

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА
С.П.КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

В. Р. Каргин

Методология научных исследований

Лекция № 5. Экспериментальные методы исследований

Презентация лекционного курса

САМАРА
2011



Автор: **Каргин Владимир Родионович**

Каргин, В. Р. Методология научных исследований. Лекция № 5. Экспериментальные методы исследований [Электронный ресурс] : презентация лекционного курса / В. Р. Каргин; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (3,22 Мбайт). - Самара, 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

В данной презентации подробно рассмотрены методы проведения эксперимента, их классификация, методы измерения и способы графического отображения данных.

Презентация предназначена для магистров, обучающихся по направлению 150400.68 «Металлургия» по дисциплине «Методология научных исследований» на 1 семестре.

Подготовлена на кафедре обработки металлов давлением.

Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

Тема: «Экспериментальные методы исследований»

Вопросы

1. Классификации экспериментальных исследований
2. Методология эксперимента

Классификация экспериментальных исследований

Эксперимент является наиболее важной частью научных исследований.

Само слово эксперимент происходит от лат. experimentum – проба, опыт.

В научном языке и исследовательской работе термин «эксперимент» обычно используется в значении – общем для целого ряда сопряженных понятий: опыт, целенаправленное наблюдение, воспроизведение объекта познания, организация особых условий его существования, проверка предсказания.

Классификация экспериментальных исследований

Основной целью эксперимента является выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Постановка и организация эксперимента определяется его значением.

Эксперименты, которые проводятся в различных отраслях науки, являются отраслевыми и имеют соответствующие названия: химические, биологические, физические, психологические, социальные и т.п.

Классификация экспериментальных исследований

Эксперименты

Признаки и классификация

По формированию условий

1. Естественные
2. Искусственные

По цели исследования

1. Изменение
2. Констатация
3. Контроль
4. Поиск
5. Решение

По организации проведения

1. Лабораторные
2. Натуральные
3. Полевые
4. Производственные
5. Другие

По изучаемым объектам и явлениям

1. Простые
2. Сложные

Классификация экспериментальных исследований

Они различаются:

- По способу формирования условий (естественный и искусственный)
- По целям исследования (преобразующие, констатирующие, контролирующие, поисковые, решающие)
- По организации проведения (лабораторные, натурные, полевые, производственные и т.п.)
- По структуре изучаемых объектов и явлений (простые, сложные)
- По характеру внешних воздействий на объект исследования (вещественные, энергетические, информационные)

Классификация экспериментальных исследований

- По характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования (обычный и модельный)
- По типу моделей, исследуемых в эксперименте (материальный и мысленный)
- По контролируемым величинам (пассивный и активный)
- По числу варьируемых факторов (однофакторный и много факторный)
- По характеру изучаемых объектов или явлений (технологический, социометрический) и т.п.

Классификация экспериментальных исследований

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

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

Классификация экспериментальных исследований

Лабораторный эксперимент проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стенов, оборудования и т.д. Чаще всего в лабораторном эксперименте изучается не сам объект, а его образец. Этот эксперимент позволяет доброкачественно, с требуемой повторяемостью изучить влияние одних характеристик при варьировании других, получить хорошую научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов. Однако такой эксперимент не всегда полностью моделирует реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурного эксперимента.

Классификация экспериментальных исследований

Решающий эксперимент ставится для проверки справедливости основных положений фундаментальных теорий в том случае, когда две или несколько гипотез одинаково согласуются со многими явлениями. Это согласие приводит к затруднению, какую именно из гипотез считать правильной. Решающий эксперимент дает такие факты, которые согласуются с одной из гипотез и противоречат другой.

Примером решающего эксперимента служит спор между Птолемеем и Коперником о движении Земли. Решающий опыт Фуко с маятником окончательно решил спор в пользу теории Коперника.

Классификация экспериментальных исследований

Контролирующий эксперимент сводится к контролю за результатами внешних воздействий на объект исследований с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

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

Преобразующий (созидательный) эксперимент включает активное изменение структуры и функции объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и другими объектами.

