



## Управление научными исследованиями и разработками

# Тема 5. Эксперименты и разработки в ходе исследования

Будрина Елена Викторовна, д.э.н, профессор  
Научный руководитель ОП «Инновационное предпринимательство»  
[boudrina@mail.ru](mailto:boudrina@mail.ru)

# Основы теории эксперимента



**Эксперимент** образовано от греческого слова: ἐμπειρία; латинского слова: experientia — проба.

**Эксперимент** — это метод научного познания, при помощи которого исследуются явления реально-предметной действительности в определённых (заданных), воспроизводимых условиях путём их контролируемого изменения.

В отличие от такого научного метода как **наблюдение**, которое является основой эксперимента), **эксперимент** осуществляется на основе теории и **выбранного метода**, и требует постановки задач исследования и интерпретации его результатов.

## **СУЩНОСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТА**

В эксперименте **исследователь активно вмешивается** в протекание изучаемого процесса с целью получить о нём определённые знания. Исследуемое явление наблюдается здесь в специально создаваемых и контролируемых условиях, **что позволяет воспроизводить ход явления при повторении сходных условий**. **Создав искусственную систему**, далее становится возможно осознанно (а иногда и неосознанно, случайно) влиять на неё путём перегруппировки её элементов, их элиминирования или замены другими элементами. Наблюдая за изменяющимися следствиями **можно раскрыть причинную взаимосвязь между элементами и выявить новые свойства и закономерности изучаемых явлений**. В ходе эксперимента исследователь контролирует и воспроизводит условия, в которых изучается объект, искусственно изменяет эти условия, варьирует их. **В этом заключается одно из важных преимуществ эксперимента по сравнению с наблюдением**. Изменяя условия взаимодействия, исследователь получает возможности для обнаружения скрытых свойств и связей объекта. Для контроля и изменения условий используются приборы, которые являются оборудованием воздействия наблюдателя на объект

**Экспериментальные методы** широко используются как в **науке**, так и в **промышленности**, однако нередко с весьма различными целями.

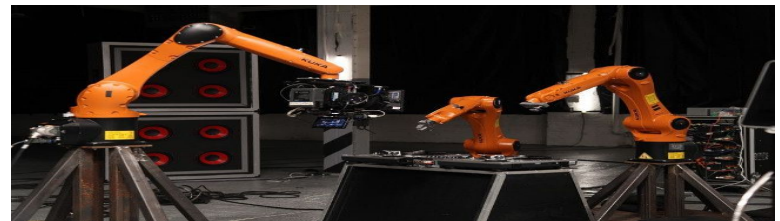
Обычно **основная цель научного исследования** состоит в том, чтобы показать статистическую значимость эффекта воздействия определенного фактора на изучаемую зависимую переменную

Если в **научных экспериментах** методы дисперсионного анализа используются **для выяснения реальной природы взаимодействий**, проявляющейся во взаимодействии факторов высших порядков, то **в промышленности учет эффектов взаимодействия факторов часто считается излишним в ходе**

в  
ф



В условиях **промышленного эксперимента** основная цель обычно заключается в **извлечении максимального количества объективной информации о влиянии изучаемых факторов на производственный процесс** с помощью наименьшего числа дорогостоящих наблюдений

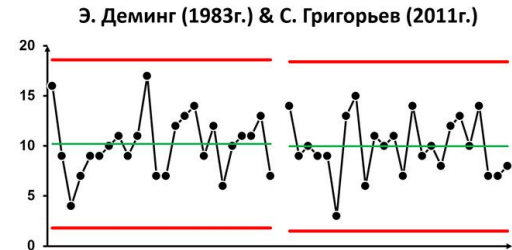


# В чем различие методов научного и промышленного эксперимента?

Существенное различие методов, применяемых в науке и промышленности. Если просмотреть классические учебники по дисперсионному анализу в науке, например, монографии Винера (1962) или Кеппеля (1982), то обнаружится, что в них, в основном, обсуждаются планы с количеством факторов не более пяти.

Основное внимание в данных рассуждениях сосредоточено на выборе общезначимых и устойчивых критериев значимости.

