

**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ**

**Кафедра естественных, социально-экономических и  
общетехнических дисциплин**

**Авторский коллектив:  
к.т.н. Борисов Ю.А., д.т.н. Леонович А.А., Сабитов Р.А.**

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

(Курс лекций, 4 семестр, 36 часов)

Волжск  
2012

### Аннотация:

Излагаются общие положения и вопросы организации науки, развитие личных качеств будущего исследователя. Рассматривается планирование эксперимента и оценка неопределенностей в экспериментальной работе. Особое внимание уделяется способам обработки данных и многофакторному математическому планированию эксперимента. Рассматривается методология научных исследований, поиск, накопление и обработка научной информации, патентные исследования, требования к написанию, оформлению и защите научных работ студентами, а также особенности подготовки и защиты ими дипломных работ. Основная литература, использованная при подготовке лекций: 1. Леонович А.А. Основы научных исследований в химической переработке древесины: Лекции для студентов специальностей 0903, 0904, 0905/ ЛТА; Ленинград, 1982. - 55с. 2. Сабитов Р.А. Основы научных исследований: Учеб. пособие / Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002. -138 с. Материалы переработаны и дополнены.

Содержание	стр.
Введение.	4
<b>Лекция №1 (2 часа)</b>	4
Наука. Основные понятия.	4
<b>Лекция №2 (2 часа)</b>	6
Организационная структура науки.	6
Качества исследователя .	8
<b>Лекция №3 (4 часа)</b>	10
Методология научных исследований.	10
Общенаучная и философская методология. Сущность, общие принципы.	11
Научная информация: поиск, накопление и обработка.	12
<b>Лекция №4 (2 часа)</b>	15
Научные издания.	15
Работа с источниками информации.	17

Органы научно-технической информации.	17
Каталоги и картотеки.	18
<b>Лекция №5 (2часа)</b>	19
Патентные исследования.	19
Интеллектуальная собственность и ее защита.	21
<b>Лекция №6 (4часа)</b>	22
Эксперимент.	22
Основные определения.	23
Погрешность эксперимента.	25
<b>Лекция №7 (4часа)</b>	28
План эксперимента.	28
Обработка результатов исследования.	28
Статическая обработка экспериментальных данных.	29
<b>Лекция №8 (2часа)</b>	33
Использование статистических расчетов в практических задачах.	33
Проверка статистических гипотез.	35
<b>Лекция №9 (4часа)</b>	36
Линейная корреляция.	37
Графическое представление данных.	39
Использование пакета действующих программ.	44
<b>Лекция №10 (4часа)</b>	44
Нахождение эмпирических уравнений.	44
Планирование факторных экспериментов.	47
<b>Лекция №11 (2часа)</b>	49
Полный двухфакторный эксперимент.	49
Расчет крутого восхождения.	52
<b>Лекция №12 (2часа)</b>	53
Эффективность научных исследований.	53
Общие требования к научно-исследовательской работе и её оформлению.	58
<b>Лекция №13(2часа)</b>	61
Требования к написанию, оформлению и защите научных работ студентов.	61
Особенности подготовки и защиты дипломных работ.	63
Литература.	65
Принятые обозначения.	66
Приложения.	67
<b>Приложение 1 (Таблицы).</b>	67
<b>Приложение 2 (Выборка из статьи / А. Мигдал).</b>	70
<b>Приложение 3 (Харламов Кирилл /«Софизмы» в готовом виде).</b>	73

## Введение

В настоящее время большое значение придается развитию творческих способностей будущих специалистов, формированию у них высокой культуры научного мышления и умения самостоятельно ориентироваться в новой научно-технической информации. В этих целях необходимо улучшить изложение вопросов, связанных с методологией научно-исследовательской, научно-информационной, опытно-конструкторской, инженерной и других видов деятельности.

В настоящем конспекте лекций излагаются отдельные вопросы по основам научных исследований.

### Лекция №1(2 часа)

#### НАУКА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.

На протяжении тысячелетий человечество возводило величественное здание науки. Развитие человеческого общества - это создание, прежде всего, новых знаний. Для правильного понимания процесса развития науки большое значение имеет изучение истории науки, тенденций ее развития, ее связей с историей общества. История науки воскрешает перед нами захватывающую картину проникновения человеческого гения в тайны мироздания, величайшие проявления человеческого интеллекта и примеры борьбы во имя истины.

Различают три этапа. Предыстория научной эры связана с неорганизованным накоплением научных знаний, основанном на наблюдениях и размышлениях. Научный эксперимент как таковой восходит к опытам Галилея по замедлению свободного падения наклонной плоскостью. С этого началась новая эра в науке - эра великих экспериментов, результаты которых должны быть воспроизводимы, а устанавливаемые законы базировались только на надежно установленных фактах. Позже скажут, что наука спустилась с небес на землю по наклонной плоскости Галилея.

Второй этап датируется созданием машин и относится к возникновению собственно науки и началу использования ее в производственных целях. Наука дифференцируется. Физика, химия, математика, биология приобретают самостоятельное значение.

До XVII века никакой науки не было, т. к. не было **научного метода познания**. Движущими силами развития науки являются социальный заказ и внутренняя логика. Наука вырабатывает, теоретически обобщает и систематизирует знания о действительности, окружающем мире, открывает законы, исследует и объясняет процессы и явления. Однако она следует за производством, получает наиболее интенсивное развитие тогда, когда возникает конкретная потребность производства.

Третий этап относится к XX веку. Наука оказывается впереди производства, играет определяющую роль. Она воздействует на общество через новую технику, технологию, планирование и управление. Научно-техническую революцию

характеризует качественное преобразование современных производительных сил на основе постепенного превращения науки в непосредственную производительную силу. Наука пронизывает все элементы материального производства. Научные идеи реализуются на практике, внедрение научных открытий и изобретений в настоящее время - это важнейший участок, позволяющий вывести все отрасли хозяйства на передовые рубежи.

По масштабу вовлеченных людских и материальных ресурсов наука вполне сравнима с передовыми отраслями промышленности. Среднегодовая численность превышает 4 миллиона человек, а расходы на науку составляют 4,5% национального дохода страны. Наука представляет собой и духовное явление (как одна из форм общественного сознания), и материальное явление, поскольку является непосредственной производительной силой.

### **Основные понятия**

Науку характеризует следующая система определений:

1. Наука есть система знаний о законах функционирования и развития объектов.
2. Наука всегда фиксируется в максимально определенном (для каждого уровня) языке.
3. Наука представляет знание, эмпирически проверяемое и подтверждаемое.
4. Наука представляет систему возрастающих, использующихся знаний.
5. Наука обладает составом, в который входит: предмет (совокупность проблем и задач, решаемых наукой), теория и 'гипотеза, метод, факт (описание эмпирического материала).

Науки подразделяют на общественные и естественные. Общественные науки изучают различные стороны и области жизни человеческого общества (история, политэкономия, языкознание и др.). Естественные науки изучают различные стороны и области материальной действительности (химия, физика, биология и др) Из последних выделяются технические науки, которые направлены на решение конкретных технических проблем.

Среди других общих понятий, относящихся к научной деятельности, отметим «исследование и разработку». Исследование представляет собой систематическое и углубленное изучение, направленное на более полное познание изучаемого предмета, а разработка - использование этого знания, направленное на производство полезных материалов, способов, устройств или процессов. Другими словами, раз посредством исследовательской работы познаны определенные факты, принципы, то они должны быть разработаны таким образом, чтобы приносить реальную пользу.

Между фундаментальными исследованиями и промышленным производством лежит область взаимосвязанных друг с другом стадий. В развернутом виде это можно выразить формулой движения научного труда:

ФИ - ПИ - Р - Пр - С - Ос - ПП ),

где ФИ - фундаментальное исследование;

ПИ - прикладное исследование;

Р - разработка ;

Пр - проектирование ;

- С - строительство нового объекта;
- Ос - освоение, (пуско-наладочные работы);
- ПП - промышленное производство.

Признаками любой научной работы являются ее новизна и оригинальность, вероятностный характер и риск, доказательность научных сведений. Она охватывает творческую деятельность, направленную на получение, систематизацию и переработку новых, оригинальных, доказательных сведений и информации для воплощения полученных знаний в техническом, технологическом или организационном применении. По мере приближения к стадии освоения необходимо все чаще пользоваться типовыми решениями, стандартами, шаблонами.

Наука развивается, опираясь на ранее полученные знания. Движение ее происходит по спирали от менее точных к более точным знаниям, от истин первого порядка к истинам второго порядка и т. д.

Результат познания фиксируется в научной теории. Она построена из высказываний по принципу выводимости. Цель создаваемой теории заключается, прежде всего, в том, чтобы понять все уже известные факты. В этом проявляется решающая роль практики в развитии теоретического мышления и науки вообще. Затем от теории требуется «способность вытягивать шею», то есть делать определенные утверждения, предсказания по получению новых результатов, допускающие проверку путем эксперимента или наблюдений. Как только теория выдерживает эту проверку, перед ней возникает очередная задача - сделать следующее предсказание, и открываются все новые и новые способы проверки. Так развивается теория, либо обнаруживается на какой-то стадии ее несостоятельность. Поскольку существует область эмпирического знания, адекватно описываемого этой теорией, то отрицание ее должно носить диалектический характер.

Теория должна фиксироваться в максимально определенном языке, содержать определенные положения и быть жесткой. Химическая или физическая теория является научной постольку, поскольку она может быть опровергнута. Если же в теории отсутствует определенность, и она может быть приспособлена к любым новым фактам, то такая теория представляет собой всего лишь жалкую игру слов. Пробным камнем науки является вовсе не то, разумна теория или нет. Решающим обстоятельством является ответ на вопрос: работает теория или не работает.

Таким образом, научная теория объясняет надежно установленные факты, не противоречит другим работающим теориям, предсказывает возможность получения новых результатов, указывает путь развития по 'закону внутренней логики. Достоверность теории выше достоверности отдельного опыта, она отсеивает шум, ошибки, случайности, в результате изучаемое явление предстает ясным, определенным. Действительно,

*Сотри случайные черты — И ты увидишь: мир прекрасен.*

*(А. Блок).*

## **Лекция № 2(2часа)**

### **Организационная структура науки**

В нашей стране наука организована таким образом, чтобы плодотворно и эффективно решать теоретические и практические задачи на каждом этапе развития общества. Основными критериями развития науки и техники являются развитие

производительных сил страны, укрепление могущества государства и рост материального и культурного уровня народа.

Общее руководство научно-технической деятельностью в стране осуществляет правительство РФ. Оно утверждает основные направления развития науки и техники, государственные планы научно-исследовательских работ и использования достижений науки и техники в народном хозяйстве страны. Межотраслевым органом управления является Государственный комитет по науке и технике, который обеспечивает проведение единой государственной политики в области научно-технического прогресса, разрабатывает предложения основных направлениях развития науки и техники в стране, научно-технические прогнозы по важнейшим проблемам, утверждает координационные планы по решению основных научно-технических проблем.

Академия наук РФ подчинена непосредственно правительству РФ и является общегосударственным центром разработки научной политики в области естественных и общественных наук.

Непосредственно исследования и разработки ведутся в академических научных институтах, научно-исследовательских, конструкторских, проектно-конструкторских и технологических институтах, в высших учебных заведениях, на крупных промышленных предприятиях.

Целью деятельности научных учреждений является получение новых научных результатов, создание экономичных, прогрессивных изделий и технологических процессов, их быстрейшее освоение в народном хозяйстве.

В научно-исследовательской работе вузов активно принимают участие аспиранты и студенты. Основная цель научно-исследовательской работы студентов (НИРС), сочетающаяся с повышением общего объема научной работы в вузе, состоит в формировании творческой личности. С помощью НИРС развиваются у них творческие способности, интенсифицируется учебный процесс превращением участия студентов в исследованиях в способ обучения, повышается индивидуализация процесса обучения благодаря тесному контакту студентов с преподавателями и сотрудниками в рамках творческих групп, вырабатываются навыки работы на установках и современных приборах, в том числе и на ЭВМ. Около 15% выпускников ежегодно вовлекаются в сферу науки. По отдельным специальностям эта цифра значительно больше.

Для решения важных теоретических и практических проблем в вузах созданы проблемные научно-исследовательские лаборатории, которые содержатся за счет государственного бюджета. Кроме того, имеются отраслевые лаборатории, финансируемые той или иной отраслью. Наибольший объем исследовательских работ выполняется по хозяйственным договорам с отраслевыми министерствами, предприятиями и научно-производственными объединениями.

Необходимо отметить, что задачи развития науки тесно связаны с подготовкой кадров для науки. Основной формой подготовки является аспирантура. Для оценки квалификации соискатель ученой степени подготавливает и публично защищает диссертацию. Вопросы аттестации кадров высшей квалификации являются компетенцией Высшей аттестационной комиссии РФ (ВАК РФ). К научным

работникам относятся все лица, имеющие ученую степень или ученое звание, а также лица, занимающие должности научных сотрудников. В нашей стране присваиваются две **ученые степени - кандидат наук и доктор наук**. Установлены следующие **ученые звания: ассистент, младший и старший научный сотрудник, доцент, профессор, член - корреспондент и академик АН РФ**.

### **Качества исследователя**

Наука давно перестала быть уделом талантливых одиночек. Решение актуальных задач, глобальных проблем под силу мощным коллективам, научным школам. Научная школа — творческий коллектив, формирующийся при крупном ученом с целью коллективной разработки определенной научной идеи, связанный общностью принципов и методических приемов, обеспечивающий создание оригинального научного направления.

Однако, в науке нет и не может быть обезлички, как и в любой другой творческой деятельности. Истинное признание в науке за чужой счет невозможно. Каждый, кто надеется на успех, должен помнить бессмертные слова Маркса о том, что «в науке нет широкой столбовой дороги, и только тот достигнет ее сияющих вершин, кто, не страшась усталости, карабкается по ее каменистым тропам».

Очень важно выявить способности к научным исследованиям и качества, которые определяют возможность успешной работы в науке. Создание смены всегда волновало настоящих ученых.

Академик Г. И. Марчук, рассуждая о том, как должно происходить формирование молодых людей, входящих в науку, выделяет, прежде всего, необходимость воспринять социальный, научный, технический и духовный потенциал общества, подготовленный трудом предыдущих поколений. Правильно подготовить специалиста к выполнению задач - это значит сэкономить, время на поиск новых путей решения проблем, встающих перед обществом. Тем более, что новое, непривычное, более легко может воспринять только человек, не обремененный уже устоявшимися традициями, штампами. И действительно, Бор, Ньютон, Эйнштейн, Галуа и многие другие получили свои важнейшие результаты, когда им еще не было и 30 лет.

Важно и другое. В молодости в ходе обучения и самостоятельной работы создается фундамент, который определяет качество специалиста на всю жизнь. Минимизировать усилия на обучение, бездумно выполнять учебные задания, формально исполнять служебные обязанности в первые годы работы - это значит упустить время на самосовершенствование, на развитие способностей. Иные жизненные навыки получают развитие, иные профессиональные приемы и методы составят сущность деятельности, но как киплингский Маугли, выросший в стае волков, «проскочил» этап в своем развитии и не смог стать человеком, так и студент-верхогляд никогда не станет настоящим ученым. Поверхностный подход к познанию закрывает путь к творчеству.

Будущему исследователю необходимо развивать такие качества, как память и наблюдательность. Необходима постоянная тренировка памяти, чтобы располагать наиболее существенной информацией по проблеме, без чего невозможно обеспечить логику анализа, нельзя плодотворно дискутировать, работать. Наблюдательность -



это развитая способность замечать и акцентировать внимание на всех деталях изучаемых процессов и явлений, выступающих порой в неявном виде, .

Приведем пример. Галилей много раз наблюдал, как раскачивается светильник в соборе. Сквозняки могли заставить колебаться светильник с различной амплитудой, но ему казалось, что период их колебаний остается постоянным. Как это проверить? Требовался какой-то эталон времени, а часов с секундной стрелкой тогда не было, Галилей воспользовался биением своего сердца. И он оказался прав: период был постоянным. Так было открыто свойство изохронности маятника.

Эта история демонстрирует сразу несколько качеств ученого. Во-первых, его наблюдательность и способность понять значение ничем не примечательного явления. Во-вторых, его особенность постоянно размышлять над проблемами своей науки. В-третьих, изобретательность ученого в отыскании средств решения задачи.

Научный работник должен обладать творческим воображением, Именно воображение предопределяет научный результат, когда фактический материал еще далек от того, чтобы служить основанием для строгого доказательства конкретных выводов. Воображение, опирающееся на широкий кругозор, на способность к аналогиям и ассоциациям, определяет возможность научного предвидения, позволяет выбрать оригинальное направление научного поиска.

Материализация идей и догадок зависит от способности исследователя к самостоятельности суждений. Самостоятельность творческого мышления может, по мнению академика П. Л. Капицы, развиваться в следующих основных направлениях: умение научно обобщить - индукция ; умение применять теоретические выводы для предсказания течения процессов на практике - дедукция; и, наконец, выявление противоречий между теоретическими обобщениями и процессами, реально протекающими в изучаемом объекте - диалектика .

Ценным является способность к дивергентному, или, попросту говоря, гибкому мышлению, способность видеть один и тот же предмет в различных, порою неожиданных аспектах, способность видеть его включенным в различные ситуации. Шутливой иллюстрацией служит ответ Марка Твена маленькой девочке на вопрос, любит ли он получать книги в подарок ко дню рождения. «Видишь ли, милая,— отвечал юморист, - тут все зависит от того, какую мне дарят книгу. Если у нее, например, кожаный корешок, то на нем неплохо править бритву. Если она тонкая, ее удобно подложить под ножку шатающегося стола. Старинную тяжелую книгу хорошо швырнуть в приставшую собаку, ну а большая книга вроде географического атласа прекрасная заплатка вместо разбитого оконного стекла».

Научному работнику необходимо знание формальной логики. Парадоксы служат побудительными мотивами творчества, но не софизмы (см. Приложение 3). Еще отмечу два профессиональных качества, которые необходимо развивать работнику науки - умение выступать и умение писать. Новые научные идеи и результаты публикуются и обсуждаются. Они рецензируются на достоверность и отстаиваются иногда в бурных принципиальных дискуссиях. Выступающий должен абстрагироваться от деталей, от побочных ассоциаций, которые только затрудняют восприятие, и выделить главный стержень, главный результат, полученный в работе. В умении дать ясную трактовку сложным теоретическим построениям, вскрыть причину противоречивости экспериментальных данных, строго и просто изложить

основной аспект проблемы,— именно в таком умении находит свое проявление интеллект ученого.

Великий И. П. Павлов в письме к молодежи, посвятившей себя науке, прежде всего, желал последовательности, сдержанности и терпения. Второе - это скромность. «Не давайте гордыне овладеть вами. Из-за нее вы будете упорствовать там, где нужно согласиться, из-за нее вы утратите меру объективности. Третье - это страсть. Большого напряжения и великой страсти требует наука от человека».

Интересны мысли члена - корреспондента АН СССР М.В. Волькенштейн об ученых: «Ученый - это человек, занимающийся научной работой, чьи мировоззрение и психология определяются его жизненной задачей, состоящей в раскрытии тайн природы, в нахождении гармонии в окружающем мире. Психология ученого специфична. Он мало восприимчив к утверждениям декларативного характера. Ученый может быть честен или нечестен, но во втором случае он обычно сознательно нечестен, ибо ему свойственно анализировать свои поступки. Трусость, эгоизм, зависть и злоба встречаются в ученом мире. Но *«Гений и злодейство — Две вещи несовместимые. (А.С.Пушкин)»*.

Моральная деградация неизбежно сопровождается деградацией ума и таланта, *Понятие «ученый» в принципе предполагает высокие человеческие качества, так как истинная наука честна, светла и чиста. Ученый - это, прежде всего, патриот.* Он живет интересами своей страны, служит народу. «С точки зрения службы науки народу, - писал академик С. И. Вавилов, - никогда не следует забывать, что ее цель - возможно большая помощь государству и обществу». Достижения науки в настоящем техногенном обществе легко демонстрируются условиями жизни людей в современных благоустроенных квартирах. Сравните с жизнью людей всего лишь 200 лет назад по А.С.Пушкину: «В избушке, распевая, дева прядёт, и, зимних друг ночей, трещит лучина перед ней». Экономические затраты на науку невелики. Одна только паровая машина дала обществу такую экономическую прибыль, сколько общество не израсходовало на науку за всё время своего существования.

