, и может быть исключён из модели.



Аппроксимация

- Аппроксимация – описание массива данных какой-либо известной формулой, которая ставит целью определение численных коэффициентов. Главное отличие аппроксимации от регрессии – то, что формула имеет какой-то физический смысл, по полученным коэффициентам можно судить о протекающих внутри чего-либо процессах.
- Способы аппроксимации:
 1. Графический способ – самый старый – строится график функции и его сравнивают с набором заранее построенных кривых, шаблонов. Недостаток этого метода – субъективность, поэтому все построения нужно проводить с использованием специальных компьютерных программ.
 2. Способы приведения сложных кривых к линейному виду:
 - Пример: способ функциональных шкал (вместо y на шкале ставится $\ln(y)$ или a/y (a – коэффициент)). Функциональные шкалы используют для того, чтобы привести зависимость сложного вида к линейному виду.
 3. Аналитические методы:
 - Пример: компьютерный подбор; в MathCAD – «Регрессия общего вида». Заключается в том, что в ЭВМ вводится массив исходных данных – координаты экспериментальных точек по x и по y , и аналитическая зависимость (формула с неизвестными коэффициентами). Компьютер путём подбора неизвестных коэффициентов пытается наиболее точно описать массив исходных данных.