Однако если обратиться к стандартным учебникам по экспериментам в промышленности (например, Бокс, Хантер и Хантер (1978); Бокс и Дрейпер (1987); Мейсон, Ганс и Гесс (1989); Тагучи (1987)), то окажется, что в них обсуждаются, в основном, многофакторные планы, в которых нельзя оценить эффекты взаимодействия, и основное внимание сосредоточивается на получении несмещенных оценок главных эффектов (или, реже, взаимодействий второго порядка) с использованием наименьшего числа наблюдений.



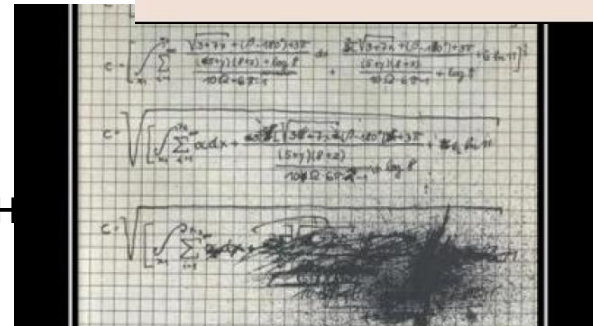
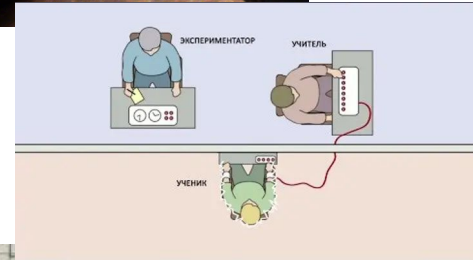
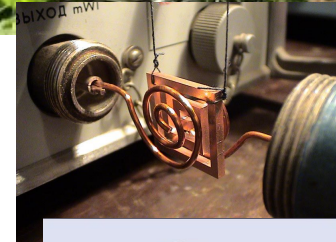
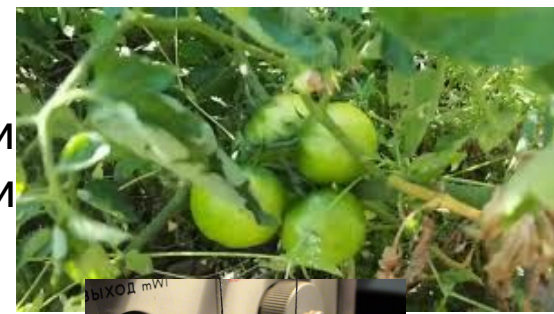
Это сравнение можно продолжить, но после того как вы получите более подробную информацию о планировании промышленных экспериментов, различия станут еще более очевидны.

# Виды

В сфере фундаментальных исследований простейший тип эксперимента — **качественный эксперимент**, имеющий целью установить наличие или отсутствие явления, предполагаемого научной теорией.

Более сложен **измерительный эксперимент**, выявляющий количественную определённость какого-либо свойства объекта. Нередко главной задачей эксперимента служит проверка **гипотез** научной теории, имеющих принципиальное значение (так называемый **решающий эксперимент**).

**Мысленный эксперимент** - относится к области теоретического знания и представляет собой систему мысленных, практически не осуществимых процедур, проводимых над идеальными объектами. Будучи теоретическими моделями реальных ситуаций, мысленные эксперименты проводятся в целях выяснения согласованности основных принципов теории.



# Виды

## эксперимента



В области прикладных исследований применяются все указанные виды эксперимента. Их задача — проверка конкретных теоретических моделей. Для прикладных наук специфичен **модельный эксперимент**, который ставится на материальных моделях, воспроизводящих существо, черты исследуемой природной ситуации или технического устройства. Он тесно связан с **производственным экспериментом**. Для обработки результатов указанных экспериментов применяются методы математической статистики, специальная отрасль которой исследует принципы анализа и планирования эксперимента.

# Планирование и организация эксперимента

Основные логико-практические элементы экспериментальной процедуры следующие:

- Постановка вопроса и выдвижение предположительного ответа.
- Создание экспериментальной установки, обеспечивающей необходимые исследователю условия взаимодействия изучаемого объекта.
- Контролируемое видоизменение этих условий.
- Фиксация следствий и установление причин.
- Описание нового явления и его свойств.