### Лекция № 3 (4 часа)

#### Методология научных исследований

Самым важным в методологии научных исследований является разработанный вначале развития науки (XVII век) мощный **научный метод познания**, до разработки которого никакой науки не было. Сущность научного метода познания можно выразить формулой: **Наблюдение — теория — эксперимент** — и снова все сначала — такова бесконечная, уходящая ввысь спираль, по которой движутся люди в поисках истины. В научном методе познания также существуют следующие **принципы**: принцип объективности, принцип открытости новому и принцип соответствия. **Принцип объективности** утверждает независимость результатов исследований от того, кто проводил эксперименты, результаты должны быть воспроизводимы и повторяемы независимыми опытами других исследователей. **Принцип открытости новому** устанавливает возможность для исследователя публикации результатов своей работы, даже в том случае если эти результаты противоречат общепринятым взглядам. В последующем, если эти результаты не получают подтверждения, они будут отбракованы самой наукой (другими

исследованиями). В науке существует **принцип соответствия**, согласно которому новая теория должна переходить в старую в тех условиях, для которых эта старая теория была установлена. Хорошо проверенные законы и соотношения остаются неизменными и после нового значительного открытия или научной революции. Радиоастрономия совершила переворот в астрофизике, позволив обнаружить радиогалактики, пульсары, реликтовое излучение, но фундаментальные закономерности физики не изменились (см. **Приложение 2**).

**Методология** в широком смысле слова представляет собой систему принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности, а также - учение об этой системе. Существует другое определение методологии как «учения о методе научного познания и преобразования мира». Методология науки дает характеристику компонентов научного исследования, его объекта, предмета, задач, совокупности средств, необходимых для решения задач исследования, а также формирует представление о последовательности действий исследователя в процессе решения задачи. Методологическое знание может выступать либо в описательной форме, либо в нормативной, т.е. в форме прямых указаний к конкретной научной деятельности. В таком виде методология прямо направлена на реализацию деятельности.

Различают 4 уровня методологии:

- Философская методология - общие принципы познания.
- Общенаучная методология (содержательные общенаучные концепции).
- Конкретно-научная методология (совокупность методов, принципов исследования и процедур, применяемых в той или иной научной дисциплине).
- Методология данного конкретного исследования - методика и техника исследования, набор процедур, обеспечивающих получение эмпирического материала, его первичную обработку.

Метод или по-другому путь исследования представляет собой способы достижения определенной цели, совокупность приемов и операций практического или теоретического освоения действительности. К методам эмпирического уровня относят: наблюдение, описание, сравнение, измерение, анкетный опрос, собеседование, тестирование, эксперимент, моделирование и т.д.

К методам теоретического уровня причисляют аксиоматический, гипотетический (гипотетико-дедуктивный), формализацию, абстрагирование, общелогические методы (анализ, синтез, индукцию, дедукцию, аналогию) и другие.

**Способ** - это действие или система действий, применяемые при исполнении какой-либо работы, при осуществлении чего-либо.

**Методику** можно определить как совокупность способов и приемов познания. Любое научное исследование осуществляется определенными приемами и способами, по определенным правилам.

### ***Общенаучная и философская методология. Сущность, общие принципы***

Среди философских методов наиболее известными являются: диалектический и метафизический. Эти методы могут быть связаны с различными философскими системами. Для Гегеля диалектика есть «использование в науке закономерности,

заклученной в природе мышления, и в то же время сама эта закономерность». Диалектика - движение, которое лежит в основе всего. Рассмотрение изучаемых объектов и явлений в свете диалектических законов: а) единства и борьбы противоположностей; б) перехода количественных изменений в качественные; в) отрицания отрицания;

- Описывать, объяснять и прогнозировать изучаемые явления и процессы, опираясь на философские категории: общего, особенного и единичного; содержания и формы; сущности и явления; возможности и действительности; необходимого и случайного; причины и следствия.

- Относиться к объекту исследования как к объективной реальности.

- Рассматривать исследуемые предметы и явления: а) всесторонне; б) во всеобщей связи и взаимозависимости; в) в непрерывном изменении, развитии; г) конкретно-исторически.

- Проверять полученные знания на практике.

Метафизика рассматривает вещи и явления изолированно, отдельно, независимо друг от друга. Метафизическая мысль устремлена к простому, единому и целостному.

Все общенаучные методы для анализа целесообразно распределить на три группы: общелогические, теоретические и эмпирические. Общелогическими методами являются анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия.

**Анализ** - метод исследования, с помощью которого изучаемое явление или процесс мысленно расчленяются на составные элементы с целью изучения каждого в отдельности. Разновидностями анализа являются классификация и периодизация.

**Синтез** - метод исследования, предполагающий мысленное соединение составных частей или элементов изучаемого объекта, его изучение как единого целого.

Методы анализа и синтеза взаимоувязаны, их одинаково используют в научных исследованиях.

**Индукция** - это движение мысли (познания) от фактов, отдельных случаев к общему положению. Индукция приводит к всеобщим понятиям и законам, которые могут быть положены в основу дедукции.

**Дедукция** - это выведение единичного, частного из какого-либо общего положения; движение мысли (познания) от общих утверждений к утверждениям об отдельных предметах или явлениях. Посредством дедуктивных умозаключений «выводят» определенную мысль из других мыслей.

**Аналогия** - это способ получения знаний о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими; рассуждение, в котором из сходства изучаемых объектов в некоторых признаках делается заключение об их сходстве и в других признаках.

К методам теоретического уровня причисляют аксиоматический, гипотетический, формализацию, абстрагирование, ранжирование, обобщение, восхождение от абстрактного к конкретному, исторический, метод системного анализа.

В научных исследованиях широко применяется способ **абстрагирования** или **идеализации**, т. е. отвлечение от второстепенных фактов с целью сосредоточиться

на важнейших особенностях изучаемого явления. Например, использование в науке понятий «идеального газа», «материальной точки» и т. п.; в технике при исследовании работы какого-либо механизма анализируют расчетную схему, которая отображает основные, существенные свойства механизма.

В ряде случаев используют способ **формализации**. Сущность его состоит в том, что основные положения процессов и явлений представляют в виде формул и специальной символики. Путем операций с формулами искусственных языков можно получать новые формулы, доказывать истинность какого-либо положения. Формализация является основой для алгоритмизации и программирования, без которых не может обойтись компьютеризация знания и процесса исследования. Применение символов и других знакомых систем позволяет установить закономерности между изучаемыми фактами.

Гипотетический метод основан на разработке гипотезы, научного предположения, содержащего элементы новизны и оригинальности. Гипотеза должна пройти экспериментальную проверку, тем самым либо подтвердить и дать развитие существующей теории, полнее и лучше объяснить явления и процессы на её основе, либо дать развитие новой теории.

Обобщение - установление общих свойств и отношений предметов и явлений; определение общего понятия, в котором отражены существенные, основные признаки предметов или явлений данного класса. Вместе с тем обобщение может выражаться в выделении не существенных, а любых признаков предмета или явления. Этот метод научного исследования опирается на философские категории общего, особенного и единичного.

### ***Научная информация: поиск, накопление и обработка***

#### **Научная информация и ее источники**

Умственный труд в любой его форме всегда связан с поиском информации. Тот факт, что этот поиск становится сейчас все сложнее и сложнее, в доказательствах не нуждается. Усложняется сама система поиска, постепенно она превращается в специальную отрасль знаний. Знания и навыки в этой области становятся все более обязательными для любого специалиста.

Понятие подготовленности в этом отношении складывается из следующих основных элементов:

- четкого представления об общей системе **информационных ресурсов** и тех возможностях, которые дает использование информационных источников своей области;
- знания всех возможных источников информации по своей специальности;
- умения выбрать наиболее рациональную схему поиска в соответствии с его задачами и условиями;
- наличия навыков в использовании вспомогательных библиографических и информационных материалов.

Характерной чертой развития современной науки является бурный поток новых научных **данных**, получаемых в результате исследований. Ежегодно в мире издается более 500 тысяч книг по различным вопросам. Еще больше издается

журналов. Но, несмотря на это, огромное количество научной информации остается неопубликованной. Информация имеет свойство "стареть". Это объясняется появлением новой печатной и неопубликованной информации или снижением потребности в данной информации. По зарубежным данным интенсивность падения ценности информации ("старения") ориентировочно составляет 10% в день для газет, 10% в месяц для журналов и 10% в год для книг. Таким образом, отыскать новое, передовое, научное в решении данной темы — сложная задача не только для одного научного работника, но и для большого коллектива. Недостаточное использование мировой информации приводит к дублированию исследований. Количество повторно получаемых данных достигает в различных областях научно-технического творчества 60 и даже 80%. А это потери, которые в США, например, оцениваются многими миллиардами долларов ежегодно.

**Научная информация** - это получаемая в процессе познания логическая информация, которая адекватно отображает закономерности объективного мира и используется в общественно-исторической и технической практике. Из определения вытекает, что научной можно считать только ту информацию, которая удовлетворяет нескольким серьезным требованиям.

Во-первых, научная информация получается человеком в процессе познания, и, следовательно, неразрывно связана с его практической, производственной деятельностью, поскольку последняя является основой познания. Во-вторых, **научная информация** - это логическая информация, которая образуется путем обработки информации, поставляемой человеку органами чувств, при помощи абстрактно-логического мышления. Например, совокупность данных о температуре в различных точках нашей страны, не будет еще научной информацией. Информация будет научной в том случае, когда между данными будет установлена связь. При этом надо учитывать и третье условие отнесения той или иной информации к научной. Она должна адекватно отображать объективный мир. Однако выполнения этих условий не достаточно. Чтобы информация считалась научной, она должна удовлетворять еще одному, четвертому условию: она должна непременно использоваться в общественно-исторической практике. Именно поэтому к научной информации не могут быть отнесены научно-фантастические литературные произведения. Этот пример показывает, что не всякое использование информации делает ее научной.

Под «**источником** научной информации» понимается **документ**, содержащий какое-то научное сообщение, а отнюдь не библиотека или информационный орган, откуда он получен. Это часто путают. Документальные источники содержат в себе основной объем сведений, используемых в научной, преподавательской и практической деятельности, и поэтому в этом разделе речь идет именно о них. К документам относят различного рода издания, являющиеся основным источником научной информации. **Издание** - это документ, предназначенный для распространения содержащейся в нем информации, прошедший редакционно-издательскую обработку, полученный печатанием или тиснением, полиграфически самостоятельно оформленный, имеющий выходные сведения. Документы создают огромные информационные потоки, темпы которых ежегодно возрастают.

Рассмотрим, в первую очередь, те издания, из которых может быть

почерпнута необходимая для научно-исследовательской работы информация. Это **научные, учебные, справочные и информационные издания.**

## Лекция №4(2 часа)

### Научные издания

Под **научным** понимают издание, содержащее результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также научно подготовленные к публикации памятники культуры и исторические документы. Научные издания можно разделить на следующие виды: монография, автореферат, диссертации, препринт, сборник научных трудов, материалы научной конференции, тезисы докладов научной конференции, научно-популярные издания.

**Монография** - научное или научно-популярное книжное издание, содержащее полное и всестороннее исследование одной проблемы или темы, принадлежащее одному или нескольким авторам.

**Автореферат диссертации** - научное издание в виде брошюры, содержащее составленный автором реферат проведенного им исследования, предоставляемого на соискание ученой степени.

**Препринт** - научное издание, содержащее материалы предварительного характера, опубликованные до выхода в свет издания, в котором они могут быть помещены.

**Сборник научных трудов** - сборник, содержащий исследовательские материалы научных учреждений, учебных заведений или обществ.

**Тезисы докладов научной конференции** - научный неперIODический сборник, содержащий опубликованные до начала конференции материалы предварительного характера: аннотации, рефераты докладов или сообщений.

**Материалы научной конференции** - научный неперIODический сборник, содержащий итоги научной конференции (программы, доклады, рекомендации, решения).

**Научно-популярное издание** - издание, содержащее сведения о теоретических или экспериментальных исследованиях в области науки, культуры и техники, изложенные в форме, доступной читателю-неспециалисту.

#### Учебные издания

**Учебное издание** - это издание, содержащее систематизированные сведения научного или прикладного характера, изложенные в форме, удобной для изучения и преподавания, и рассчитанное на учащихся разного возраста и ступени обучения. К учебным изданиям относятся: учебник, учебное пособие, учебное наглядное пособие, учебно-методическое пособие, хрестоматия и т.д.

**Учебник** - учебное издание, содержащее систематическое изложение учебной дисциплины, ее раздела или части, соответствующее учебной программе и официально утвержденное в качестве учебника.

**Учебно-методическое пособие** - учебное издание, содержащее материалы по методике преподавания учебной дисциплины или по методике воспитания.

**Учебное пособие** - это учебное издание, дополняющее или частично заменяющее учебник и официально утвержденное в качестве учебного пособия.

**Хрестоматия** - учебное пособие, содержащее литературно-художественные,

исторические и иные произведения или отрывки из них, составляющие объект изучения учебной дисциплины.

**Учебное наглядное пособие** - учебное издание, содержащее материалы в помощь изучению, преподаванию или воспитанию.

### **Справочно-информационные издания**

Справочным называют издание, содержащее краткие сведения научного или прикладного характера, расположенные в порядке, удобном для их быстрого отыскания, не предназначенное для сплошного чтения.

**Информационное издание** - издание, содержащее систематизированные сведения об опубликованных, непубликуемых или неопубликованных документах или результат анализа и обобщения сведений, представленных в **первоисточниках**.

Информационные издания выпускаются организациями, осуществляющими научноинформационную деятельность.

Информационные издания могут быть библиографическими, реферативными, обзорными.

Библиографическое издание - библиографическое пособие, выпущенное в виде отдельного документа. По многим экономическим наукам публикуются тематические библиографические справочники.

Реферативное издание - это информационное издание, содержащее упорядоченную совокупность библиографических записей, включающих рефераты.

Издания могут быть непериодическими, периодическими и продолжающимися.

Непериодические издания - это издания, выходящие однократно и не имеющие продолжения. К ним относятся: книги, брошюры, листовки и т.д. Книга - книжное издание объемом свыше 48 страниц. Брошюра - книжное издание объемом более 4-х, но не более 48 страниц. Листовка - в издательском деле - листовое издание объемом до четырех страниц.

Периодическое издание - сериальное издание, выходящее, через определенные промежутки времени, постоянным для каждого года числом номеров (выпусков) и не повторяющимися по содержанию, однотипно оформленными нумерованными или датированными выпусками, имеющими одинаковое заглавие. К периодическим печатным изданиям - по законодательству РФ относят: газеты, журналы, бюллетени, иные издания, имеющие постоянное название, текущий номер и выходящее в свет не реже одного раза в год.

**Газета** - это периодическое газетное издание, выходящее через краткие промежутки времени, содержащее официальные материалы, оперативную информацию и статьи по актуальным общественно-политическим, научным, производственным и другим вопросам, а также литературные произведения и рекламу. Обычно газета издается в виде больших листов (полос).

**Журнал** - периодическое журнальное издание, содержащее статьи или рефераты по различным общественно-политическим, научным, производственным и другим вопросам, литературно-художественные произведения; имеющее постоянную рубрикацию, официально утвержденное в качестве журнального издания. Журнал может иметь приложения.

Бюллетень - периодическое или продолжающееся издание, выпускаемое



оперативно, содержащее краткие официальные материалы по вопросам, входящим в круг ведения выпускающей его организации. Обычно периодические бюллетени имеют постоянную рубрику. Примерами таких изданий могут служить: биржевой бюллетень (периодический орган биржи, в котором публикуются курсы ценных бумаг, биржевые цены товаров, сведения о заключенных сделках), бюллетень курсов иностранной валюты (издаваемый Центральным Банком РФ официальный документ, содержащий сведения о курсе иностранных валют по отношению к рублю), бюллетень Федерального института промышленной собственности /ФИПС/ ИЗОБРЕТЕНИЯ. ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ.

### ***Работа с источниками информации***

Приступая к поиску необходимых сведений, следует четко представлять, где их можно найти и какие возможности в этом отношении имеют те организации, которые существуют для этой цели, — библиотеки и органы научной информации.

**Библиотеки.** В первую очередь это библиотеки научные и специальные, т. е. предназначенные для обслуживания ученых, преподавателей и специалистов различного профиля. По своим возможностям они не равны, но, тем не менее, формы обслуживания читателей у них в основном одни и те же:

- справочно-библиографическое;
- читальный зал;
- абонемент;
- межбиблиотечный абонемент (обмен);
- заочный абонемент;
- изготовление ксерокопий;

Для справочно-библиографического обслуживания каждая библиотека имеет специальный отдел (бюро), в котором в дополнение к системе каталогов и картотек собраны все имеющиеся в библиотеке справочные издания, позволяющие ответить на вопросы, связанные с подбором литературы по определенной теме, уточнением фамилий авторов, названия произведения и т. д.

**Органы научно-технической информации.** Исходя из задач развития науки и практики, в соответствии с социально-экономической структурой нашего общества создана единая государственная система научно-технической информации (ГСНТИ), включающая в себя сеть специальных учреждений, предназначенных для ее сбора, обобщения и распространения. Предназначена она для обслуживания как коллективных потребителей информации — предприятий, научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, — так и индивидуальных.

В основу информационной деятельности в нашей стране положен принцип централизованной обработки научных документов, позволяющий с наименьшими затратами достигнуть полного охвата мировых источников информации и наиболее квалифицированно их обобщить и систематизировать. В результате этой обработки подготавливаются различные формы информационных изданий.

Реферативные журналы (РЖ) — основное информационное издание, содержащее преимущественно рефераты, иногда аннотации и библиографические описания литературы, представляющей наибольший интерес для науки и практики.

Бюллетени сигнальной информации (БСИ) — включают в себя

библиографические описания литературы, выходящей по определенным отраслям знаний. Основная их задача — оперативное информирование обо всех научных и технических новинках.

Экспресс-информация (ЭИ) — информационные издания, содержащие расширенные рефераты статей, описаний изобретений и других публикаций, позволяющих не обращаться к первоисточнику.

Аналитические обзоры (АО) — информационные издания, дающие представление о состоянии и тенденциях развития определенной области (раздела, проблемы) науки или техники.

Реферативные обзоры (РО) — в целом преследуют ту же цель, что и аналитические, но в отличие от них носят более описательный характер, без оценки содержащихся в обзоре сведений.

Большая часть этих изданий распространяется по индивидуальной подписке. Просмотрев информационные материалы, каждый специалист может заказать копии заинтересовавших его публикаций.

Непосредственную помощь специалистам в поиске информации оказывают отделы (бюро) научной информации в научно-исследовательских и проектных институтах и на предприятиях.

### **Каталоги и картотеки**

Каталоги и картотеки — это принадлежность любой библиотеки и справочно-информационных фондов бюро научной информации. Под *каталогом* понимается перечень документальных источников информации, имеющих в фонде данной библиотеки или бюро НТИ. *Картотека* — перечень всех материалов, выявленных по какой-то определенной тематике. Их, как правило, несколько, и речь обычно идет не просто о каталогах и картотеках, а о системе каталогов и картотек, где они взаимосвязаны и взаимно дополняют друг друга.

Создается, по крайней мере, два вида каталогов, один из которых *алфавитный*, а другой, группирующий литературу по содержанию, — *систематический*, или *предметный*. Чтобы правильно пользоваться каталогами, совершенно необходимо знать общие принципы их построения. Кроме того, надо постараться разобраться в их системе в той библиотеке, в которой предстоит работать. В общем, составленные по единой схеме, все они тем не менее имеют свои особенности. Для того чтобы осмысленно пользоваться систематическими каталогами, нужно иметь представление о принципах построения этих классификаций.

### **Универсальная десятичная классификация (УДК).**

В основу этой международной классификации положен десятичный принцип, в соответствии с которым вся совокупность знаний и направлений деятельности условно разделена в таблицах УДК на десять отделов. Каждый из отделов подразделяется на десять подотделов, те в свою очередь на десять подразделений и т. д. При этом каждое понятие получает свой цифровой индекс. Теоретически такое деление можно производить бесконечно, образуя индексы для более узких вопросов.

Универсальная десятичная система служит основой для библиографических и реферативных изданий по естественным наукам и технике для организации

систематических каталогов научно-технических библиотек. Не предусматривается ее применение в каталогах универсальных библиотек и библиотек гуманитарного профиля.