Классификация экспериментальных исследований

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

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

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

Классификация экспериментальных исследований

В сложном эксперименте изучаются явления или объекты с разветвленной структурой (можно выделить иерархический уровни) и большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции.

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

Классификация экспериментальных исследований

Вещественный эксперимент предполагает изучение влияния различных вещественных факторов на состояние объекта исследования. Например, влияние различных добавок на качество стали и т.п.

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

Обычный (или классический) эксперимент включает экспериментатора как познающего субъекта и объект или предмет экспериментального исследования, а также средства (инструменты, приборы, экспериментальные установки), при помощи которых осуществляется эксперимент.

Классификация экспериментальных исследований

Модельный эксперимент в отличие от обычного имеет дело с моделью исследуемого объекта. Модель входит в состав экспериментальной установки.

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

Пассивный эксперимент предусматривает измерение только выбранных показателей (параметров, переменных) в результате наблюдения за объектом без искусственного вмешательства в его функционирование.

Активный эксперимент связан с выбором факторов и контролирует вход и выход исследуемой системы.

Классификация экспериментальных исследований

Однофакторный эксперимент предполагает поочередное варьирование интересующих исследователя факторов.

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

Технологический эксперимент направлен на изучение элементов технологического процесса.

Социометрический эксперимент используется для измерения существующих межличностных социально – психологических отношений в малых группах.

Классификация экспериментальных исследований

Перед каждым экспериментом составляется его план (программа), который включает:

- Цель и задачи эксперимента
- Выбор варьируемых факторов
- Обоснование объема эксперимента, числа опытов
- Порядок реализации опытов
- Определение последовательности изменения факторов
- Выбор шага изменения факторов, задание интервала между будущими экспериментальными точками
- Обоснование средств измерений
- Описание проведения эксперимента
- Обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента

Методология эксперимента.

Методология эксперимента – это общая структура эксперимента, т.е. постановка и последовательность выполнения эксперимента.

Она включает в себя следующие этапы:

- разработка плана программы эксперимента
- оценка измерений и выбор средств для проведения эксперимента
- проведение эксперимента
- обработка и анализ экспериментальных данных

Методология эксперимента.

План программы эксперимента включает наименование темы исследования; рабочую гипотезу, методика эксперимента, перечень необходимых материалов, приборов, установок; список исполнителей, календарный план и смету.

Методика эксперимента - это система приемов или способов для последовательного, наиболее эффективного осуществление эксперимента.

Методика включает в себя:

- Цель и задачи эксперимента
- Выбор варьируемых факторов
- Обоснование средств и потребности кол-во измерений
- Описание проведение эксперимента
- Обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента

Методология эксперимента.

Чтобы производить эксперимент в наиболее короткий срок и с наименьшими затратами, получая при этом достоверную информацию, необходимо планирование. Этого можно достигнуть, следуя при планировании определенным правилам, которые учитывают вероятностный характер результатов измерений и наличие внешних помех, воздействующих на изучаемый объект.

При планировании все факторы, определяющие процесс, изменяются одновременно по специальным правилам, а результаты эксперимента представляются в виде математической модели, обладающей некоторыми статистическими свойствами.

Методология эксперимента.

Матрица планирования многофакторного эксперимента

Но- мер опыта	Кодированные значения факторов				Комбинации взаимодей- ствия факторов				Результаты опытов		
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	Y ₁	Y ₂	\bar{Y}
1.	+	-	-	-	+	+	+	-	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₁
2.	+	+	-	-	-	-	+	+	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₂
3.	+	-	+	-	-	+	-	+	Y ₁₃	Y ₂₃	Y ₃
4.	+	+	+	-	+	-	-	-	Y ₁₄	Y ₂₄	Y ₄
5.	+	-	-	+	+	-	-	+	Y ₁₅	Y ₂₅	Y ₅
6.	+	+	-	+	-	+	-	-	Y ₁₆	Y ₂₆	Y ₆
7.	+	-	+	+	-	-	+	-	Y ₁₇	Y ₂₇	Y ₇
8.	+	+	+	+	+	+	+	+	Y ₁₈	Y ₂₈	Y ₈

Математическая модель

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3$$

Методология эксперимента.