Вычислительный эксперимент



# Эксперимент и измерительные шкалы

- Эксперименты бывают вычислительные и физические, активные и пассивные. При пассивном эксперименте события фиксируются на входе и выходе системы, а при активном эксперименте мы воздействуем на некоторые входные параметры системы.
- *Измерение* (шкала) – это алгоритмическая операция, которая данному наблюдаемому состоянию объекта, явления, процесса ставит в соответствие определенное значение: число, номер, символ.
- Для каждого эксперимента наблюдатель создает шкалу измерения, опираясь на известные принципы и виды шкал или формируя синтетическую, собственную
- На примере измерительных шкал можно проследить явление, характерное для всех языков: начиная с универсального, но малоинформативного языка, можно, включая, присоединяя к нему дополнительную информацию, получать все более и более информативные языки, вплоть до наиболее математизированного.
- <https://ru.coursera.org/lecture/statistics-for-humanities/izmieritel-nyie-shkal-y-dt1S3>

# Шкала

**Шкала наименований** (номинальная, классификационная). Простейшей моделью разнообразия является классификация. Она и положена в основу шкалы наименований. Измерение в этой шкале состоит в том, чтобы, произведя наблюдение классификационных признаков объекта, определить, к какому классу он относится, и записать это с помощью символа, обозначающего данный класс. **Фамилии, диагноз заболевания, номера домов, автомобилей, игроков спортивных команд, названия цветов, адреса и т.д. — примеры наблюдений в номинальной шкале.**

Поскольку единственным отношением, определяющим шкалу, является отношение эквивалентности (объект либо принадлежит к данному классу, либо нет), то единственной допустимой операцией над данными в этой шкале является проверка на совпадение.

Сравнивать между собой данные в номинальной шкале, полученные разными исследователями, можно, только если они пользовались одинаковым разбиением на классы (число классов и границы между ними должны совпадать). Отличаться могут лишь наименования классов и порядок их перечисления, как не нарушающие природной структуры данных.

# Шкала порядковая

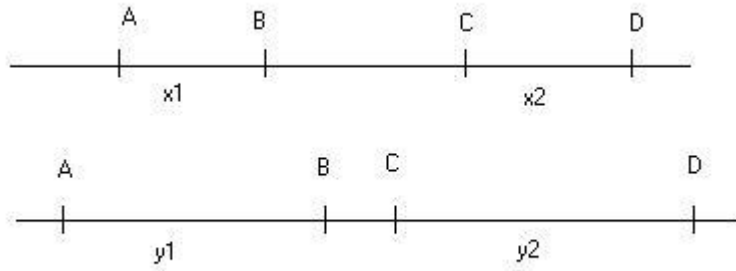
**Шкала порядковая (ординальная, ранговая).** Если ввести между классами номинальной шкалы дополнительное отношение порядка (предпочтения), получится новая, усиленная в информационном смысле шкала, называемая порядковой или ординальной.

**Примерами наблюдений**, регистрируемых в порядковой шкале, являются: армейские и чиновничьи звания, школьные оценки, магнитуда землетрясений (шкала Рихтера), твердость минералов (шкала Мооса), сила ветра (шкала Бофорта), призовые места в соревнованиях. **Допустимое преобразование** теперь дополняется операцией проверки предпочтения. **Разновидностями предпочтений** являются упорядочивание при наличии стандартных опорных образцов (например, шкала Мооса основана на десяти конкретных минералах разной твердости), при нечетко заданных образцах (шкала силы ветра, школьные оценки), при отсутствии образцов (спортивные соревнования, музыкальные конкурсы). **Кроме шкал совершенного порядка**, однозначно определяющих предпочтения (нумерация очередности, воинские звания и т.п.), существуют **шкалы квазипорядка**, когда некоторые элементы упорядоченного ряда неразличимы, а также **шкалы частичного порядка**, когда имеются несравнимые между собой пары классов. В порядковых шкалах не существует понятия расстояния между классами, поэтому любые преобразования, сохраняющие порядок («монотонные») не влияют на информативность данных.