### Лекция №5(2 часа)

#### Патентные исследования.

#### Техническое и интеллектуальное творчество и его правовая охрана

##### *Изобретения, полезные модели, промышленные образцы и их правовая охрана*

Как известно, **научно-технический прогресс** является движущей силой современного общества. Одними из основных составляющих научно-технического прогресса являются такие понятия, как "изобретения", "полезные модели", "промышленные образцы". Все хорошо понимают, что наличие новых устройств и изделий, защищенных патентами, напрямую связано с экономической прибылью предприятия-патентообладателя, а также иногда сама торговля патентами приносит сверхприбыли. Таким образом, анализ всей ситуации, сопутствующей появлению и функционированию новшества, способствует созданию новых изобретений и правильному позиционированию уже имеющихся разработок.

Согласно Российскому законодательству осуществление государственной политики в сфере правовой охраны изобретений, полезных моделей и промышленных образцов возлагается на федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности (**Роспатент**).

Под **патентом** понимают документ, выдаваемый компетентным государственным органом на определенный срок и удостоверяющий авторство и исключительное право на изобретение, наделяющий владельца титулом собственника на изобретение. Патент защищает владельца от внутренних и зарубежных конкурентов и действует на территории той страны, где он выдан. Обычно патент подкрепляется регистрацией **товарного знака** или промышленного образца. Патент удостоверяет приоритет, авторство изобретения, полезной модели или промышленного образца и исключительное право на изобретение, полезную модель или промышленный образец. Патент на изобретение действует до истечения двадцати лет от даты подачи заявки в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности. Патент на полезную модель действует до истечения пяти лет от даты подачи, на промышленный образец - до истечения десяти лет.

**Патентоспособность** - это наличие у технического решения всех критериев изобретения в соответствии с законодательством каждой отдельно взятой страны.

В соответствии с Патентным законом РФ в качестве **изобретения** охраняется техническое решение в любой области, относящееся к продукту (в частности, устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств). Изобретению предоставляется правовая охрана, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо.

В качестве **полезной модели** охраняется техническое решение, относящееся к устройству. Полезная модель признается соответствующей условиям

патентоспособности, если она является новой и промышленно применимой. Новизна определяется совокупностью ее существенных признаков, не известных из уровня техники. Полезная модель является промышленно применимой, если она может быть использована в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности.

В качестве **промышленного образца** охраняется художественно-конструкторское решение изделия промышленного или кустарно-ремесленного производства, определяющее его внешний вид. Промышленный образец должен обладать новизной и оригинальностью.

**Автором изобретения** (полезной модели, промышленного образца) является физическое лицо, творческим трудом которого они созданы. Если в создании изобретения, полезной модели или промышленного образца участвовало несколько физических лиц, все они считаются его авторами. Порядок пользования правами, принадлежащими авторам, определяется соглашением между ними. Не признаются авторами физические лица, не внесшие личного творческого вклада в создание объекта промышленной собственности, оказавшие автору (авторам) только техническую, организационную или материальную помощь либо только способствовавшие оформлению прав на него и его использованию. Право авторства является неотчуждаемым личным правом и охраняется бессрочно.

Итак, согласно российскому законодательству патент выдается:

- автору изобретения, полезной модели или промышленного образца;
- работодателю в случаях, предусмотренных Патентным законом РФ.

Патентообладатель - юридическое и (или) физическое лицо, которому принадлежит

исключительное право на использование охраняемых патентом изобретения. Патентообладателю принадлежит исключительное право на изобретение, полезную модель или промышленный образец. Никто не имеет права использовать запатентованное изобретение, полезную модель или промышленный образец без разрешения патентообладателя. Патент на изобретение, полезную модель, промышленный образец и право на его получение переходят по наследству. За нарушение Патентного законодательства РФ наступает гражданско-правовая, административная или уголовная ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

### ***Особенности патентных исследований***

Количество запатентованных объектов практически напрямую связано с получаемой прибылью и, в конечном счете, с процветанием предприятия. Патентные исследования являются тем самым инструментом, с помощью которого менеджеры высшего звена предприятия могут оценивать текущую ситуацию и прогнозировать развитие ситуации вокруг научно-технических новшеств. Проведение патентных исследований, с одной стороны, позволяет реально оценивать патентоспособность разрабатываемых объектов техники, и с другой стороны, предотвратить нарушение чужих прав, сохранив патентную чистоту объекта.

Патентные исследования проводятся высокопрофессиональными специалистами-патентоведами в тесном взаимодействии с инженерно-техническим

персоналом фирм- разработчиков объекта техники. Именно патентные исследования являются мощным маркетинговым инструментом, способным в условиях современного рынка периода информационной революции предотвратить повторение уже созданных независимо другими разработчиками новшеств, а также направить творческую активность изобретателей на создание действительно совершенно новых объектов. Особенно это важно для предприятий, работающих на рынках высоких технологий и ориентированных на зарубежные рынки.

Немаловажным аспектом является исследование возможности свободного использования изобретений, что важно для таких отраслей промышленности, в развитии которых необходим мощный рывок вперед, и которые пока не в состоянии самостоятельно конкурировать с ведущими мировыми производителями в своей области рынка.

Итак, под патентными исследованиями понимают исследования технического уровня и тенденций развития объектов техники (ОТ), их патентоспособности и патентной чистоты на основе **патентной информации** и патентно-ассоциируемой литературы. Патентная чистота - юридическое свойство технического объекта, заключающееся в том, что он может быть свободно использован в определенной стране без опасности нарушения действующих на территории этой страны патентов, принадлежащих третьим лицам. Все виды работ по патентным исследованиям по содержательной направленности объединяются в 4 группы:

1. Анализ тенденций и перспектив развития техники, исследование мирового и национального научно-технического уровня в соответствующих отраслях техники;
2. Исследование новизны технических решений, заявляемых или не заявляемых в качестве изобретений и промышленных образцов;
3. Исследование патентной чистоты объекта техники;
4. Исследование патентно-лицензионной ситуации при определении целесообразности патентования и продажи лицензий, а так же операций по экспорту.

Патентные исследования позволяют на основе анализа описания изобретений определить требования потребителей к продукции данного вида, выявить фирмы конкуренты и фирмы - потенциальные партнеры.

Важную роль играют патентные исследования в рекламе конкурентоспособности продукции формирования стоимостных факторов. Поэтому патентные исследования играют важную роль в процессе разработки и постановки продукции на производство.

Результаты патентных исследований оформляются в виде отчета, справки о поиске.

Порядок проведения патентных исследований определяет ГОСТ 15.011-82.

По окончании поиска необходимо заполнить итоговый документ - "Справка о поиске".

### ***Интеллектуальная собственность и ее защита***

**Интеллектуальная собственность** - это собственность на результаты интеллектуальной деятельности, интеллектуальный продукт, входящий в совокупность объектов авторского и изобретательского права. Особенности

изобретательского права мы уже рассмотрели выше, поэтому кратко остановимся на некоторых положениях, касающихся авторского права. авторское право распространяется на произведения науки, литературы и искусства, являющиеся результатом творческой деятельности, независимо от назначения и достоинства произведения, а также от способа его выражения;

### **Объекты авторского права**

- литературные произведения (включая программы для ЭВМ);
- драматические и музыкально-драматические произведения, сценарные произведения;
- хореографические произведения и пантомимы;
- музыкальные произведения с текстом или без текста;
- аудиовизуальные произведения (кино-, теле- и видеофильмы, слайдфильмы, диафильмы и другие кино- и теле произведения);
- произведения живописи, скульптуры, графики, дизайна, графические рассказы, комиксы и другие произведения изобразительного искусства;
- произведения декоративно-прикладного и сценографического искусства; произведения архитектуры, градостроительства и садовопаркового искусства;
- фотографические произведения и произведения, полученные способами, аналогичными фотографии;
- географические, геологические и другие карты, планы, эскизы и пластические произведения, относящиеся к географии, топографии и к другим наукам;
- другие произведения.

Охрана программ для ЭВМ распространяется на все виды программ для ЭВМ (в том числе на операционные системы), которые могут быть выражены на любом языке и в любой форме, включая исходный текст и объектный код.

Авторское право на произведение, созданное совместным творческим трудом двух или более лиц (соавторство), принадлежит соавторам совместно независимо от того, образует ли такое произведение одно неразрывное целое или состоит из частей, каждая из которых имеет самостоятельное значение.

Составитель пользуется авторским правом при условии соблюдения им прав авторов каждого из произведений, включенных в составное произведение. Авторы произведений, включенных в составное произведение, вправе использовать свои произведения независимо от составного произведения, если иное не предусмотрено авторским договором.

За нарушение авторских прав наступает гражданско-правовая, административная или уголовная ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

### **Лекция №6(4 часа)**

#### **Эксперимент**

Проведение экспериментальных исследований является наиболее трудоемкой и важной частью научной работы. Для успешного управления научной работой академик В.А Трапезников предложил формулу, которая справедлива как в микросистеме «научный сотрудник - лаборант », так и для управления «большими

системами»: коллективами НИИ, проблемными лабораториями и т. д. Эта формула содержит следующие звенья:

знают—могут—хотят—успевают.

Поясним значение каждого звена. Первое звено включает определение цели и путей ее достижения. Нужно конкретно знать и организационные, и научно-технические пути. Второе звено - «могут». К этому понятию относятся профессиональный уровень исполнителей, обеспеченность оборудованием, приборами, реактивами, необходимыми именно для решения данной конкретной проблемы.

Третье звено - «хотят», имеет значение для стимулирования коллектива. Существуют три вида стимулов: сознательность, перспектива, приказы. Благодаря развитому чувству сознательности человек работает с полной отдачей, напряженная работа на общую пользу становится для него внутренней потребностью. Важно, чтобы тематика и общие задачи работы увлекали исполнителей. Перспектива включает приобретение моральных или материальных благ, возможность самовыражения. Третий вид стимулов, к числу которых относятся приказы, связан с опасением санкций за плохую работу, с возможной опекой и ограничениями в числе вариантов исследований, потерей авторитета или потерей права научного руководства.

Четвертое звено - «успевают». Темп работы должен соответствовать задачам, плану. Цена времени приобретает особое значение, если результаты одной группы должны использоваться другой. Основоположник кибернетики Норберт Винер высказал мысль о том, что свобода делать что хочется и когда хочется -это, по сути, свобода ничего не делать.

Эксперименту предшествуют выбор темы исследования с ориентировкой не на обширность, а на тщательность и глубину ее проработки, изучение состояния вопроса, постановка задачи исследования с оценкой достаточности поставленных конкретных задач для выполнения темы в целом.

Главный метод науки - строить предположения с попыткой уловить зависимости и закономерности явлений, а затем проверять экспериментально выводы из этих предположений. Гипотеза является формой развития естественных наук.

Эксперимент - наиболее ответственный этап в научной работе. Результат его будет зависеть от степени контроля за проведением эксперимента, от четкости работы экспериментатора, полноты записей в рабочем журнале. Аккуратность и добросовестность могут повлиять на конечные результаты. Ценная информация иногда теряется из-за неоптимальной постановки экспериментов. Каждый научный работник должен научиться исключать или учитывать случайные воздействия, планировать эксперимент, определять порядок его проведения, оценивать ошибки, представлять данные в упорядоченном и наглядном виде. И только в этих условиях может быть получен важный научный или научно-практический результат.

### **Основные определения**

Эксперименты могут подразделяться на: научные и инженерные. Различают также производственные, исследовательские, поисковые, прикладные и

теоретические эксперименты. Однако их планирование и анализ (обработка данных) осуществляются по общим правилам.

Рассмотрим основные термины, встречающиеся при проведении эксперимента.

Оборудование для эксперимента делят на три части: *испытательная аппаратура, измерительные приборы и объект исследования*. Образец для испытаний, ректификационная колонка, пропарочная камера могут являться объектами исследования. *План эксперимента* указывает последовательность работы, характер и величину изменений, переменных, повторность. Любая варьируемая величина называется переменной. Если варьирование переменной происходит независимо от других величин, то имеем *независимую переменную*. В противном случае ее называют зависимой. Если некоторая величина, оказывающая влияние на эксперимент, изменяется случайным образом и ее нельзя контролировать, то она называется *внешней переменной*, например, температура помещения в процессе проведения эксперимента. В контролируемом эксперименте влияние внешних переменных исключено, а независимые переменные изменяются по желанию экспериментатора.

Независимые переменные принято называть *факторами* и обозначать  $x_1, \dots, x_m$ . Они определяют *функции отклика*, которые обозначаются  $y_1, \dots, y_m$ . Геометрический образ, соответствующий функции отклика, в планировании эксперимента называют *поверхностью отклика*.

*Неопределенность* представляет собой оценку ошибки, какой она будет, если бы удалось ее замерить. Термин *данные* относится ко всем символическим «продуктам» эксперимента. Снятые (записанные) непосредственно по показаниям прибора, они называются необработанными. Обработанные данные - это та же информация после выполнения над ней некоторых математических операций или после нанесения на график.

Модельная схема эксперимента приведена на рис. 1. Она позволяет проследить обязательные элементы эксперимента и поясняет соотношение рассмотренных понятий.

Планирование обусловлено целью эксперимента. Если влияние внешних переменных нельзя исключить, то проводят *рандомизацию* порядка эксперимента и тем самым усредняют эффекты этих неконтролируемых переменных. Выбор интервала варьирования переменных обусловлен областью исследования и принятым планом эксперимента. Если в некоторой области ожидается изменение функции отклика, то желательно увеличить в этой области число экспериментальных точек.

На принятие того или иного плана влияет неопределенность эксперимента. Чаще всего план эксперимента требует корректировки в процессе его выполнения. Анализируют имеющиеся измерительные приборы и основные элементы аппаратуры для выявления погрешностей измерения. Если погрешность велика, то необходимо подобрать более точные приборы или изменить план эксперимента, уменьшив число фиксируемых параметров. Если технические ограничения приводят к слишком большой неопределенности, то проведение данного эксперимента невозможно. Его следует отложить, а задачу исключить из программы работ или найти другой способ ее решения.



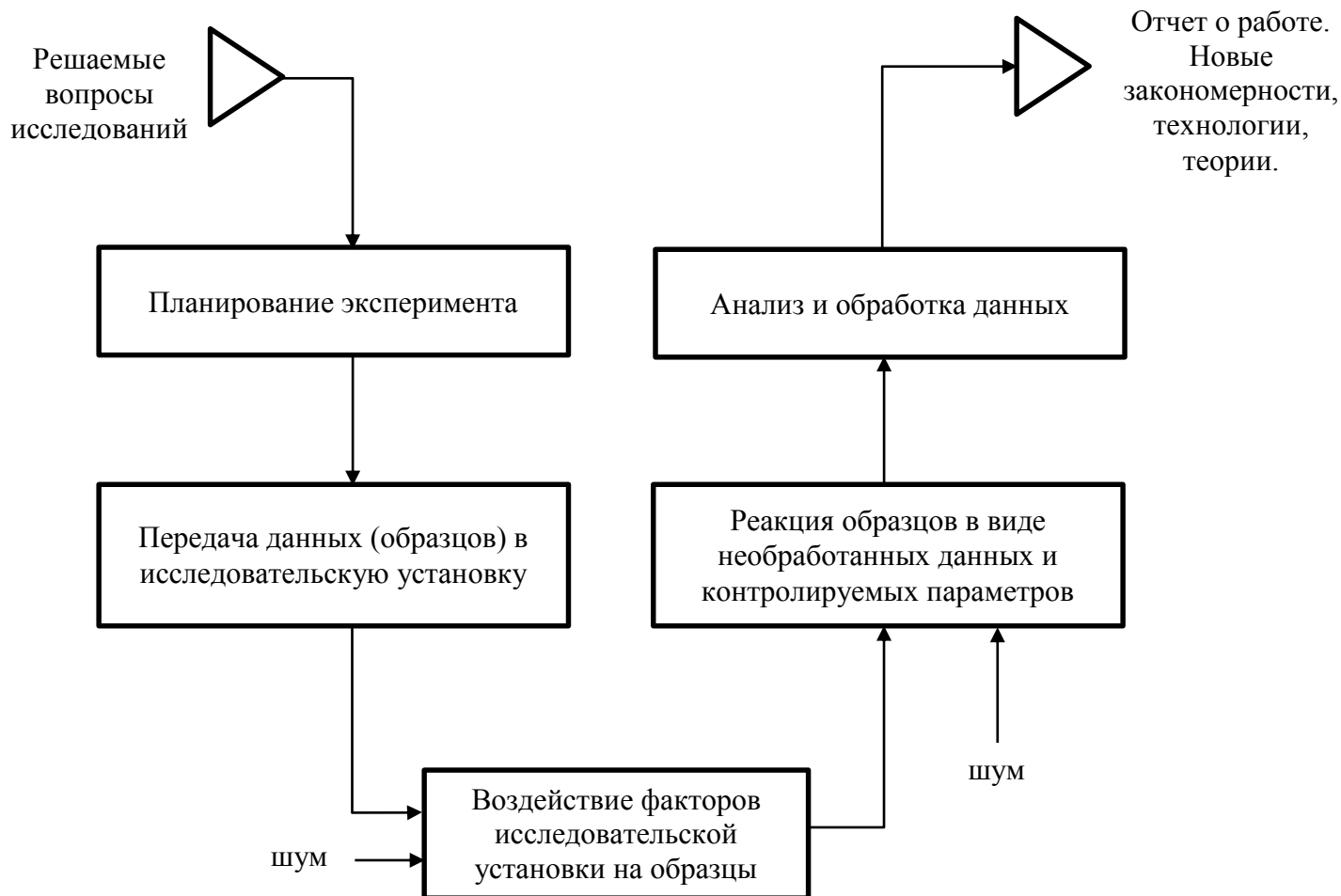


Рис. 1. Схема эксперимента, изображенная как система связей.

### Погрешность эксперимента

Ошибка отдельного определения прямо пропорциональна вариабельности изучаемого параметра и обратно пропорциональна корню квадратному из числа параллельных определений ( $n$ ). Последнее характеризует наше трудолюбие.

Надежность результата зависит от собственно неоднородности объекта исследования и ошибок, связанных с погрешностями аппаратуры и неточностью приборов. Источники ошибок связаны с тем, что параметры аппаратуры не обеспечивают требуемого разрешения, последнее оказывается сравнимым с интервалом варьирования изучаемого фактора. Чувствительный элемент прибора неправильно отражает измеряемую величину или индикатор неправильно отражает реакцию чувствительного элемента. Возможны ошибки из-за неспособности экспериментатора точно фиксировать показания индикатора. Перед началом работы приборы калибруют, а аппаратура проходит систематическую поверку.

В паспортах на приборы и оборудование указывается ошибка измерения либо в виде абсолютной ошибки ( $\Delta x$ ), либо в виде величины относительного стандарта. В отсутствии паспорта пользуются практическим правилом: максимальная ошибка равна половине наименьшего деления шкалы прибора. Например, термометр с ценой деления  $1^\circ\text{C}$ , Тогда ошибка составит  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Используют также класс точности прибора.

Например, для приборов класса 0,5 при отсчете в любой части шкалы прибора допускается абсолютная погрешность, равная 0,5% от наибольшего значения шкалы прибора. У отдельных приборов (манометров и др.) существует нерабочая зона, составляющая, в частности, первую четверть шкалы.

Ошибки приборов суммируют. Для этого их делают относительными и выражают в процентах. Относительная погрешность

$$p_i = \frac{\Delta x_i}{x_i} 100 \quad (1).$$

Общая погрешность эксперимента

$$p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta x_i}{x_i} 100 \right)^2} \quad (2).$$

Следует отметить, что на величину относительной погрешности влияет не только  $\Delta x_i$ , но и собственное значение измеряемой величины. Поэтому при анализе неопределенности эксперимента в целом следует учитывать измеряемый интервал и в расчет брать наименьшие значения. Если общая погрешность эксперимента окажется больше 5%, то можно для повышения точности эксперимента использовать другие приборы.

В экспериментах, например, по химической переработке древесины существенный вклад в погрешность эксперимента вносит сам объект исследования, характеризующийся неоднородностью.

Известна, например, изменчивость свойств исходной древесины по месту произрастания, возрасту и т. д. В том случае, если не представляется возможным рассчитать погрешность эксперимента до опыта, проводят несколько серий параллельных опытов и убеждаются в их воспроизводимости.

Оценка воспроизводимости опытов имеет определяющее значение, поскольку приводит к решению проводить эксперимент или к решению изменить приборную схему, воспользовавшись для этого более чувствительными измерительными приборами или более точными методами измерений. Не исключён вариант, когда из-за невозможности добиться требуемой точности, придется отказаться от проведения этого эксперимента

Рассмотрим порядок проверки воспроизводимости опытов. Проводят 2—4 серии параллельных опытов в области изменения влияющих факторов. Результаты сводят в таблицу 1.