Выделяют несколько этапов планирования:

- Сбор и анализ априорной информации
- Выбор входных и выходных переменных, области экспериментирования (области изменения переменных)
- Выбор математической модели, с помощью которой будут – представляться экспериментальные данные
- Выбор критерия оптимальности и плана эксперимента
- Определение метода анализа данных
- Проведение эксперимента
- Проверка статистических предпосылок для получения экспериментальных данных
- Обработка результатов
- Интерпретация и рекомендации

Методология эксперимента.

Метрология – это наука об изменениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой мощности.

Измерения – процесс нахождения какой-либо физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Измерения подразделяют на прямые и косвенные. При прямых – искомую величину устанавливают непосредственно из опытов. При косвенных – функционально от других величин, определяемых прямыми измерениями (например, плотность тела – через массу и объем).

Методология эксперимента.

Различают абсолютные и относительные измерения.

Абсолютные – это прямые измерения в единицах измеряемой величины.

Относительные – измерения, представленные отношением измеряемой величины к одноименной величине, принимаемой за сравниваемую.

Различают три класса измерений: особоточные, высокоточные и технические.



Методология эксперимента.

Точность измерений – это степень приближения измерения к действительному значению измеряемой величины.

Погрешность измерения – это алгебраическая разность между действительным значением и полученным при измерении.

Потребное минимальное количество измерений – это такое количество, которое обеспечивает устойчивое среднее значение измеряемой величины, удовлетворяемое заданной степенью точностью.

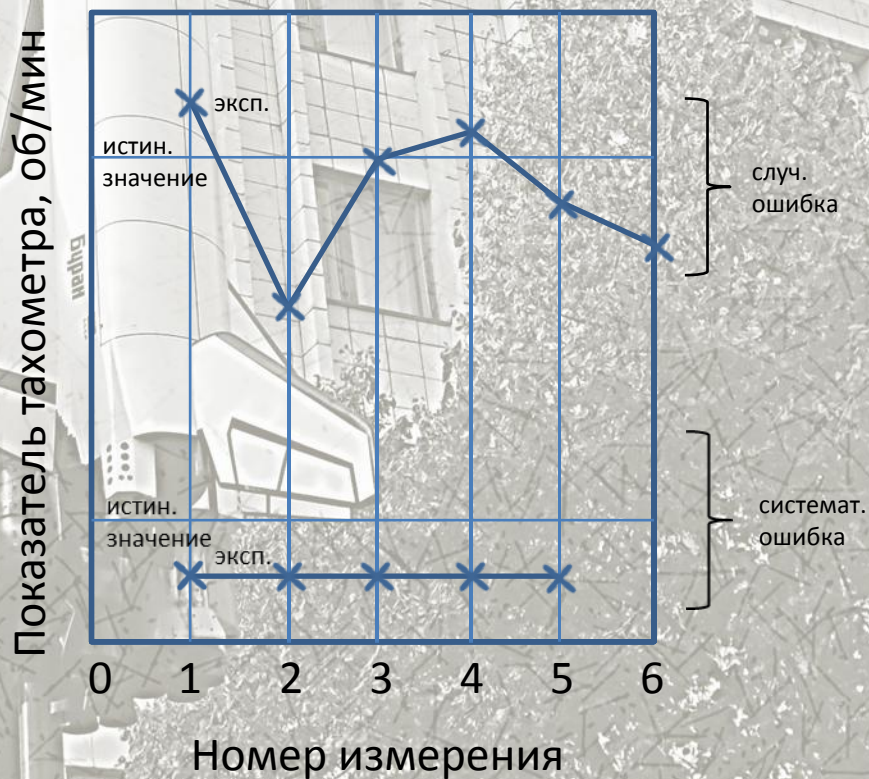
Методология эксперимента.

Виды измерений, ошибки и погрешность



Методология эксперимента.