# Порядковая шкала Черчмена и Акоффа

**В социологических исследованиях** часто оказывается полезным и возможным предложить опрашиваемому не только упорядочить заданный перечень альтернатив, но и указать хотя бы грубо силу предпочтения. Это позволяет при достаточно жестких требованиях к весовым коэффициентам перевести измерения в разряд более сильных шкал, нежели шкала порядка.

## Шкала интервалов



появляется, если упорядочивание объектов можно выполнить настолько точно, что известны расстояния между двумя любыми объектами. Шкала интервалов единственна с точностью до линейных преобразований. Это означает, что равные интервалы измеряются одинаковыми по длине отрезками шкалы, где бы они на ней не располагались (рисунок).

# ШКАЛА ЦИКЛИЧЕСКАЯ (ПЕРИОДИЧЕСКАЯ, РАЗНОСТЕЙ)

-специальный вид интервальной шкалы, который характерен тем, что она замкнута на себя, т.е. после прохождения определенного периода ее значения повторяются.

**Примерами являются:** угловые Шкала циклическая, направления из одной точки (шкала компаса, роза ветров), время суток (циферблат часов), фаза периодических колебаний (в градусах или радианах), географическая долгота (в градусах).

**Все сказанное об интервальной шкале относится и к циклической.**

Чтобы не возникло недоразумений, отметим, что **сложение часов — не сложение самих временных отметок (что является недопустимой операцией), а сложение временных интервалов, т.е. вторичная**

**обработка.** Надо еще помнить об условности начала отсчета (например, при переходе на зимнее время, при пересечении линии смены дат и т.п.).

Данную шкалу еще называют шкалой разностей, так как она инвариантна к сдвигу на интервал, называемый периодом шкалы.

## Шкала отношений

Введение еще одного определяющего отношения придает дополнительное усиление измерениям. Потребуем, чтобы не только отношения величин одного интервала в разных шкалах были константой, где бы этот интервал ни находился, что характерно для шкалы интервалов, **но чтобы и отношения значений одной и той же величины, измеряемой в разных шкалах, тоже были константой, какое бы место эта величина ни занимала в реальности.** Получаемая шкала именуется шкалой отношений. При этом, хотя единица измерений остается произвольной, нулевая отметка становится абсолютной, несдвигаемой. **Примерами величин, природа которых соответствует шкале отношений, являются: длина (измеримая в см, футах, аршинах, км и т.д.); вес (кг, фунты, пуды, тонны и т.д.); объем (м<sup>3</sup>, баррели, литры и т.д.); деньги (рубли, доллары, евро, йены и т.д.).** Данные в шкале отношений в еще большей степени становятся числами: в первичной обработке с ними имеют смысл любые арифметические операции, то же можно делать и во вторичной.

# Абсолютная шкала

Абсолютная шкала. Предыдущие «числовые» шкалы (интервальная и отношений) имели степени свободы: интервальная — две (произвольный ноль и единицу), отношений — одну (фиксированный, несдвигаемый ноль и произвольную единицу). Характерно, что «числовые» возможности данных в этих шкалах были ограничены: в интервальной шкале — операцией разности, в шкале отношений — арифметическими операциями.

Рассмотрим такую шкалу, которая имеет и абсолютный ноль, и абсолютную единицу. Эта шкала не имеет степеней свободы, она единственна, уникальна. Именно такими качествами обладает числовая ось, которую естественно назвать абсолютной шкалой. Важная отличительная особенность абсолютной шкалы состоит в том, что значения данных в ней не имеют размерности, наименований, ее единица абсолютна («штука»). Это придает данным в этой шкале особый статус (в английском языке их называют *pure numbers* — чистые числа) — с ними можно производить такие операции, которые недопустимы с поименованными числами. Их можно употреблять в качестве показателя степени, основания логарифма, над ними допустимы любые тригонометрические и другие трансцендентные преобразования.