Таблица 1. Эксперимент для проверки воспроизводимости опытов

Номер серии опытов	Результаты параллельных опытов	$\bar{\sigma}_i$	$s_i^2$
1	$y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1k}$	$\bar{y}_1$	$s_1^2$
...	...	...	...
j	$y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk}$	$\bar{y}_j$	$s_j^2$
N	$y_{N1}, y_{N2}, \dots, y_{Nk}$	$\bar{y}_N$	$s_N^2$

Обычно для расчета используют те же данные, получение которых требуется в связи с задачей эксперимента. Например, изучают влияние температуры на выход продукта реакции ( $y$ ). Номера серии опытов в этом случае соответствуют приведенным данным при переменных значениях температуры.

Для расчета используют следующие формулы:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i \quad (3),$$

где  $k$  - число параллельных опытов, проводимых при одинаковых условиях. Обычно  $k = 2 \dots 4$ .

$$s_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_{ji} - \bar{y}_j)^2. \quad (4).$$

По найденным значениям рассчитывают критерии Кохнера, в числителе берут максимальную из найденных оценок дисперсий, а в знаменателе их сумму:

$$G_p = \frac{\max s_j^2}{\sum_{j=1}^N s_j^2} \quad (5).$$

Полученное, значение сравнивают с  $G$ , приведенным в табл. 2 приложения.  $N$  - общее количество оценок дисперсий,  $f$  - число степеней свободы, причем  $f=k-1$ .

Если  $G_p \leq G$ , то опыты считаются воспроизводимыми, а оценки дисперсий однородными. В противном случае эксперимент следует прекратить или изменить условия его проведения. Оценки однородных дисперсий можно усреднить

$$s_{\text{анн}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N s_j^2 \quad (6)$$

и получить оценку дисперсии воспроизводимости. С ней связано число степеней свободы  $f=N(k-1)$ .

Таким образом, по критерию Кохнера делается вывод о воспроизводимости эксперимента, а погрешность эксперимента в целом характеризуется  $s_{\text{анн}}^2$ .

Простое увеличение числа опытов  $N$  увеличит знаменатель в формуле для расчета критерия Кохнера и, казалось бы, тем самым будет достигнуто условие  $G_p \leq G$ . Однако табличное или табулированное значение  $G$  также изменится как зависящее от  $N$ . Следовательно, воспроизводимость должна достигаться выявлением и устранением источников нестабильности эксперимента, повышением числа параллельных опытов  $n$ .

Число параллельных опытов, образцов или наблюдений в однофакторных экспериментах можно определить с учетом вариационного коэффициента ( $v$ ) и критерия Стьюдента (табл. 3 приложения).

$$n = \frac{100 \cdot v t_{kp}}{P}$$

(7),

где  $P$  — показатель точности, обычно принимаемый равным 5.

## **Лекция № 7(4часа)**

### **План эксперимента**

Общее требование к наилучшему плану можно сформулировать так: максимум информации при минимуме эксперимента.

Выбор значений для переменной  $x$  обычно производят, используя постоянный шаг  $\Delta x$ . Область исследуемых значений  $x$  (или пределы изменения  $x$ ) назначают на основании литературных сведений либо после поисковых опытов. Иногда ограничения устанавливают исходя из физики, химии или физико-химии изучаемого явления; Например, нельзя изучать объемное расширение воды в открытом бассейне в интервале температуры от  $+20$  до  $+120^\circ\text{C}$  или скорость термодеструкции целлюлозы при этих же значениях.

Используют также и переменный шаг, задавая значения  $x$  таким образом, чтобы обеспечить повышенную точность на определенных участках (области перехода, области нахождения критических точек или оптимума и др.)- Шаг в этих случаях может монотонно убывать или монотонно возрастать. Иногда выделяют участки с шагом, составляющим определенную долю от основного.

На выбор плана влияет также способ обработки данных. Отметим, что схема эксперимента, приведенная на рис. 1, предполагает также обратную связь по всем этапам. В частности, выбранный план диктует необходимость использования аппаратуры с некоторыми определенными параметрами. Если в распоряжении такая аппаратура отсутствует, мы должны внести коррективы в избранный первоначально план эксперимента. В отдельных случаях согласие плана и возможностей аппаратуры достигается рандомизацией порядка проведения опытов. Наличие интенсивного шумового поля делает необходимым увеличить число параллельных определений. Результаты обработки данных также могут привести к принятию решения о неприемлемости выбранного плана, например, по невозможности получить уравнение регрессии, адекватно описывающее связь между переменными.

В любом случае проведение эксперимента должно быть спланировано и выполнено таким образом, чтобы изменение или дополнение плана не приводило бы к необходимости все начинать заново. Нужно предусмотреть возможность получения в идентичных условиях дополнительных данных.

### **Обработка результатов исследования**

Анализ экспериментальных результатов включает стадию формальной обработки данных, мало зависящей от объекта исследования, и стадию содержательной интерпретации, определяющуюся уровнем знаний научного работника, его параметрами. Технику обработки результатов необходимо освоить настолько, чтобы свободно пользоваться необходимым арсеналом приемов и методов. Каждый прием, пока он не освоен, служит в определенной мере помехой, источником ошибок. Начинаящий исследователь должен проявить настойчивость в преодолении этого барьера.

Встречаются отчеты о научно-исследовательской работе и статьи с изложением экспериментального материала, обработанного поверхностно и не вполне корректно. Выбор приемов для обработки данных в таких работах производился

интуитивно или по аналогии со случайными источниками с давним сроком публикации. Это в целом обуславливает медленное проникновение математических методов в исследования по химической переработке древесины. Здесь проявляется сформулированный С. Я. Френкелем «парадокс опережения», суть которого состоит в том, что человек начал использовать различные процессы и материалы задолго до того, как познал их природу. Наука выростала из технологии, а это, в свою очередь, определяло ее методологию, когда разработка и обоснование усовершенствований, объяснение тех или иных закономерностей процессов могли быть выполнены без строгого математического аппарата. Иначе обстоит дело в новых отраслях знания, например, в ядерной физике.

Следует упомянуть еще одно обстоятельство, связанное с неоднородностью такого объекта исследования, каким являются древесина и ее основные компоненты. Выразить результаты в виде классической функциональной зависимости представляется далеко не всегда возможным. Поэтому понятие «закон» уступает новому понятию «модель», а для установления зависимостей вероятностного характера используется математическая статистика. В основе лежит убеждение, согласно которому все законы имеют вероятностный характер и все явления природы протекают под сильным воздействием случая.

Согласно детерминированному, подходу, если выполнен некоторый комплекс условий, то событие  $A$  неизбежно наступает. Согласно же закономерностям статистического или вероятностного характера, наличие комплекса условий не влечет за собой неизбежного появления события  $A$ , а только определяет, некоторую вероятность  $P$  его появления.

Вероятность является объективной числовой характеристикой, дающей представление о том, как часто при большом числе наблюдений появится событие  $A$ . В теории вероятностей о случайном событии предполагают, что оно не произвольно, а подчинено некоторым своеобразным законам, которые называют вероятностными или стохастическими; во - вторых, оно таково, что в принципе его можно повторить неограниченное число раз; в-третьих, оно имеет определенную вероятность появиться при каждом данном испытании в заданных условиях.

В настоящее время разработаны методы, позволяющие использовать математическую статистику для достаточно малого объема выборки.

В общем виде формальный анализ экспериментального материала (считаем, что погрешность эксперимента оценена до начала опытов) начинается с рассмотрения отдельного точечного определения. Затем рассматривается вся совокупность точек, образующих закономерность, результаты наносятся на график. Графические данные преобразуются с целью получения так называемого «удобного графика» и получения эмпирического уравнения.

### **Статистическая обработка экспериментальных данных**

Результат единичного измерения определяется случайной ошибкой. Гауссом был найден закон распределения случайных величин. Этот закон справедлив почти для любых измерений. На (рис. 2 а) графически показана зависимость числа измерений  $n$ , в которых встречается та или иная ошибка  $m$ , от ее величины при достаточном большом числе измерений.

Физический смысл закона распределения ошибок иллюстрирует опыт, показанный на (рис. 2б). В вертикально поставленную доску забито большое число тонких стержней. Сверху через узкое отверстие воронки падают одинаковые дробинки. При ударах о стержень дробинки отклоняются случайным образом в ту или другую сторону. Дробинки, получившие одинаковое отклонение, собираются вместе, причем распределение числа дробинок в зависимости от их отклонения совпадает с законом распределения случайных величин.

Рассмотрим результаты наблюдений за интересующими нас явлениями. Они записываются в рабочий журнал и представляют собой ряд цифр. Для получения обозримых и удобных для обработки данных наблюдений весь интервал разбивают на части и подсчитывают число наблюдений, попавших в каждый из отрезков. Соответствующий график называют гистограммой. На рис. 3 изображена гистограмма для распределения образцов древесноволокнистых плит по прочности и выравнивающая ее теоретическая кривая. Видно, что показатель разрушающего напряжения при изгибе образцов также подчиняется нормальному распределению. Следовательно, данные наблюдений можно обработать методами математической статистики.

Кривую нормального распределения упрощенно строят по наибольшей высоте  $H$ , соответствующей  $y$ , ординаты кривой определяют в соответствии с долями  $s$ :

$\pm 0,5s$	$\pm 1,0s$	$\pm 1,5s$	$\pm 2,0s$	$\pm 2,5s$
0,883H	0,607H	0,325H	0,135H	0,044H.

Обработка экспериментальных данных имеет значение для исключения шумового поля (возмущающих факторов). Ясно, чем большее число раз проведено определение, тем более точен результат. От того, каким образом будут обработаны соответствующие замеры, зависит объективность, точность и надежность определения истинного значения измеряемой характеристики. Статистические выводы относятся к процессу получения какого-либо заключения относительно всей совокупности по свойствам выборки из этой совокупности. Например, оценка прочности бумаги, выработанной за смену, по результатам трех серий замеров, оценка выхода основного продукта по данным анализа пяти проб и другие.

Среднее арифметическое значение  $y$ , полученное по результатам испытаний выборки, и среднее квадратичное отклонение  $s$  являются приближенными оценками соответствующих параметров генеральной совокупности математического

ожидания  $\mu$  и дисперсии  $\sigma^2$ :  $\mu \cong \bar{y}, \sigma^2 \cong s^2$  (8).

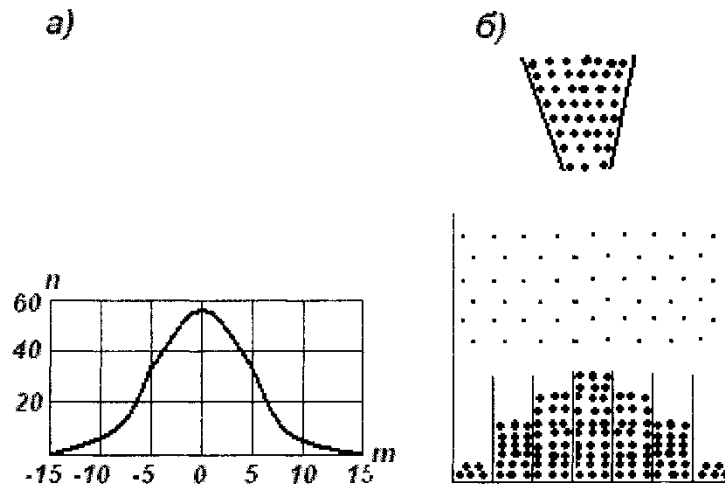


Рис.2. Распределение ошибок: а – кривая распределения; б – схема опыта, поясняющего распределение ошибок

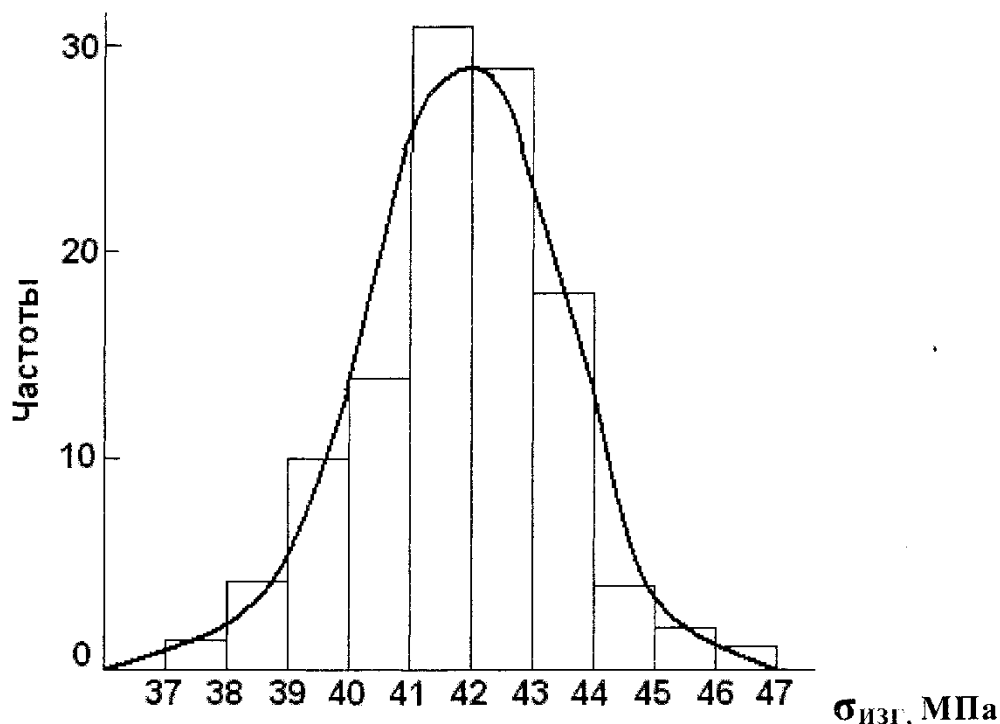


Рис.3. Гистограмма частотного распределения значений разрушающего напряжения при изгибе и выравнивающая ее теоретическая кривая

Рассмотрим смысл и способы расчета  $\bar{y}$ . Среднее арифметическое значение выборки, то есть ограниченного и равного  $n$  количества показателей образцов партии, которая рассматривается как генеральная совокупность всех значений показателей, определяют по формуле:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i. \quad (9)$$

Среднее квадратичное отклонение, которое также называют выборочной дисперсией или эмпирическим стандартом, характеризует рассеивание (вариацию) изучаемых случайных величин вокруг среднего значения. Формулы для расчета:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (10),$$

$$\text{или } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n-1} - \bar{y}^2 \frac{n}{n-1}. \quad (11).$$

Для оценки изменчивости случайных величин используют вариационный коэффициент, который связан с абсолютными значениями и выражается в процентах

$$v = \frac{100s}{\bar{y}}. \quad (12).$$

Ошибка среднего арифметического рассчитывается по формуле

$$m = \pm \frac{s \cdot t}{\sqrt{n}}. \quad (13).$$

Практически при  $y = \pm 3m$  во всех случаях в указанном интервале будет находиться математическое ожидание данного показателя. Более правильно учитывать заданную вероятность и число параллельных образцов  $n$ , используя для этой цели критерий Стьюдента (или  $t$ -критерий), приведенный в табл. 3 приложения.

Вероятность  $P$  нахождения истинного значения параметра генеральной совокупности в некоторых пределах называют доверительной вероятностью. Пределы, соответствующие доверительной вероятности, называют доверительными границами, а образуемый ими интервал — доверительным интервалом:

$$\bar{y} - t \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{y} + t \frac{s}{\sqrt{n}}. \quad (14).$$

Уровень значимости  $q = 1 - P$  называют вероятностью ошибки, которая допущена в данном исследовании. Обычно в исследованиях принимают  $P$  в пределах от 0,80 до 0,95, а в технологических расчетах величину доверительной вероятности повышают до 0,99 для установления норм на продукцию.

$P = 0,95$  означает, что если подсчитано 100 доверительных интервалов по приведенной формуле, то приблизительно 95 интервалов из 100 будут включать значение  $\mu$ . Если построен только один интервал по выборке из  $1/n$  наблюдений, как это обычно и имеет место, то можно утверждать, что с 95%-ной достоверностью этот интервал включает  $\mu$ , и только имеется один шанс из 20, что этого не произойдет.

Может оказаться, что при параллельных определениях по тем или иным причинам была допущена грубая ошибка. Лучше всего сразу же проверить, не нарушены ли условия эксперимента или условия измерения результатов. Если же такая проверка не была сделана вовремя, то вопрос о целесообразности браковки одного «выскакивающего» значения решается путем сравнения его с остальными результатами измерения.

Пусть величина  $\sigma$  заранее неизвестна. Тогда рассчитывают по формуле величину  $s$  и абсолютную величину разности между средним значением  $y$  и «выскакивающим» значением  $y^*$ , выраженную в долях  $s$ , сравнивают с критическим значением  $t$ .



$$t_p = |\bar{y} - y^*| / s. \quad (15).$$

Простейший метод отбраковки:  $|\bar{y} - y| \geq 3s$ , так называемое правило трех сигм.

При этом расчет выполняют без учета величины  $y^*$ . Если  $t_p > t$ , то с надежностью, соответствующей табличному (или еще говорят табулированному), можно считать, что «выскакивающее» значение содержит грубую ошибку. Его исключают из дальнейшей обработки результатов.

С другой стороны, условие  $t_p < t$  само по себе не свидетельствует об отсутствии грубой ошибки. Здесь можно говорить лишь об отсутствии достаточных оснований для исключения подозреваемого значения.

Математическая статистика преимущественно основана на допущении существования нормального распределения относительно среднего значения. Однако в практике встречается и асимметричное распределение (рис. 4).

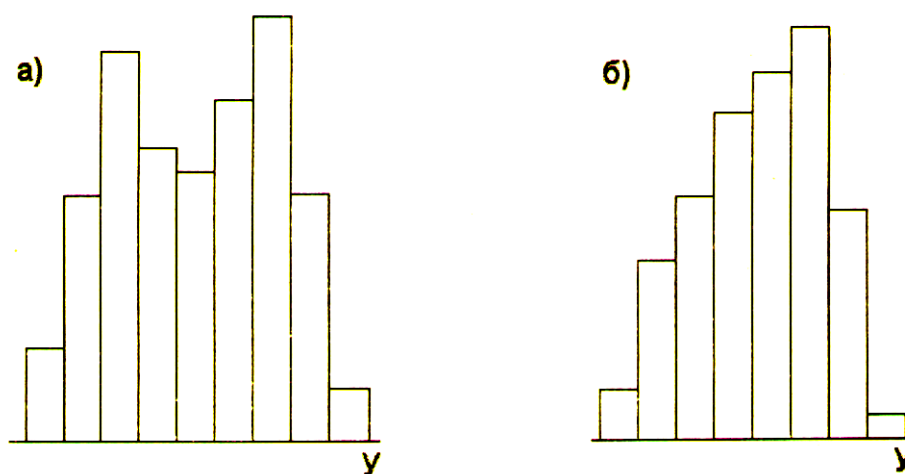


Рис. 4. Распределения, отличающиеся от нормального: а - бимодальное, или двухвершинное; б - отрицательно асимметричное.

Анализ форм, кривых распределения, построенных по экспериментальным данным, оказывается очень полезным. Например, двухвершинное распределение может служить указанием, что выборка образцов оказалась неоднородной и могла принадлежать двум партиям материала. Скошенность кривой распределения может рассматриваться в некоторых случаях как показатель существования дефектов в образцах.

Таким образом, обработка данных, относящихся к точному определению, сводится к оценке математического ожидания и дисперсии, к определению доверительного интервала, к исключению «выскакивающего» значения, если таковое окажется. Указанные расчеты находят также применение для решения разнообразных практических задач.

## Лекция №8(2 часа)

### Использование статистических расчетов в практических задачах

Рассмотрение таких задач позволяет получить представление о диапазоне статистических решений и дополняет основные представления. В частности, данные текущих испытаний выборки, используют для оценки соответствия всей партии требованиям стандарта.