Различие между случайной и систематической ошибками



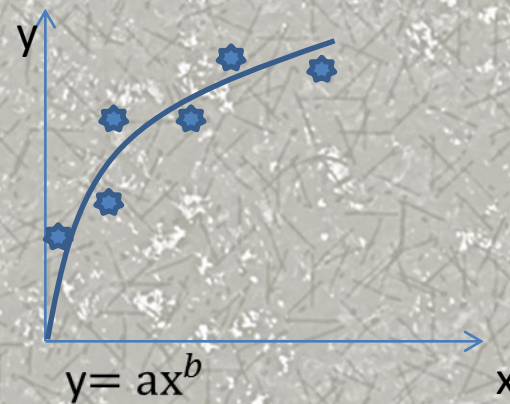
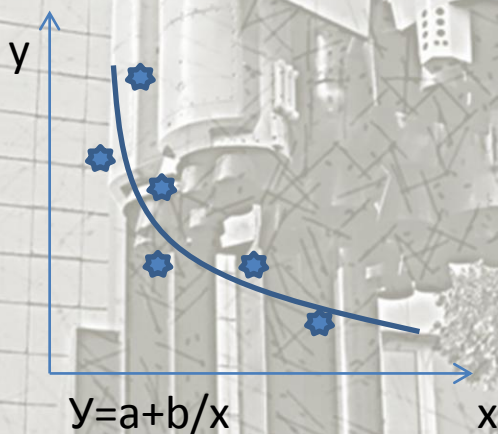
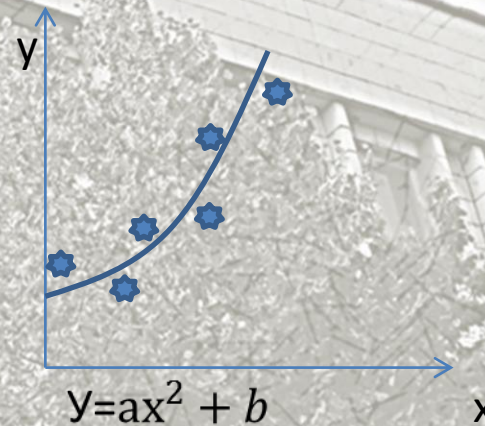
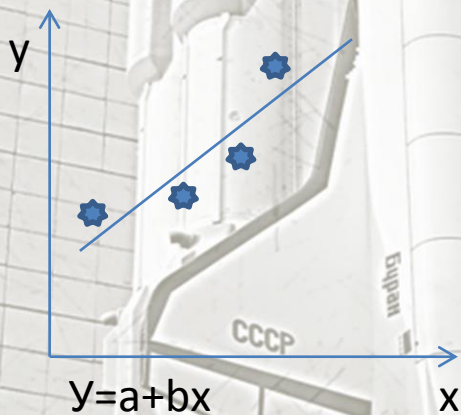
Методология эксперимента.

Для графического изображения результатов измерений применяют систему прямоугольных координат. Обычно функции имеют плавный характер. Точки на графике необходимо соединять плавной линией так, чтобы она по возможности проходила ближе ко всем экспериментальным точкам.



Методология эксперимента.

Подбор эмпирических формул(аппроксимация).



Методология эксперимента.

Метод наименьших квадратов.

По методу наименьших квадратов (МНК), разработанному Гауссом более 170 лет назад, требуется, чтобы сумма квадратов разностей между значениями искомой величины, определёнными по найденной формуле, и экспериментальными ее значениями были минимальной

$$\sum_{i=1}^n (Y_{эi} - Y_i)^2 \rightarrow \min.$$

Для уравнения прямой вида $Y_i = a \cdot X_i$ по методу наименьших квадратов

$$\sum_{i=1}^n (Y_{эi} - Y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_{эi} - aX_i)^2 \rightarrow \min$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{эi} - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n X_i^2}$$

Методология эксперимента.

Средства измерений – это совокупность технических средств, используемых при измерении и имеющих нормированные метрологические характеристики. Они являются неотъемлемой частью эксперимента и дают всю необходимую информацию. К средствам измерений относят измерительные инструменты, приборы и установки.

Измерительные средства делят на образцовые и технические.

По характеру участия в процессе измерения все средства можно разделить на меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные системы.