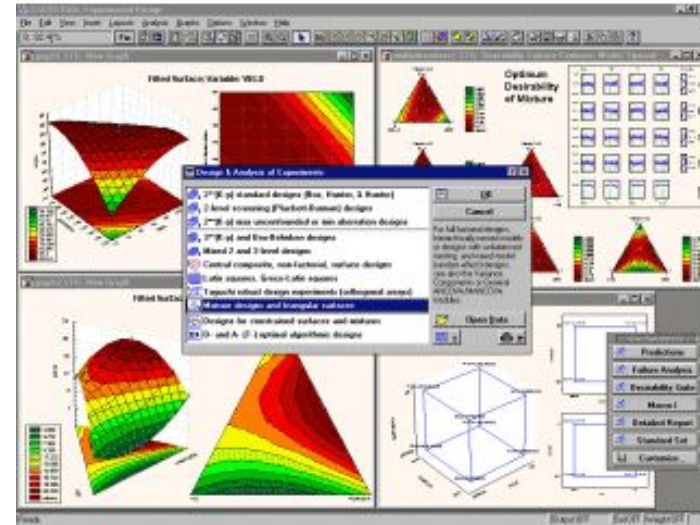
Обсужденные выше шесть измерительных шкал не исчерпывают многообразия языков, на которых можно говорить о разнообразии реальности. Но они являются базовыми: остальные шкалы — производные от них, учитывающие некие сторонние, побочные, специфические условия.

До сих пор речь шла о шкалах, основанных на четкой классификации: элемент либо принадлежал к классу, либо нет. Реальная жизнь приводит к необходимости рассмотрения случаев, когда требования

# Анализ результатов эксперимента - это

**анализ резко отклоняющихся значений.**

Практически в каждом эксперименте среди опытных данных **содержится некоторое число точек**, существенно отклоняющихся от общей закономерности. Часть этих точек или даже все они могут быть **ошибочными**, и их следует **отбросить**, чтобы они не могли исказить результатов эксперимента и повлиять на окончательные выводы. **Следует, однако, иметь в виду, что при отбрасывании таких выпадающих из общей закономерности точек существует риск исключить верные данные и потерять важные результаты, поскольку отклонение опытных точек может быть обусловлено физической природой явления**





# Обработка результатов исследований

Широкое развитие аналитических методов анализа и синтеза механизмов эксперимента, применение современной вычислительной техники, стандартизация программ значительно расширили возможности конструктора и позволили автоматизировать многие стадии проектирования.

Однако в начале проектирования при разработке **методики проведения эксперимента**, **предварительном контроле результатов моделирования** и **натурного эксперимента** в ряде случаев удобно применять *приближенные способы расчета*.

Эти способы обычно основаны на выделении **основных критериев** качества механизмов и на использовании заранее рассчитанных или экспериментальных данных и зависимостей, представленных **в виде таблиц и графиков**. Простота и доступность таких методов способствуют их применению в тех случаях, когда из-за недостаточной изученности ряда условий работы данного механизма к точности его расчета не предъявляется высоких требований.

# Ошибки измерений (погрешности)

**Погрешность измерений** — это отклонение значений величины, найденной путем ее измерения, от истинного (действительного) значения измеряемой величины.

**Погрешность прибора** — это разность между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины.

Разница между погрешностью измерения и погрешностью прибора заключается в том, что погрешность прибора связана с определенными условиями его поверки.

Погрешность может быть абсолютной и относительной.

**Абсолютной** называют погрешность измерения, выраженную в тех же единицах, что и измеряемая величина.

**Относительная** погрешность измерения представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины и выражается в процентах или долях измеряемой величины. В зависимости от условий измерения погрешности подразделяются на статические и динамические.

**Статической** называют погрешность, не зависящую от скорости изменения измеряемой величины во времени.

**Динамической** называют погрешность, зависящую от скорости изменения измеряемой величины во времени. Возникновение динамической погрешности обусловлено инерционностью элементов измерительной цепи средства измерений. Динамической погрешностью средства измерений является разность между погрешностью средства измерений в динамических условиях и его статической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени.

## **Подготовка отчета по результатам эксперимента, определение надежности выводов**

Отчет по результатам экспериментальной деятельности должен быть:

- ✓ Реалистичным
- ✓ Графичным
- ✓ Доказательным
- ✓ Лаконичным
- ✓ Емким
- ✓ Убедительным

**Ну, прямо как моя презентация!!!!**

**Спасибо за внимание!**

**Подробности в следующий раз!**

ул. Чайковского 11/2, ауд. 320а

[boudrina@mail.ru](mailto:boudrina@mail.ru)

IT'sMO *re than a*  
UNIVERSITY