При организации статистического (выборочного) приемочного контроля используют несколько типов планов. Наиболее распространен план однократной выборки. Из партии с числом изделий  $m$  назначают объем выборки  $n$  для испытания, а также приемочное число  $c$ . Если число обнаруженных в выборке дефектных изделий оказалось меньшим или равным  $c$ , то вся партия принимается, если же больше, то партия бракуется. Естественно, что при такой системе нельзя дать гарантии невозможности ошибочных решений. Ошибки могут быть совершены в обе стороны: забракована хорошая партия (ошибка первого рода) или принята плохая (ошибка второго рода). На вероятность ошибки первого и второго рода влияют выбором приемочного числа  $c$ . В варианте, когда партия должна браковаться, иногда назначают дополнительные испытания выборки с числом изделий  $2n$ , но приемочное число составляют без изменений.

Используют также методику оценки качества с определением процента вероятного брака в данной партии. Сущность ее состоит в сравнении среднего арифметического значения показателя  $y$ , найденного при испытании выборки из  $n$  образцов, со стандартным значением показателя  $y_{ст}$ . Предположим, что показатель стандартизован с односторонним ограничением, в частности, показатель прочности не менее  $y_{ст}$ .

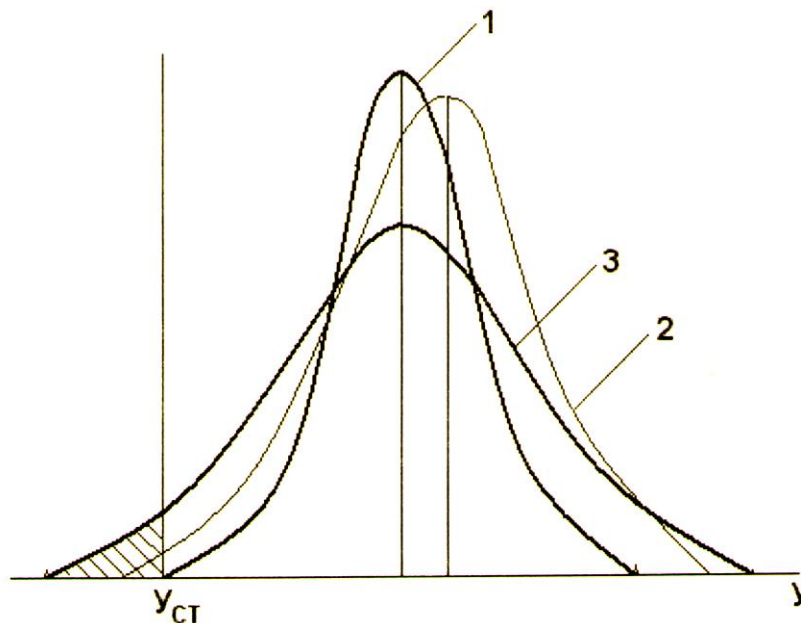


Рис.5. Кривые нормального распределения, построенные по данным испытания выборок из трех партий и требование стандарта на данную продукцию  $y_{ст}$  (рассматривается условие  $y > y_{ст}$ ).

На рис. 5 приведены три варианта кривых нормального распределения, построенных по  $\bar{y}_k$  и  $s_k$ . Ясно, что вариант 1 не имеет брака: вся совокупность показателей лежит вправо от  $y_{ст}$ . В варианте 2, несмотря на то, что  $\bar{y}_1 = \bar{y}_2$ , имеются изделия (образцы), не соответствующие стандарту. Доля таких образцов от общего числа может быть найдена как заштрихованная площадь под кривой нормального распределения. Методика заключается в определении показателя качества и нахождении соответствующей площади при решении интеграла вероятностей  $\Phi(t)$  или по таблице площади под кривой нормального распределения (табл. 1 приложения). Для удобства значения выражают в процентах.

$$\dot{I}_{\hat{\epsilon}} = \left| \frac{\bar{y}_K - y_{CT}}{s_K} \right|. \quad (16).$$

**Два замечания.** Если брака более 50%, расчет лишен смысла. Если из сравниваемых вариантов  $y_3 > y_1$  то этого еще недостаточно для суждений в пользу варианта 3. Действительно, из рисунка и по расчету мы убеждаемся в преимуществах варианта 1.

Подобная оценка позволяет подразделить выпускаемую продукцию по сортам. Ясно, что чем меньше  $s_K$  тем, следовательно, однороднее процесс, а это позволяет минимизировать себестоимость продукции.

Следующая задача связана с определением вероятности штрафа, в частности, органами надзора за охраной окружающей среды. Например, содержание отхода в сточных водах не должно превышать  $7,1 \text{ мг/м}^3$ , Заводская лаборатория установила  $y_i$ : 6; 7; 5; 4; 7; 0. Превысят ли результаты арбитражного анализа допустимое значение? Если да, то с какой вероятностью?

Решение связано с нахождением одностороннего доверительного интервала. Если  $y=5,8 \text{ мг/м}^3$ ,  $s=1,37 \text{ мг/м}^3$ , то  $\mu \leq \bar{y} + t \frac{s}{\sqrt{n}} = 5,8 + \frac{1,37}{\sqrt{6}}$ .

Воспользовавшись табл. 3 приложения, для  $f=n-1=6-1=5$  найдем что  $7,1 < 5,8 + 0,561$  при  $t \leq 2,32$ , то есть с вероятностью 0,93, возможно получить значение, превышающее допустимое. Иными словами, если число анализов превысит 15, то руководство предприятия ожидает штраф. При меньшем числе испытаний, вероятно, что в отдельных определениях не окажется значения, превышающего критическое.

### Проверка статистических гипотез

После того как обработаны данные, относящиеся к точечному определению, можно переходить к обработке данных, характеризующих изучаемое явление в целом. Промежуточным этапом может оказаться сравнение двух рядом лежащих точек, если их сравнительные значения являются существенными для характера устанавливаемой закономерности. В основе сравнения лежит вероятностный характер данных, в определенной мере распространяющийся и на среднее арифметическое значение выборки.

Поясним это на примере. Экспериментальные данные (средние из шести) нанесены на график, показанный на рис.6. Перед тем как проводить плавную кривую, нам необходимо выяснить, является ли зависимость экстремальной, либо превышение значения показателя прочности в точке 2 над значением в точке 1 является случайным и ход кривой должен иметь монотонный характер. Общая оценка ситуации, когда в зависимости от количества образцов прочность снижается, предлагает нам принять гипотезу о монотонном характере кривой. Чтобы проверить гипотезу такого рода, сравним  $y_1$  и  $y_2$  (перейдем от конкретного показателя к записи в общем виде). Для сравнения предполагаем, что дисперсии ошибок в обеих сериях определений одинаковы, например, определения производились в одних и тех же условиях; на одном и том же приборе и т. д. Тогда подсчитаем отношение:

$$t_p = \frac{|\bar{y}_2 - \bar{y}_1|}{s \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}} \quad (17),$$

$$и s^2 = \frac{s_1^2 f_1 + s_2^2 f_2}{f_1 + f_2} \quad (18),$$

где  $f_1$  и  $f_2$  - число степеней свободы первой и второй выборки ( $f=n-1$ ).

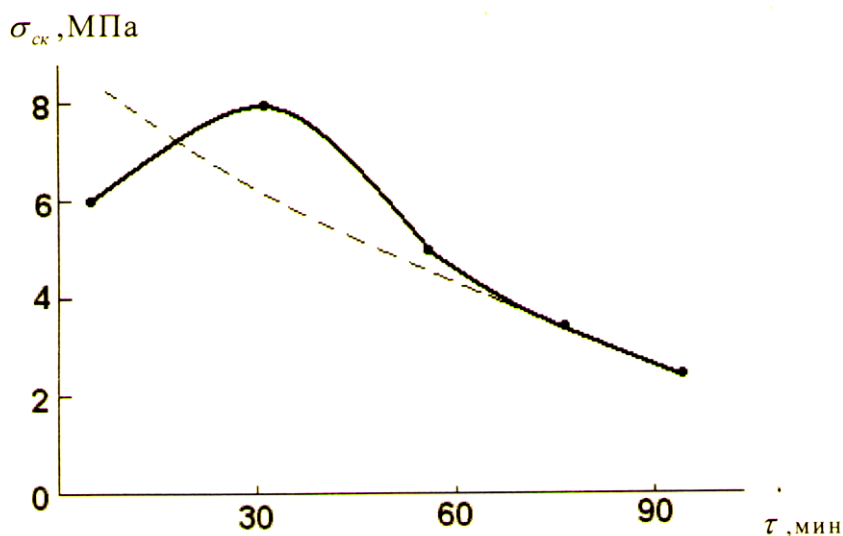


Рис.6.Изменение прочности модифицированных образцов в зависимости от продолжительности термообработки

Далее задаем желаемую вероятность вывода Р и по табл. 3 приложения находим значение критерия Стьюдента для  $f=n_1+n_2-2$ . Если  $t_p$  превосходит найденное значение  $t$ , то расхождение средних значений  $y_1$  и  $y_2$  можно считать не случайным (значимым) с надежностью вывода Р. В этом случае зависимость оказывается экстремальной (сплошная линия). Если  $t_p \leq t$  - расхождение случайно, зависимость оказывайся монотонной, через точки проводим пунктирную линию.

В реальном эксперименте было установлено, что модификация образцов приводит к тому, что нагревание в течение 30 мин углубляет взаимодействие модифицирующей добавки с древесным комплексом, повышает прочность образцов, но при дальнейшем нагревании из-за процессов деструкции прочность падает. Поводом для углубленных исследований послужил статистически надежный вывод, полученный с использованием вышеприведенной формулы. В противном случае соединяющая точки линия проходила бы так, как это показано на рисунке пунктиром.

В общем случае статистическая гипотеза есть некоторое предположение относительно свойств совокупности, сделанное на основе выборки. Проверка гипотезы - это правило, по которому гипотеза принимается или отвергается. В рассмотренном случае использовали оценку значимости различия выборочных средних (или средних арифметических значений) по t-критерию. Рассмотрим еще один пример проверки статистической гипотезы.

В цехе декоративного бумажно-слоистого пластика фиксировали срок службы глянцевых прокладочных листов, получаемых с двух предприятий. Оказалось, что листы первого предприятия пригодны для 960 запрессовок, листы второго - для 1020. Было выдвинуто предположение о более высоком качестве листов второго предприятия, поскольку  $\bar{y}_2 > \bar{y}_1$ . Однако, данные были получены по ограниченному количеству листов, и расхождение между ними могло оказаться незначимым. Было выдвинуто второе предположение о том, что  $y_1$  и  $y_2$  являются оценками одного и

того же математического ожидания  $\mu$ . Второе предположение является нулевой гипотезой относительно двух выборочных средних. Принять эту гипотезу, значит отклонить первое предположение.

Для проверки нулевой гипотезы относительно  $y_1$  и  $y_2$  необходимо, чтобы выборочные дисперсии были однородны. Проверка производится по критерию Фишера.

В числителе берется большее значение. По табл. 4 приложения при данном значении  $P$  находим значение критерия Фишера. Если  $F_p \leq F$ , то выборочные дисперсии однородны и являются оценками одной и той же дисперсии  $\sigma^2$ . В противном случае сравнение невозможно.

Дальнейший расчет производим, как в приведенном ранее примере. Определяем  $s$  и  $t_p$ . В случае, если  $t_p < t$  принимаем гипотезу о том, что  $y_1$  и  $y_2$  есть оценки одного и того же математического ожидания  $\mu$ . В этом случае принимается нулевая гипотеза и, в частности, делается вывод об одинаковом качестве прокладных листов

### Лекция № 9(4часа)

#### Линейная корреляция

Графическое представление данных преследует цель установить связь между переменными. Характер зависимости определяется видом функции. Функциональная зависимость - необязательно причинно-следственная, поэтому говорят: функции - это законы, управляющие соответствиями переменных. Однако если мы попытаемся экспериментально проверить простой закон линейного расширения тел при нагревании  $l = l_0 + \kappa T$ , то окажется, что равным в пределах точности измерения значениям  $T$  соответствует разное  $l$ . Из-за погрешности измерения, влияния случайных факторов функциональная зависимость проявляется как статистическая.

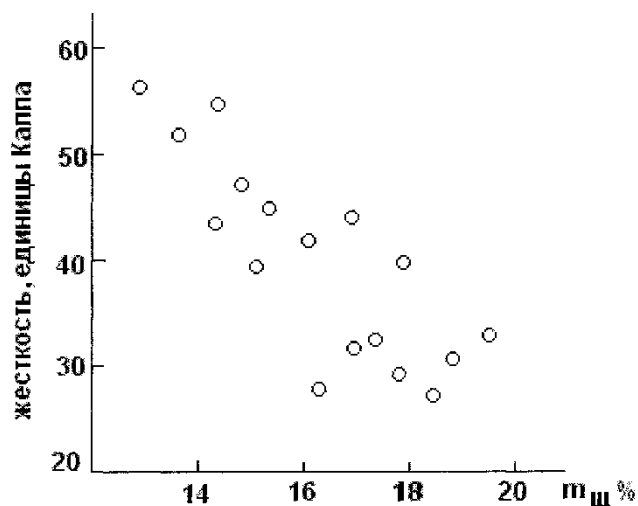


Рис.7. Корреляционная связь между расходом щелочи на единицу абсолютно сухой целлюлозы и жесткостью в единицах Каппа

Наиболее простой случай статистической связи представляет линейная корреляция двух факторов. Наглядное представление о такой связи дает рис, 7. На нем изображено поле корреляции жесткости сульфатной целлюлозы и расхода активной щелочи на единицу абсолютно сухой целлюлозы. Здесь обнаруживается

довольно тесная корреляция, свидетельствующая о том, что в значительной мере обусловлено влиянием расхода активной щелочи.

Равномерное распределение точек вокруг некоторого геометрического центра привело бы нас к выводу об отсутствии корреляции между двумя переменными. Такие переменные не связаны друг с другом. Их изменение обусловлено влиянием не выявленных факторов.

Для выявления зависимости между переменными определяют коэффициент корреляции. Он характеризует корреляционную зависимость изменения среднего значения одной величины с изменением среднего значения другой. Примером корреляционной зависимости, кроме рассмотренного, является связь между плотностью и прочностью картона, динамическим модулем сдвига и прочностью на разрыв бумаги и др.

Пусть имеется выборка из  $N$  пар значений двух величин  $x_i$  и  $y_i$ . Степень линейной связи между ними может быть определена эмпирическим коэффициентом корреляции  $r$ :

$$r = \frac{1}{s_x s_y} \cdot \frac{1}{N-1} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (19),$$

где  $\bar{x}, \bar{y}$  - средние значения переменных  $x_i$  и  $y_i$ ;

$s_x, s_y$  - их средние квадратичные отклонения;

$N$  - число пар точек.

Коэффициент линейной корреляции по своей величине может изменяться от  $-1$  до  $+1$ . Значение  $r = 0$  указывает на отсутствие линейной корреляции между случайными величинами, значение же  $r = \pm 1$  указывает на строгую функциональную линейную связь.

Вывод о наличии корреляционной зависимости важен для исключения того или иного фактора при исследовании. Для ответа на вопрос, указывает ли найденное значение  $r$  на какую-либо корреляцию между случайными величинами, применяют  $t$ -распределение Стьюдента.

Сначала выдвигаем гипотезу, что случайные величины  $x$  и  $y$  являются некоррелированными. Затем по формуле находим значение  $t_p$  с числом степеней свободы  $f=N-2$ .

$$t_p = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{N-2} \quad (20).$$

Если  $t_p > t$ , найденное из табл. 3 приложения, то гипотеза некоррелированности случайных величин - необоснованная. В расчете используем абсолютную величину эмпирического коэффициента корреляции. Знак коэффициента указывает на характер связи: если с возрастанием одной величины возрастает и вторая, то знак положительный, в противном случае - отрицательный.

Если  $r$  значим, то между переменными можно установить зависимость в виде эмпирической прямой регрессии. Примем  $y$  в качестве зависимой переменной,  $x$  - в качестве независимой. Тогда прямая регрессия  $y$  на  $x$  имеет уравнение

$$y - \bar{y} = r \frac{s_y}{s_x} \cdot (x - \bar{x}) \quad (21),$$

или

$$y = \bar{y} + r \frac{s_y}{s_x} \cdot (x - \bar{x}). \quad (22).$$

В уравнение подставляют  $r$  с тем знаком, который получился при расчете. После подстановки соответствующих значений  $y$ ,  $x$ ,  $s_y$ ,  $s_x$ ,  $r$  получим уравнение прямой  $y = b + kx$ , в котором  $k$  не имеет смысла  $r$ . Поэтому в конечных результатах следует указать как степень коррелированности величин ( $r$ ), так и уравнение линии регрессии, графически изображающее функцию регрессии.

Отметим, что параметры **найденного уравнения удовлетворяют принципу наименьших квадратов** по  $\bar{y}$ : сумма квадратов отклонений  $y_i$  от рассчитанных по уравнению прямой регрессии меньше, чем сумма квадратов отклонений их от любой другой прямой.

Средняя ошибка уравнения определяется по формуле

$$m_{yx} = s_y \sqrt{1 - r^2}. \quad (23).$$

Это значит, что значение  $y$ , найденное по уравнению, будет колебаться в пределах  $y \pm m_{yx}$  в 68,3 случаях из 100, в пределах  $y \pm 2m_{yx}$  в 95,4 случаях из 100.

Прямая регрессии  $x$  на  $y$  имеет уравнение

$$x = \bar{x} + r \frac{s_x}{s_y} \cdot (y - \bar{y}). \quad (24).$$

Средняя ошибка уравнения

$$m_{xy} = s_x \sqrt{1 - r^2}. \quad (25).$$

Степень влияния переменных друг на друга может изменяться в зависимости от их значения. Такая связь называется нелинейной. Выбор уравнения нелинейности регрессии достаточно сложен.

### Графическое представление данных

Графиком называют геометрическое изображение функциональной зависимости на координатной плоскости. С легкой руки Декарта точки соединяют непрерывной линией («природа не терпит разрывов»). График служит не только для наглядного изображения, обеспечивающего концентрацию информации на минимальном пространстве, его используют для быстрого нахождения значений функции по значениям аргумента без установления самого вида функции.

Развитие графического представления результатов эксперимента относится к хорошо организованным системам, в которых можно было выявить явления одной физической природы. Предполагалось, что исследователь мог (не только мог, но должен был обязательно это сделать) стабилизировать все независимые переменные изучаемой системы. Затем, варьируя поочередно некоторые из них, установить интересующие его зависимости. Последние представлялись функциональными связями и им приписывалась роль законов. Графики, как «продукт» исследования, получили распространение, благодаря возможности представить данные в наглядной форме при минимальной их обработке.

Графический метод широко применяется для представления не только детерминированных, но также и случайных явлений. Результаты изучения благодаря

этому легче интерпретировать и воспринять. Вместо функциональной зависимости на координатной плоскости может быть нанесена линия регрессии.

Будем полагать, что техника построения графиков известна из предыдущих курсов. Она включает разметку шкал, выбор интервала между делениями шкалы с целью обеспечения равноточности, оформление надписей на графике, проверку плавности соединяющей точки кривой и другие. Эти аспекты отрабатываются на лабораторных занятиях, начиная с первого курса. Особое внимание им уделяется при оформлении отчетов по лабораторным работам, выполняемым в рамках настоящего курса. Рассмотрим научные вопросы графического анализа: нормирование данных, исключение резко отклоняющихся значений, построение удобных графиков и наилучшей прямой.

Данные перед нанесением на график обрабатывают с целью исключения выскакивающих значений, нахождения среднего арифметического  $\bar{y}_k$  и доверительного интервала. Однако непосредственная связь между  $y$  и  $x$  может не вскрывать сущности явления.

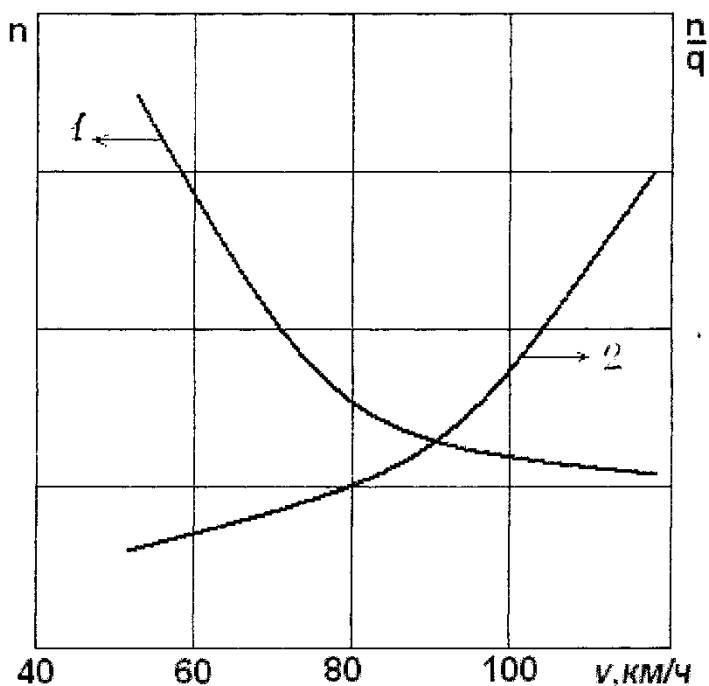


Рис.8. Уровень опасности движения на участке при разной скорости:  
 $n$  – количество аварий;  $q$  – количество автомобилей, двигающихся со скоростью, на которой произошла авария

Например, на рис.8 (кривая 1) приведены данные по количеству автомобильных аварий  $n$ , зафиксированных при различных значениях скорости их движения  $v$  на некотором участке. Интерпретировать эти данные можно и так: чем выше скорость, тем безопаснее движение. Это ошибочный вывод. Следует нормировать данные, отнеся их к тому количеству автомобилей, которые двигались на участке с данной скоростью. Кривая 2 показывает «уровень опасности движения» при различной скорости и существенно отличается от кривой 1, а вывод носит противоположный характер.

При модифицировании целлюлозных материалов повышают их прочность путем введения специальных добавок. Стремление удешевить продукцию или утилизировать отходы производства приводит к использованию для этих целей



малоактивных и неактивных добавок. В частности, на рис. 9 приведены данные по влиянию модифицированного лигнина, введенного в различном количестве в древесные волокна при изготовлении древесноволокнистых плит, на их прочность. Кривая 1 указывает на некоторый рост прочности и приводит к выводу о существовании активного взаимодействия между добавкой и волокнами, а вывод предопределяет направление углубленных исследований по выявлению влияния добавок на рост энергии этого взаимодействия. Дальнейшее рассмотрение данных показало, что с введением добавки растет также и плотность образцов. Тогда правильнее вместо прочности анализировать изменение удельной прочности, проведя нормирование данных путем отнесения их к соответствующей плотности плит. Полученная кривая 2 приводит к другому выводу, согласно которому кажущийся рост прочности плит связан с увеличением массы, а это обусловлено увеличением поверхности контакта частиц, хотя энергия возникающих при этом связей между частицами снижается. Теперь, естественно, исследователь предпримет углубленное изучение в ином, более верном направлении.

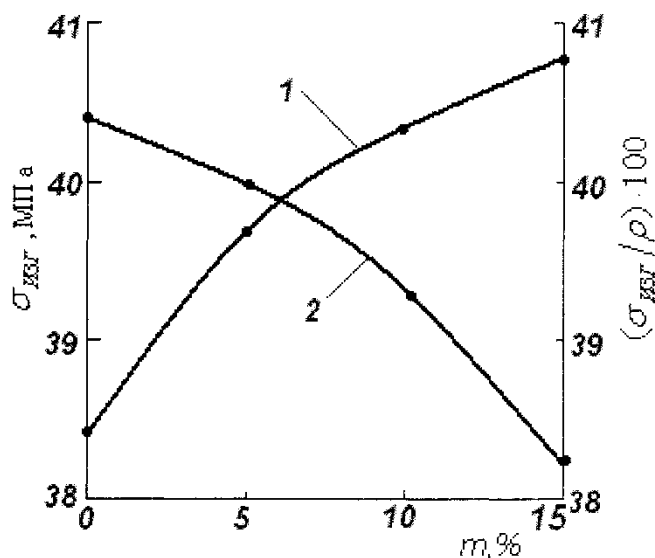


Рис.9. Прочность образцов в зависимости от содержания добавки: 1 – начальные данные; 2 – нормированные данные

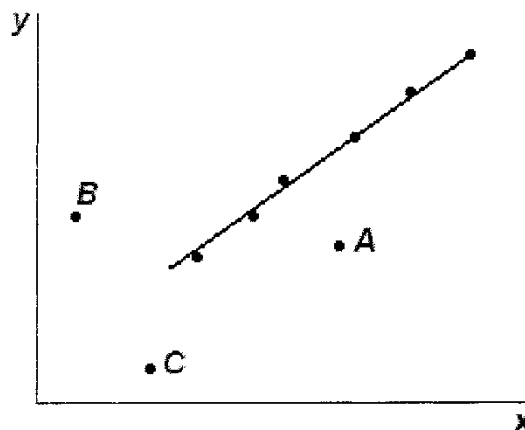


Рис.10. Анализ резко отклоняющихся точек в средней части графика (точка А) и крайних точек, которые могут представлять реальный химический или физический эффект (точка В)

Ранее мы рассмотрели правило исключения «выскакивающих» значений при обработке результатов параллельных испытаний, полагая при этом, что причина связана с грубой ошибкой. При построении графиков нам приходится встречаться с резко отклоняющимися точками, которые также подозреваются как ошибочные. Например, на рис. 10 точка А имеет большое отклонение и, возможно, ее следует исключить, воспользовавшись статистическим критерием. Исключать точку можно только в том случае, если она находится в средней части графика. Точка Д возможно, представляет собой начало нового участка и, исключив ее, можем потерять ценную информацию. Даже точка С может оказаться точным значением, по крайней мере, необходимы дополнительные точки в области малых значений  $x$ .

Исключение точки таит в себе риск потерять ценную информацию, но даже одно ошибочное значение, если его сохранить как достоверное, может привести к

ошибочным окончательным результатам. Основанием для исключения резко отклоняющихся точек может служить неудовлетворительный контроль. Например, имело место кратковременное увеличение напряжения в сети, падение температуры в реакционной смеси или несоблюдение других параметров. Если последние несколько точек, полученные в определенный день или в определенной серии испытаний, резко отклоняются от общей тенденции, то можно ожидать явной неисправности прибора. При подтверждении этого точки необходимо исключить.

Существуют статистические критерии, в частности критерий Шовене. Какой-либо отсчет (например точка А (рис. 10) из ряда отсчетов можно исключить В том случае, если отношение максимально допустимого отклонения к среднему квадратичному отклонению  $s$  превышает критериальное. Значения критерия при различном числе данных следующие:

Число данных	4	5	6	10	15
Критерий Шовене	1,54	1,63	1,73	1,96	2,13

Критерием пользуются при числе точек не менее 4, применяют это правило только один раз. Если же точки имеют настолько большой разброс (в пределах одной и той же закономерности), что необходимо массовое исключение данных, тогда необходима переоценка эксперимента, новое его приборное оснащение.

Предположим, что точки нанесены на график. Можно ожидать прямо пропорциональной зависимости. Как в этом случае провести наилучшую прямую? Наилучшей называют линию, проходящую через множество точек таким образом, что она занимает положение, при котором сумма квадратов отклонений точек от этой линии минимальна. Это правило объясняет происхождение термина «метод наименьших квадратов».

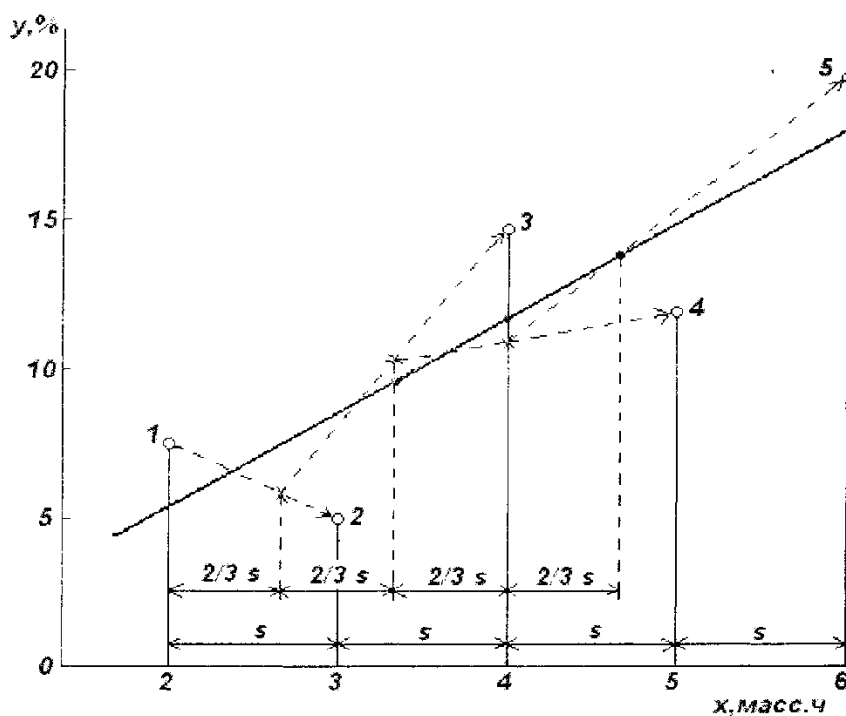


Рис. 11. Пример построения прямой графическим методом наименьших квадратов: светлые кружки – экспериментальные точки; черные – точки на прямой, построенной методом наименьших квадратов

Быстрый графический метод построения прямой разработал Асковиц для случая, когда интервалы между значениями переменной одинаковы. Соединим точки 1 и 2 отрезком пунктирной прямой, отложим на нем расстояние, равное  $2/3 s$  (рис.11). Полученную точку соединим с точкой 3. Двигаясь в сторону точки 3, снова проходим расстояние, равное  $2/3 s$ , и делаем новую отметку. Повторяем эту процедуру, пока не будет получена последняя точка. Эта последняя точка лежит на прямой наименьших квадратов. Теперь начинаем построение с другого конца и повторяем весь процесс, двигаясь в противоположном направлении. Находим вторую точку, лежащую на прямой. Чтобы не усложнять чертеж, на рисунке показано нахождение только одной из двух точек.

При построении предполагается, что только переменная  $y$  может иметь ошибку, а все подлежащие обработке данные получены с одинаковой точностью. Если требуется дать оценку точности, тогда находим величину отклонения точек от прямой как разницу экспериментальных и расчетных значений  $(y_i^y - y_i^p)$  и вычисляем среднее квадратичное отклонение:

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i^y - y_i^p)^2.$$

В этом случае, если одна точка известна заранее (это может быть начало координат), то ошибку могут иметь как  $y$ , так и  $x$ . Применяют метод группировки, позволяющий найти лишь угловой коэффициент прямой. Для нахождения используют координаты  $m$  точек, сгруппированных в одной части графика ( $y$  и  $x$ ), и координаты такого же числа точек в другой части графика ( $y'$  и  $x'$ ):

$$b = \frac{\sum y - \sum y'}{\sum x - \sum x'}.$$

Средние точки опускают. Данные, приведенные на рис.11, сгруппируем для двух последних и двух первых точек. Точку 3 опустим. Тогда

$$b = \frac{(12,5 + 20,0) - (5,0 + 7,5)}{(5 + 6) - (2 + 3)} = 3,3.$$

Метод пригоден даже тогда, когда интервалы между значениями  $x$  не являются одинаковыми. Этот метод относится к приближенным.

### **Метод наименьших квадратов (аналитический)**

*Краткая теория метода наименьших квадратов.* Допустим, что некоторая теоретическая модель предполагает линейную зависимость одной из характеристик системы от других:  $y = \sum_i k_i \cdot x_i$  ( $i$  – число независимых переменных). Задача заключается в следующем: при фиксируемых параметрах  $x$  и измеренных значениях  $y$  рассчитать вектор параметров  $k$ , удовлетворяющий некоторому критерию оптимальности.

В методе наименьших квадратов этим критерием является минимум суммы квадратов отклонений рассчитанных значений  $y$  от наблюдаемых (экспериментальных):  $\min \sum_i (y_{s,i} - y_i)^2$ . Чтобы найти минимум функции, это выражение надо продифференцировать по параметрам и приравнять нулю (условие

минимума). В результате поиск минимума суммы квадратов сводится к простым операциям с матрицами (см. например МНК, регрессионный анализ).

Если теоретическая модель представляет собой линейную зависимость от одного параметра ( $y = a + b \cdot x$ ), то решение выражается в виде простых формул, которые можно рассчитать даже на микрокалькуляторе:

$$Z = n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2;$$

$$a = (\sum y_i \sum x_i^2 - \sum y_i x_i \sum x_i) / Z; \quad S_a^2 = S_y^2 \sum x_i^2 / Z;$$

$$b = (n \sum y_i x_i - \sum y_i \sum x_i) / Z; \quad S_b^2 = S_y^2 n / Z;$$

$S_y^2 = \sum (y_{s,i} - y_i)^2 / (n - 2)$  ( $y_{s,i}$  – рассчитанное значение,  $y_i$  – экспериментально измеренное значение).

При расчете погрешностей предполагается, что точность плана эксперимента (значений  $x$ ) значительно превосходит точность измеряемых значений  $y$ , погрешность измерения которых подчиняется нормальному распределению.

### Использование пакета действующих программ

Пакет программ расчета такой линейной модели приведен на сайте: <http://www.sinisha.ru/math/mnk.html> . Для расчета параметров линейной зависимости  $y = a + b \cdot x$  по этим программам нужно ввести в соответствующие колонки приведенной таблицы наблюдаемые значения величин факторов. В результате расчета будет вычерчен график линейной зависимости  $y = a + b \cdot x$ , приведены рассчитанные значения коэффициентов  $a$  и  $b$ , выборочная дисперсия и коэффициент корреляции.

## Лекция №10(4 часа)

### Нахождение эмпирических уравнений

(Линеаризация зависимостей)

Представление зависимости в виде прямой оказывается удобным для обеспечения равной точности на всех участках графика (идеально, когда наклон прямой равен  $45^\circ$ ). Кроме того, это удобно при экстраполяции, при применении метода наименьших квадратов, при нахождении эмпирического уравнения. Последнее получают на основе экспериментальных данных при изучении явлений или процессов, еще не имеющих прочной теоретической базы. Анализ полученных таким образом уравнений вскрывает некоторые закономерности и способствует углубленному пониманию явления, сами уравнения могут использоваться для расчетов и других практических целей.

Методика заключается в нанесении данных на график в линейных координатах, затем через точки проводится плавная кривая. Плавность обеспечивается использованием лекал. Проверка состоит в наблюдении за ходом кривой при взгляде на нее в плоскости листа на уровне глаза (напоминает уходящие вдаль рельсы). Если плавность нарушена, мы обнаружим четкий излом. После этого выбирается наиболее подходящая функция и на кривой берут произвольные точки для проверки соответствия принятой функции.

Проверку производят для «специфических» значений аргумента. Предположим, необходимо построить график функции  $y = \frac{1}{1+x^2}$ , причем  $x$  может принимать как

положительные, так и отрицательные значения. Выберем несколько значений аргумента, найдем соответствующие значения функции:

x	-2	-1	0	1	2
y	0,2	0,5	1	0,5	0,2.

По полученным координатам построим точки и соединим их пунктирной линией (рис. 12). Проверим, правильно ли мы провели кривую линию между найденными точками графика. Возьмем  $x = 0,5$ . Тогда  $y = 0,8$  и соответствующая точка ложится выше пунктирной кривой. Значит на участке  $0 < x < 1$  график идет не так, как мы думали. На «сомнительном» участке возьмем еще значения  $x = 0,25$  и  $x = 0,75$ . Соединив полученные точки, получим правильную кривую без излома, что весьма существенно при обсуждении изучаемого явления.

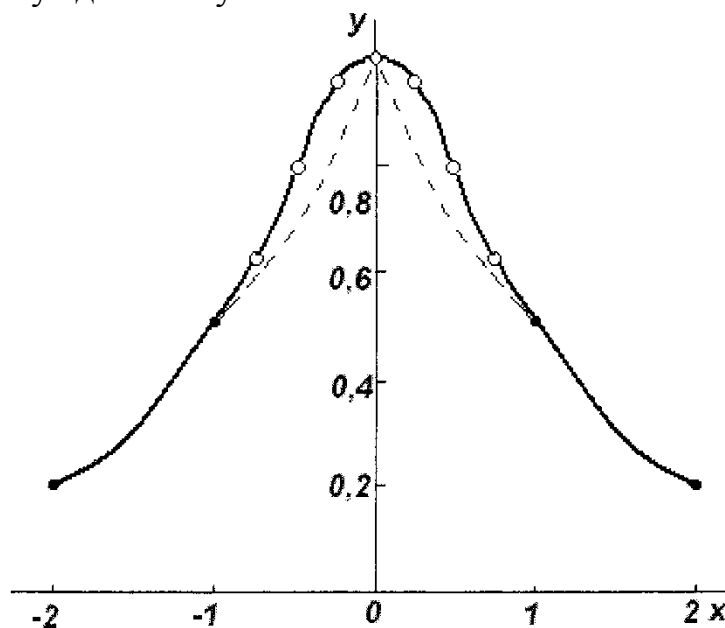


Рис 12. Проверка правильности построения кривой: черные точки – первоначальные значения аргумента; светлые кружки – дополнительные точки при значениях аргумента, меньших единицы

Начинающие исследователи выбор и преобразование системы координат производят методом проб и ошибок до тех пор, пока полный набор данных не даст в пределах разумного отклонения прямую линию. Распространено представление данных в логарифмических координатах (или наносят логарифмы значений  $x$  и  $y$  на линейную графическую бумагу). Тогда график простой и в виде функции

$$y = kx^a \tag{28}$$

имеет вид прямой. Логарифмированием получим:

$$\log y = \log k + a \log x, \tag{29}$$

где  $k$  и  $a$  - согласующие постоянные.

Используют также полулогарифмическую бумагу: одна шкала является логарифмической; другая - линейной. Прямая получается в том случае, если данные подчиняются закону

$$y = k \cdot 10^{ax} \text{ или } y = ke^{ax}. \tag{30}$$

После преобразования этой функции имеем:

$$\log y = \log k + ax \tag{31}$$

Чтобы получалась прямая, шкала по оси  $y$  должна быть логарифмической, а по оси  $x$  - линейной.

Гиперболическую функцию

$$y = \frac{x}{a + bx} \quad (32)$$

можно представить в виде прямой, построив в линейных координатах зависимость  $x/y$  от  $x$  или  $1/y$  от  $1/x$ .

Иногда в линейных координатах получают колоколообразную кривую. Это свидетельствует о том, что функция параболическая или более общая полиномиальная функция

$$y = a + bx + cx^2 \quad (33).$$

В этом случае строят в линейных координатах график зависимости  $\frac{y - y_1}{x - x_1}$  - от  $x$ ,

где  $x_1$  и  $y_1$  - координаты произвольной точки на гладкой исходной кривой.

Существуют и другие преобразования, приводящие к получению на графике прямой, а на этой основе - к получению ценной информации. Для неустановившихся тепловых процессов часто строят график зависимости температуры от логарифма времени. При расчете энергии активации химических реакций прямую получают, откладывая по оси абсцисс величину, обратную абсолютной температуре, а по оси ординат - логарифм константы скорости реакции. Кинетическая природа прочности материалов иллюстрируется на графиках зависимости логарифма долговечности от напряжений при разных температурах. Представление процесса горения древесины в координатах логарифм изменения массы - продолжительность горения вскрыло существование стадии пламенного горения и стадии горения угольного остатка, что позволило разработать методы избирательного воздействия на механизм процесса с целью полного его исключения.

Рассмотрим важнейшее свойство целлюлозных и древесных материалов - гигроскопичность. Кривые гигроскопичности устанавливают связь между давлением паров (относительной влажностью воздуха, выражающуюся в виде  $p/p_0$ , где  $p$  - давление пара, находящегося в равновесии с материалом,  $p_0$  - давление насыщенных паров воды) и количеством поглощенной воды ( $a$ ). Они имеют s-образную форму и сложны для интерпретации. Была найдена такая зависимость, которая линеаризует связь между  $p/p_0$  и  $a$  для широкого участка изотермы (рис. 13). Это позволило выделить ту часть изотермы, которая при высоких давлениях паров отвечает капиллярной конденсации ( $a_k$ ), оценить молекулярное поглощение воды при достижении области насыщения паров ( $a_c$ ), а также установить значение коэффициента  $k$ , который оказался постоянным для различных видов целлюлозы, но зависим от степени делигнификации образца, содержания гемицеллюлоз, интенсивности тепловой обработки и др. Э.3. Файнберг, в работах которого обосновывается правомерность отнесения значений  $a_c$  и  $a_k$  к указанным явлениям, пишет: «Линеаризация зависимостей представляет собой один из важных приемов топологического анализа и необязательно требует непосредственного обоснования линейной зависимости между переменными в избранных координатах, хотя, в принципе, такая возможность не исключается».

Исследователи применяют графическое дифференцирование, кривой, получаемой по данным эксперимента. Например, растворимость целлюлозы зависит от длины ее макромолекул или степени полимеризации (СП). Тогда, приведя ступенчатое растворение; продифференцировав полученную кривую, мы получим представление о полидисперсности целлюлозы.

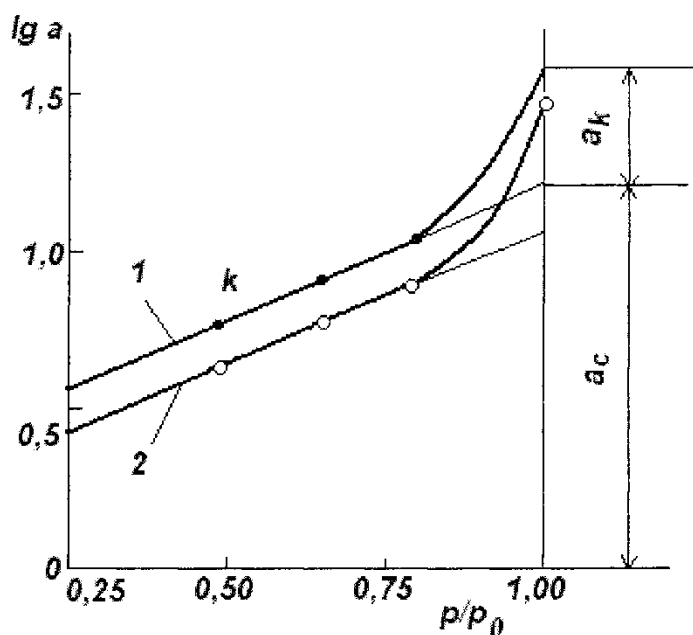


Рис.13. Изотерма сорбции паров воды двумя целлюлозными материалами в координатах  $\lg a - p/p_0$  (обозначения относятся к образцу 1)

Выпускаются приборы, которые позволяют получать данные в нормальном виде и в виде кривой, получаемой путем дифференцирования. В частности, такой принцип заложен в приборах для дифференциально-термического анализа (ДТА).

В заключение следует отметить, что результаты исследований, творчески и корректно обработанные и приведенные к линейному виду, содержат интересные и важные закономерности. Встречаются вместе с тем публикации и отчеты с необработанными данными, анализ которых показывает, какая ценная информация оказалась потерянной, а не владеющие методами обработки данных авторы подменяют доказательства умозрительными рассуждениями и декларациями.

### Планирование факторных экспериментов. Общие сведения

Математический аппарат используется не только на стадии обработки результатов эксперимента; как это рассмотрено выше, но также и при подготовке и проведении опытов. С развитием формализованных методов стало возможным говорить о возникновении новой научной дисциплины - математической теории эксперимента. Если раньше выбор стратегии эксперимента определялся целиком интуицией исследователя, то теперь все чаще с целью повышения эффективности экспериментов, в которых изучается влияние нескольких факторов на функцию отклика, используют планирование эксперимента.

Планирование эксперимента является одним из разделов математической теории эксперимента. Оно представляет собой оптимальное управление экспериментом при неполном знании механизма явлений. Планирование

эксперимента начало развиваться в 20—30-х годах прошлого века, его возникновение связано с именем английского ученого Ренальда Фишера. В нашей стране плодотворно развивают это направление В. В. Налимов, Ю. П. Адлер и др. Чем сложнее задача, тем эффективнее применение статистических методов планирования эксперимента. Считается, что новая стратегия исследования повышает эффективность эксперимента от двух до десяти раз.

Выделим некоторые основные методы, используемые в исследованиях по химической переработке древесины.

**Дисперсионный анализ.** Используют в задачах, когда нужно предложить такую схему расположения опытов, которая позволит разложить суммарную дисперсию на отдельные составляющие, отнести их к конкретным изучаемым причинам. Этот метод используется наиболее широко.

**Факторные эксперименты.** Используют в задачах, когда нужно оценить линейные эффекты и эффекты взаимодействия при большом числе независимых переменных (факторов). В отличие от классического эксперимента варьируют одновременно всеми факторами сразу обычно на двух уровнях.

**Исследование поверхности отклика.** Это направление развивает методы факторного эксперимента. Варьируют многими независимыми переменными с целью найти оптимальный состав (рецептуру) материала или продукта, а также оптимальные условия проведения технологического процесса (например, варки целлюлозы, гидролиза растительного сырья и др.). При этом аналитическое выражение функции отклика до опытов неизвестно.

Объект исследования в планировании эксперимента рассматривают как «черный ящик», то есть он представляет собой плохо организованную систему, а исследователь сознательно (по крайней мере, на этой стадии) отказывается от детального, традиционного изучения механизма всех явлений, протекающих в объекте (системе). Чтобы лучше представить концепцию «черного ящика», обратимся к рис. 1. Мы видим, что на объект исследования воздействуют входные параметры (факторы) посредством элементов испытательной аппаратуры, а также внешние переменные. Реакция объекта исследования проявляется в виде выходного параметра, или функции отклика, Задача формулируется так: необходимо установить связь между выходным параметром и факторами в условиях их одновременного действия,

В простейшем случае результатом может быть одно уравнение. В общем случае математическое описание называют *математической моделью*. Модели, получаемые с помощью методов планирования эксперимента в виде уравнений регрессии, принято называть *экспериментально-статистическими*.

Следует иметь в виду, что качество материала или качество технологического процесса чаще всего характеризуется несколькими функциями отклика. Например, стандарт на бумагу для бумажно-слоистого пластика регламентирует: массу  $1 \text{ м}^3$ , прочность и сухом и во влажном состоянии, воздухопроницаемость, капиллярную впитываемость, белизну. Обычно невозможно найти такое сочетание значений факторов, при которых одновременно достигаются максимум прочности и минимум массы  $1 \text{ м}^2$  материала. Максимальная производительность оборудования и минимальная себестоимость продукции также достигаются при различных



технологических режимах. Следовательно, выбор наилучших условий (оптимизация) осуществляется, как правило, при ограничениях на влияющие факторы и функции отклика.

Величина, характеризующая уровень оптимизации процесса, называется *критерием оптимальности*. В частном случае критерием оптимальности может быть одна из функций отклика, характеризующих процесс.

*Оптимизация* процесса (или состава) представляет собой целенаправленный поиск значений факторов, доставляющих экстремум критерия оптимальности с учетом ограничений, наложенных как на факторы, так и на функции отклика. В этом определении особо подчеркнем слово «целенаправленный». Алгоритмы поиска достаточно разнообразны: метод крутого восхождения, симплексный метод и др.

### Лекция № 11(2часа)

#### Полный двухфакторный эксперимент.

#### Поиск оптимальных условий ведения технологического процесса путем математического факторного планирования.

Пусть нам при проведении исследований требуется определить оптимальные значения двух технологических факторов  $P$  и  $\tau$  ( $P$  – давление прессования картона,  $\tau$  – продолжительность его прессования или уплотнения в горячем прессе). Условием оптимизации факторов является обеспечение минимального значения показателя качества картона – его сжимаемости под давлением –  $C$ . Тогда  $C$  – параметр оптимизации.

По традиционной методике необходимо исследовать всю область факторного пространства (в нашем случае плоскость  $P$ - $\tau$ ). Результаты исследования дадут значения сжимаемости  $C$  как функции от  $P$  и  $\tau$ , которую называют поверхностью отклика  $S$  (см. рис.14). Мы выбрали специально двухфакторную модель, чтобы ее наглядно показать на рисунке. В случае большего числа факторов (а их число не имеет ограничения) точного наглядного представления получить невозможно. Построив поверхность отклика (см. рис.14), на ней графическим методом можно найти минимальное значение сжимаемости ( $C_{\text{мин}}$ ) и соответствующие ему оптимальные значения технологических

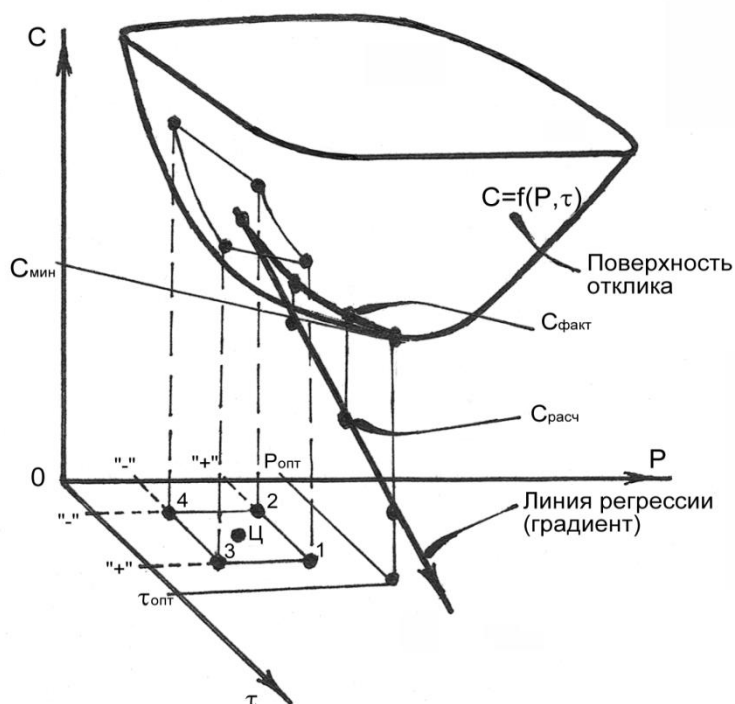


Рис.14. К объяснению факторного планирования

сжимаемости ( $C_{\text{мин}}$ ) и соответствующие ему оптимальные значения технологических

факторов  $P_{\text{опт}}$  и  $\tau_{\text{опт}}$ . При такой традиционной методике исследований требуется проведение **большого числа опытов**, чтобы охватить всё факторное пространство, в особенности при большом числе факторов, учитывая необходимость их парного сочетания.

При **математическом факторном планировании** используется небольшая область факторного пространства (на рис. 14 обозначена цифрами 1,2,3,4). Благодаря чему значительно **сокращается количество опытов** и время их проведения. По результатам опытов рассчитывают коэффициенты уравнения регрессии. Проверяют их значимость. Рассчитывают и проводят крутое восхождение (этот термин используется как к достижению максимума, так и минимума), по результатам которого находят оптимальные значения технологических параметров  $P_{\text{опт}}$  и  $\tau_{\text{опт}}$  (см. рис. 14). Здесь может возникнуть вопрос: как же можно неплоскую поверхность отклика описывать линейным уравнением? Но надо помнить, что уравнение регрессии мы получаем для небольшой области факторного пространства, для которой с понятным допущением (с целью упрощения) этот участок поверхности отклика мы можем считать плоским. А, самое главное, - это уравнение дает **направление движения к оптимуму**. Поэтому используют термин «движение по градиенту».

Теперь рассмотрим конкретный пример полного факторного планирования, при котором реализуют все возможные комбинации из  $k$  факторов на двух выбранных уровнях. Необходимое количество опытов при этом определяется по формуле  $N=2^k$  (34). Для **двухфакторного** эксперимента  $N = 2^2 = 4$  (см. табл. 1).

В примере приведен поиск оптимальных условий уплотнения готового жёсткого картона. В качестве параметра оптимизации выбрали сжимаемость электрокартона. На основании априорной информации и предварительных опытов было установлено, что величина сжимаемости электрокартона ( $C$ ) при проведении уплотнения зависит от давления уплотнения ( $P$ ), продолжительности уплотнения ( $\tau$ ) температуры плит пресса и влажности картона. Последние два фактора стабилизировали: температуру плит пресса - на уровне  $(150 \pm 3)$  °С, влажность образцов - на уровне 2-3% путём их сушки перед опытом в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течении 10 часов. Температура  $(150 \pm 3)$ °С выбрана на основании того, что согласно литературным данным она соответствует температуре стеклования целлюлозы.

На основании анализа предварительных опытов были выбраны интервалы варьирования, уровни факторов, составлена матрица планирования и проведены опыты по определению минимального значения сжимаемости при уплотнении картона в горячем прессе. Результаты опытов приведены в таблице 1.

## Матрица планирования и результаты опытов

Количество параллельных опытов	Кодированное значение фактора		Натуральное значение фактора		C <sub>i</sub> , %	S <sub>b</sub> , %
	P <sub>i</sub>	τ <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> , МПа	τ <sub>i</sub> , мин		
4	+	+	100	16	2,45	0,089
4	-	+	20	16	3,10	
4	+	-	100	2	2,34	
4	-	-	20	2	3,88	

По результатам опытов (таблица 1) были вычислены коэффициенты уравнения регрессии, дисперсия коэффициентов регрессии ( $S_b^2$ ) и значение доверительного интервала  $\Delta b = \pm t_c \cdot S_b$ , где  $t_c$  - критерий Стьюдента при 95% доверительной вероятности.

$$C = 3,07 - 0,42 \cdot P - 0,29 \cdot \tau \quad (35),$$

$$\Delta b = \pm 0,19 \quad (36).$$

Вспомогательные таблицы для расчета:

P <sub>i</sub>	x	C <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> ·C <sub>i</sub>
+1		2,45	+2,45
-1		3,10	-3,10
+1		2,84	+2,84
-1		3,88	-3,88

τ <sub>i</sub>	x	C <sub>i</sub>	τ <sub>i</sub> ·C <sub>i</sub>
+1		2,45	+2,45
+1		3,10	+3,10
-1		2,84	-2,84
-1		3,88	-3,88

$$C_p = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 P_i \cdot C_i = -0,42 \quad (37),$$

$$C_\tau = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \tau_i \cdot C_i = -0,29 \quad (38),$$

$$C_0 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 C_i = 3,07 \quad (39),$$

$$C = C_0 + C_p P + C_\tau \tau \quad (40), \text{ или}$$

после учета (37), (38) и (39) получим уравнение регрессии (35) :

$$C = 3,07 - 0,42P - 0,29\tau \quad .$$

## Расчёт крутого восхождения и результаты опытов.

Таблица 2.

Характеристика плана и номер опыта	$P_i$	$\tau$	$C_{расч}$	$C_{эп}$	Состояние поверхности образцов	Данные микроскопических наблюдений
Центр плана	60	9,0	-	-	-	-
Интервал варьирования	40	7,0	-	-	-	-
Шаг движения	10	1,2	-	-	-	-
Крутое восхождение						
Опыт № 1	50	7,8	3,25	3,22	Отсутствие "мраморности"	отсутствие мелких волокон
2	60	9,0	3,07	3,03	Отсутствие "мраморности"	отсутствие мелких волокон
3	70	10,2	2,89	2,90	"мраморность"	наличие мелких волокон
4	80	11,4	2,71	2,76	"мраморность"	наличие мелких волокон
5	90	12,6	2,54	2,61	Интенсивная "мраморность"	наличие мелких волокон
6	100	13,8	2,36	2,50	Интенсивная "мраморность"	повышенное количество мелких волокон

Результаты реализации крутого восхождения (таблица 2) показывают, что факторы уплотнения ( $P$  и  $\tau$ ) по мере их повышения при движении по градиенту приводят также к снижению показателя сжимаемости, однако в опытах 3-6 было замечено появление "мраморности" на образцах. Поэтому были предприняты микроскопические наблюдения поверхности картона, которые для опытов 3-6 показали наличие мелких волокон в местах "мраморности" и увеличение их количества при движении от опыта 3 к опыту 6. Было замечено, что волокна при их хаотичном расположении в плоскости элементарного слоя картона как бы разрезают друг друга. Это обстоятельство, т.е. разрушение структуры картона, является ограничивающим условием движения по градиенту. Таким образом, давление - 60 МПа и продолжительность - 9 мин являются значениями оптимума факторов уплотнения картона в горячем прессе. Таким образом, цель проведения

исследований достигнута: Определены оптимальные значения факторов уплотнения картона  $P_{\text{опт}}$  и  $\tau_{\text{опт}}$  (с учетом ограничивающего фактора — мраморности на поверхности картона).

Исследуемые свойства опытного картона до и после уплотнения при оптимальных значениях факторов в сравнении со свойствами картона марки Б приведены в таблице 3.

Согласно данным таблицы 3 сжимаемость после кондиционирования уплотнённого картона снизилась по сравнению со сжимаемостью исходного картона в 1,5 раза, а остаточная деформация - в 3.1 раза при незначительном увеличении плотности.

Таблица 3.

**Исследуемые свойства картона до и после уплотнения при оптимальных условиях**

Наименование показателя	Значение показателя		
	Картон марки Б толщиной 2,0 мм после кондиционирования	Опытный жёсткий картон толщиной 2,0 мм	
		до уплотнения (после кондиционирования)	после уплотнения при оптимальных условиях (после кондиционирования)
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,10	1,26	1,31
Сжимаемость на воздухе при 20 МПа, %	10,79	5,60	3,79
Остаточная деформация, %	5,53	2,50	0,81

### **Вывод по рассмотренному примеру.**

При уплотнении картона в горячем прессе в выбранных условиях эксперимента проведены исследования с применением математического факторного планирования. Определены оптимальные значения факторов уплотнения картона  $P_{\text{опт}}$  и  $\tau_{\text{опт}}$ . Достигнуты минимальные значения сжимаемости и остаточной деформации опытного картона (после кондиционирования), которые соответственно составляют: 3,79 % и 0,81 % при плотности картона 1,31 г/см<sup>3</sup>. Это достигается за счёт сглаживания маркировки на поверхности картона от подкладочных сеток.

### **Лекция №12(2часа)**

#### **Эффективность научных исследований**

Под экономической эффективностью научных исследований в целом понимают снижение затрат труда на производство продукции в той отрасли, где внедряют законченные научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки (НИР и ОКР). Основные виды эффективности научных исследований:

1) экономическая эффективность — рост национального дохода, повышение производительности труда, качества продукции, снижение затрат на научные исследования;

2) укрепление обороноспособности страны;

3) социально-экономическая эффективность — ликвидация тяжелого труда, улучшение санитарно-гигиенических условий труда, очистка окружающей среды и т. д.;

4) престиж отечественной науки.

Наука является наиболее эффективной сферой капиталовложений. В мировой практике принято считать, что прибыль от капиталовложений в нее составляет 100—200% и намного выше прибыли любых отраслей. По данным зарубежных экономистов, на один доллар затрат на науку прибыль в год составляет 4—7 долларов и больше.

С каждым годом наука обходится обществу все дороже. На нее расходуют огромные суммы. Поэтому в экономике науки возникает и вторая проблема — систематическое снижение народнохозяйственных затрат на исследования при возрастающем эффекте от их внедрения. В связи с этим под эффективностью научных исследований понимают также по возможности более экономное проведение НИР.

Хорошо известно, какое большое значение ныне придается вопросам ускоренного развития науки и НТП. Делается это по глубоким стратегическим причинам, которые сводятся к тому объективному факту, что наука и система ее приложений стала реальной производительной силой, наиболее мощным фактором эффективного развития общественного производства.

Есть два кардинально различных пути ведения дел в экономике: экстенсивный путь развития и интенсивный. Путь экстенсивного развития — это расширение заводских площадей, увеличение числа станков и т. д. Интенсивный путь предполагает, чтобы каждый завод с каждого работающего станка, сельскохозяйственное предприятие с каждого гектара посевных площадей получали все больше и больше продукции. Это обеспечивается использованием новых научно-технических возможностей: новых средств труда, новых технологий, новых знаний. К интенсивным факторам относится и рост квалификации людей, и вся совокупность организационных и научно-технических решений, которыми вооружается современное производство.

Сегодня, примерно, каждый рубль, вложенный в науку, в НТП и освоение нововведений (новой техники, новых технологий) в производстве, дает в четыре раза больший эффект, чем тот же рубль, вложенный в экстенсивные факторы.

Это очень существенное обстоятельство. Из него вытекает, что и впредь наша хозяйственная политика будет направлена на то, чтобы во всех сферах общественного производства решать проблемы дальнейшего развития преимущественно за счет интенсивных факторов. При этом особая роль отводится науке, а на саму науку распространяется то же самое требование. Сошлемся на характерные цифры. За последние 40—50 лет количество новых знаний увеличилось примерно в два-три раза, в то же время объем информации (публикаций, различной документации) увеличился в восемь-десять раз, а объем

средств, отпускаемых на науку, — более чем в 100 раз. Эти цифры заставляют задуматься. Ведь рост ресурсов, затрачиваемых на науку, не является самоцелью. Следовательно, научную политику надо менять, необходимо решительно повысить эффективность работы научных учреждений.

Есть еще одно важное обстоятельство. В данном случае нас интересует не сам по себе прирост новых знаний, а прирост эффекта в производстве. Мы должны проанализировать: все ли нормально с пропорциями между получением знаний и их применением на производстве. Нужно высокими темпами увеличивать вложения в мероприятия по освоению результатов НТП в производстве.

Существует некоторая теоретическая модель, построенная академиком В.М. Глушковым из соображений наиболее полного использования новых знаний, новых научных данных. В соответствии с этой моделью, если ассигнования в области фундаментальных исследований принять за единицу, то соответствующие показатели составят: по прикладным исследованиям — 4, по разработкам — 16, по освоению нововведений в производство — 250. Если суммарные затраты на фундаментальные и прикладные исследования, а также на опытно-конструкторские разработки принять за единицу, то отношение между вложениями в производство новых знаний и вложениями в освоение этих знаний народным хозяйством составит 1:12. А в действительности такое соотношение 1:7. Это свидетельствует о том, что в народном хозяйстве зачастую нет свободных мощностей, не хватает возможностей для маневра (в США такое соотношение 1:11).

В современной науке каждый четвертый — руководитель. Это действительный факт. Руководителей в науке больше, чем физиков, химиков, математиков и пр., отдельно взятых. Но математиков, физиков, химиков и прочих готовят вузы (и профессиональный уровень их знаний, как правило, очень высок). Руководству же научной деятельностью их не обучали. Этому они учатся сами и самым непродуктивным способом — на своих ошибках. Решение этого вопроса тоже сможет поднять эффективность научных исследований.

Одним из путей повышения эффективности научных исследований является использование так называемых попутных или промежуточных результатов, которые зачастую совсем не используются или используются поздно и недостаточно полно. Например, космические программы. Чем они оправдываются экономически? Конечно, в результате их разработки была улучшена радиосвязь, появилась возможность дальних передач телевизионных программ, повышена точность предсказания погоды, получены большие научные фундаментальные результаты в познании мира и т. д. Все это имеет или будет иметь экономическое значение.

На эффективность исследовательского труда прямо влияет оперативность научных изданий, прежде всего периодических. Анализ сроков нахождения статей в редакциях отечественных журналов показал, что они задерживаются вдвое дольше, чем в аналогичных зарубежных изданиях.

Известно, что темпы роста инструментальной вооруженности современной науки должны примерно в 2,5—3 раза превышать темпы роста численности работающих в этой сфере. В целом по стране этот показатель еще недостаточно высок, а в некоторых научных организациях он заметно меньше единицы, что приводит к фактическому снижению КПД интеллектуальных ресурсов науки.

Современные научные приборы морально изнашиваются столь быстро, что за 4—5 лет, как правило, безнадежно устаревают. При нынешних темпах НТП абсурдной выглядит так называемая бережная (по нескольку часов в неделю) эксплуатация прибора. Рационально приобретать приборов меньше, но самых совершенных, и загружать их максимально, не боясь износа, а через 2—3 года интенсивной эксплуатации заменять новыми, более современными.

В современной науке вопросом вопросов являются кадры. Следует признать, что в целом индустриальный сектор науки еще очень слабо обеспечен высококвалифицированными кадрами исследователей. Большинство заводских научных подразделений, по масштабам работ сравнимых с обычными НИИ, имеют в несколько раз меньшее число докторов и кандидатов наук. Особого внимания заслуживает проблема целевой подготовки кадров для индустриального сектора науки.

Для оценки эффективности исследований применяют разные критерии, характеризующие степень их результативности.

Фундаментальные исследования начинают отдавать капиталовложения лишь спустя значительный период после начала разработки. Результаты их обычно широко применяют в различных отраслях, иногда в тех, где их совсем не ожидали. Поэтому подчас нелегко планировать результаты таких исследований. Фундаментальные теоретические исследования трудно оценить количественными критериями эффективности. Обычно можно установить только качественные критерии: возможность широкого применения результатов исследований в различных отраслях народного хозяйства страны; новизна явлений, дающая большой толчок для принципиального развития наиболее актуальных исследований; существенный вклад в обороноспособность страны; приоритет отечественной науки; отрасль, где могут быть начаты прикладные исследования; широкое международное признание работ; фундаментальные монографии по теме и цитируемость их учеными различных стран.

Эффективность прикладных исследований оценить значительно проще. В этом случае применяют различные количественные критерии. Об эффективности любых исследований можно судить лишь после их завершения и внедрения, т. е. тогда, когда они начинают давать отдачу для народного хозяйства. Большое значение приобретает фактор времени. Поэтому продолжительность разработки прикладных тем по возможности должна быть короче. Лучшим является такой вариант, когда продолжительность их разработки до трех лет. Для большинства прикладных исследований вероятность получения эффекта в народном хозяйстве в настоящее время превышает 80%.

Как оценить эффективность исследования коллектива (отдела, кафедры, лаборатории и т. д.) и одного научного работника? Эффективность работы научного работника оценивают различными критериями: публикационным, экономическим, новизной разработок, цитируемостью работ и др. Публикационным критерием характеризуют общую деятельность — суммарное количество печатных работ, общий объем их в печатных листах, количество монографий, учебников, учебных пособий. Этот критерий не всегда объективно характеризует эффективность научного работника. Могут быть случаи, когда при меньшем количестве печатных



работ отдача значительно больше, чем от большего количества мелких печатных работ. Экономическую оценку работы отдельного научного работника применяют редко. Чаще в качестве экономического критерия используют показатель производительности труда научного работника. Критерий новизны НИР — это количество авторских свидетельств и патентов. Критерий цитируемости работ ученого представляет собой число ссылок на его печатные работы. Это второстепенный критерий.

Эффективность работы научно-исследовательской группы или организации оценивают несколькими критериями: среднегодовой выработкой НИР, количеством внедренных тем, экономической эффективностью от внедрения НИР и ОКР, общим экономическим эффектом, количеством полученных авторских свидетельств и патентов, количеством проданных лицензий или валютной выручкой.

Экономический эффект от внедрения — основной показатель эффективности научных исследований — зависит от затрат на внедрение, объема внедрения, сроков освоения новой техники и многих других факторов. Эффект от внедрения рассчитывают за весь период, начиная от времени разработки темы до получения отдачи. Обычно продолжительность такого периода прикладных исследований составляет несколько лет. Однако в конце его можно получить полный народнохозяйственный эффект.

Уровень новизны прикладных исследований и разработок коллектива характеризуют числом завершенных работ, по которым получены авторские свидетельства и патенты. Данный критерий характеризует абсолютное количество свидетельств и патентов. Более объективными являются относительные показатели, например количество свидетельств и патентов, отнесенных к определенному количеству работников данного коллектива или к числу тем, разрабатываемых коллективом, которые подлежат оформлению свидетельствами и патентами. Различают три вида экономического эффекта: предварительный, ожидаемый и фактический.

Предварительный экономический эффект устанавливается при обосновании темы научного исследования и включении ее в план работ. Рассчитывают его по ориентировочным, укрупненным показателям с учетом прогнозируемого объема внедрения результатов исследований в группу предприятий данной отрасли.

Ожидаемый экономический эффект вычисляют в процессе выполнения НИР. Его условно относят (прогнозируют) к определенному периоду (году) внедрения продукции в производство. Ожидаемая экономия — более точный экономический критерий по сравнению с предварительной экономией, хотя в некоторых случаях она является также ориентировочным показателем, поскольку объем внедрения можно определить лишь ориентировочно. Ожидаемый эффект вычисляют не только на один год, но и на более длительный период (интегральный результат). Ориентировочно такой период составляет до 10 лет от начала внедрения для новых материалов и до 5 лет для конструкций, приборов, технологических процессов.

Фактический экономический эффект определяется после внедрения научных разработок в производство, но не ранее, чем через год. Расчет его производят по фактическим затратам на научные исследования и внедрение с учетом конкретных стоимостных показателей данной отрасли (предприятия), где внедрены научные

разработки. Фактическая экономия почти всегда несколько ниже ожидаемой: ожидаемую определяют НИИ ориентировочно (иногда с завышением), фактическую — предприятия, на которых осуществляется внедрение. Наиболее достоверным критерием экономической эффективности научных исследований является фактическая экономия от внедрения.

### **Общие требования к научно-исследовательской работе и её оформлению**

Все материалы, полученные в процессе исследования, обрабатывают, систематизируют и оформляют в виде научной работы. Это документ, который содержит исчерпывающие систематизированные сведения о выполненной работе.

Общие требования к научно-исследовательской работе: четкость и логическая последовательность изложения материала; убедительность аргументации; краткость и точность формулировок, исключающих возможность неоднозначного толкования; конкретность изложения результатов работы; обоснованность рекомендаций и предложений.

Общую структуру научно-исследовательской работы можно представить следующим образом:

1) титульный лист; 2) оглавление; 3) введение; 4) основная часть; 5) заключение; 6) список использованных источников; 7) приложения.

Титульный лист - это первая страница рукописи, на которой указаны надзаголовочные данные, сведения об авторе, заглавие, подзаголовочные данные, сведения о научном руководителе, место и год выполнения работы.

К надзаголовочным данным относятся: полное наименование учебного заведения, факультета и кафедры, по которой выполнена работа.

В средней части титульного листа пишется заглавие работы.

В подзаголовочных данных указывается вид работы (реферат, курсовая или дипломная работа).

Затем, ближе к правому краю титульного листа, пишутся фамилия, имя и отчество автора. Далее указывается ученая степень, ученое звание, ФИО научного руководителя.

В нижней части титульного листа указываются место и год написания работы.

Оглавление раскрывает содержание работы путем обозначения глав, параграфов и других рубрик научной работы с указанием страниц, с которых они начинаются. Оно должно быть в начале работы. Названия глав и параграфов должно точно повторять соответствующие заголовки в тексте.

Введение работы должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-исследовательской проблемы, основание и исходные данные для разработки темы, обоснование необходимости выполнения работы. Во введении должны быть показаны актуальность и новизна темы, связь данной работы с другими НИР.

Обычно объем введения не превышает 5-7% объема основного текста.

Основная часть может состоять из нескольких глав, разбитых на параграфы. Сначала рассматриваются литературные данные и проводится их анализ, излагаются теоретические положения, дается анализ различных точек зрения,

высказывается и аргументируется свое мнение, обосновывается содержание данной НИР. Затем излагаются использованные методики исследований. Далее раскрывается экспериментальная часть работы. В конце каждой главы делаются краткие выводы. Заключение должно содержать выводы по результатам выполненной научной работы и указание по возможности их внедрения.

Объем заключения не должен превышать 5-7% объема основного текста.

В список литературы включают только те источники, которые были использованы при написании и упомянуты в тексте или сносках. Список составляется по разделам с учетом требований государственного стандарта.

В приложения включаются извлечения из отдельных нормативных актов, копии подлинных документов, выдержки из справок, отчетов, образцы анкет, таблицы, графики и другие вспомогательные материалы, которые не являются частью работы и загромождали бы её основное содержание. При подсчете объема научной работы приложения не учитываются.

Деление текста на составные части с использованием заголовков, нумерации и прочих средств называется рубрикацией. Система рубрик включает заголовки частей, разделов, глав и параграфов, которые, как правило, нумеруются. При делении текста на главы и параграфы используются логические правила деления понятий. Под делением понятий понимается мыслительный процесс раскрытия объема понятия посредством выделения в нем видовых понятий. Рубрикация текста обычно связана с нумерацией - числовым (или буквенным) обозначением последовательности расположения его составных частей. Для этого используются римские и арабские цифры, прописные и строчные буквы. Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста. Главы нумеруют римскими цифрами.

Особенностью языка научной речи является подчеркнутая логичность. Эта логичность должна проявляться на различных уровнях: всего текста, отдельных частей, абзацев. Она характеризуется последовательным переходом от одной мысли к другой. В качестве средства связи между ними используются: вводные слова и предложения; местоимения, прилагательные и причастия; специальные функционально-синтаксические средства, указывающие на последовательность (прежде всего, затем, во-первых); причинно-следственные отношения (следовательно, поэтому) и т.д.

Научный язык характеризуется стремлением к объективности изложения материала. Объективность изложения обусловлена спецификой научного познания, направленного на установление истины. Для подтверждения объективности в тексте делается ссылка на то, кем высказана та или иная мысль, в каком источнике содержится использованная информация. Ради объективности в тексте научного произведения личные пристрастия, эмоциональные моменты не отражаются. В рукописи следует избегать штампов, избыточных словосочетаний. Не украшают речь повторения, растянутые фразы, нагромождения.

В качестве иллюстративного материала в курсовых и дипломных работах используются графики, диаграммы и схемы. *Иллюстрации* должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота отчета или с

поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации располагают после первой ссылки на них. Иллюстрации могут быть следующих видов: **график, диаграмма, схема, таблица.**

**График** - это условное изображение соотношения величин в их динамике при помощи геометрических фигур, линий и точек. График содержит следующие элементы: 1) оси абсцисс и ординат, шкалу с масштабами, числовые сетки. 2) На графике может быть изображена динамика нескольких явлений; тогда их кривые должны быть хорошо различаемы по цвету или форме. Внизу графика помещается обозначение рисунка (Рис. № 5 - пример) и пояснительная подрисуночная подпись. Так же оформляется подрисуночная подпись для **диаграмм, схем и фото.**

Если для построения графиков используются такие геометрические фигуры, как прямоугольники и круги, то их называют **диаграммами.** В зависимости от целей, количественной базы и применяемых геометрических фигур графики могут быть линейными, столбиковыми, полосовыми, секторными.

Столбиковые диаграммы строятся в системе прямоугольных координат. Основания столбиков одинаковой ширины помещают на оси абсцисс, а их высота отражает величину явлений. Полосовые диаграммы отличаются от столбиковых тем, что прямоугольники в них расположены не вертикально, а горизонтально (полосками). Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, каждый из которых занимает площадь круга, соответствующую величине отражаемого явления.

**Схема** - это изложение, описание, изображение чего-нибудь в главных чертах. Обычно делается без соблюдения масштаба с помощью условных изображений. Зачастую они вычерчиваются в виде прямоугольников или иных геометрических фигур с простыми связями — линиями.

**Таблицы.** Цифровой материал, как правило, должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь номер и заголовок. Заголовок и слово "Таблица" начинают с прописной буквы. Заголовок не подчеркивают. Если таблица в тексте одна, то её можно не нумеровать.

Заголовки граф таблиц должны начинаться с прописных букв, подзаголовки — со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и — с прописных, если они самостоятельные. Делить головки таблицы по диагонали не допускается. Высота строк должна быть не менее 8 мм. Графу "№ п. п." в таблицу включать не рекомендуется.

Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы ее можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист. При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью. Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки или графы таблицы выходят за формат таблицы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется ее головка, во втором случае — боковик.

Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его допускается заменять кавычками; если из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами "То же", а далее — кавычками. Ставить кавычки

вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

**Формулы.** Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова "где" без двоеточия. Уравнения и формулы рекомендуется выделять из текста свободными строками. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков (+), минус (-), умножение (x) и деление (:). Несложные формулы допускается приводить в тексте строки без выделения.

Ссылки в тексте на литературные источники допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку источников, выделенный квадратной скобкой.

Ссылки на иллюстрации указывают порядковым номером иллюстрации.

Ссылки на формулы указывают порядковым номером формулы в круглых скобках, например "... в формуле (2.1)".

На все таблицы должны быть ссылки в тексте, при этом слово "Таблица" в тексте пишут полностью, если таблица не имеет номера, и сокращенно — если имеет номер (например: "... в табл. 1.2).

В повторных ссылках на таблицы и иллюстрации следует указывать сокращенно слово "смотри", например: см. табл. 1.3".

## Лекция №13(2часа)

### **Требования к написанию, оформлению и защите научных работ студентов**

#### ***Особенности подготовки рефератов и докладов***

**Реферат** - научно-исследовательская работа, представляющая собой краткое изложение в письменном виде содержания научных трудов, учебных пособий, научных статей по заданной теме. В реферате студент излагает основные положения, содержащиеся в нескольких источниках, приводит различные точки зрения, обосновывает свое мнение по ним.

Реферат состоит из титульного листа, оглавления, введения, основной части и списка использованной литературы. Объем реферата - не менее 5 и не более 15 страниц, отпечатанных через 1,5 интервала. В реферате следует сделать ссылки на использованные источники. Они должны быть оформлены в соответствии с установленным стандартом требованиями.

Готовый реферат представляется преподавателю для проверки. Оценивая реферат, он учитывает умение студента работать с научной литературой, анализировать различные точки зрения по спорным вопросам, аргументировать свое мнение, навыки оформления ссылок, списка использованной литературы.

**Доклад** - это запись устного сообщения на определенную тему. Он предназначен для прочтения на семинарском занятии, научной конференции. Если текст доклада должен быть сдан преподавателю, то он оформляется так же, как

текст реферата. В тех случаях, когда сдать текст не требуется, достаточно его подготовить для себя без оформления. Текст доклада может быть написан полностью либо в виде тезисов. В последнем случае в логической последовательности записываются только основные положения. Студенческие доклады, как правило, состоят из трех частей: вводной, основной и заключительной. В первой части обосновываются актуальность, теоретическая и практическая ценность темы, во второй излагаются основные научные положения, в третьей - выводы.

### ***Особенности подготовки и защиты курсовых работ***

**Курсовая работа** - это предусмотренная учебным планом письменная работа студента на определенную тему, содержащая элементы научного исследования. Написание курсовой работы помогает студентам углубить и закрепить полученные знания по дисциплине, приобрести навыки самостоятельного проведения научных исследований и обобщения практического материала, оформления результатов творческого труда.

Перечень тем курсовых работ определяется кафедрами. Студенту предоставляется право выбора темы. По согласованию с научным руководителем студенту разрешается выполнение работы по теме, которая хотя и не значится в перечне, но имеет прямое отношение к изучаемой дисциплине.

Выбранная тема должна быть зарегистрирована на соответствующей кафедре.

Научным руководителем студента является, как правило, преподаватель, ведущий занятия в той группе, в которой студент учится. С ним необходимо согласовать план работы, список нормативных актов и специальной литературы, метод сбора и обработки практических материалов и сроки предоставления на проверку.

В целях упорядочения основных этапов работы полезно составить рабочий план с указанием сроков их выполнения. Структура курсовой работы: 1) титульный лист; 2) оглавление; 3) введение; 4) основная часть; 5) заключение; 6) список использованной литературы; 7) приложения (факультативно).

Объем курсовой работы должен составлять примерно 20-25 листов машинописного текста (компьютерной распечатки), исполненного на стандартной писчей бумаге формата А4, не считая приложений. При использовании в тексте работы приложений, выводов, предложений, заимствованных из различных источников, ссылки на них обязательны. Теоретические положения и выводы рекомендуется иллюстрировать материалами опубликованной и неопубликованной практики. При этом необходимо сделать ссылку на источник, откуда они взяты.

Выполненная курсовая работа к установленному сроку сдается на кафедру и передается на рецензирование научному руководителю. Отзыв руководителя пишется в произвольной форме, но в нем обязательно следует отметить достоинства работы, ошибки и другие недостатки, соответствие работы установленным требованиям и указать, допускается ли она к защите или не допускается.

Не допускаются к защите работы:

- выполненные только на основе одного учебника, без использования и анализа литературных источников и практических материалов.

- выполненные несамостоятельно, а путем списывания, без ссылок на автора и источник, или являющиеся конспектом учебника;
- не раскрывающие содержания темы и имеющие грубые ошибки;
- небрежно и неправильно оформленные.

Такие работы возвращаются для устранения недостатков. К повторно выполненной работе студент обязан приложить отзыв руководителя о первоначально выполненной работе, чтобы он мог проверить, устранены ли отмеченные в нем недостатки.

Студент защищает работу перед научным руководителем. Если руководитель по объективным причинам не может принять защиту, то заведующий кафедрой может поручить эту работу другому преподавателю.

### **Особенности подготовки и защиты дипломных работ**

**Дипломная работа** - это выпускная квалификационная работа, представляющая собой теоретическое или экспериментальное исследование одной из актуальных тем в конкретной области знания, в которой выпускник демонстрирует уровень овладения необходимыми теоретическими знаниями и практическими навыками, позволяющие ему самостоятельно решать профессиональные задачи.

Задачами выпускной дипломной работы являются:

- теоретическое обоснование и раскрытие сущности категорий, явлений, проблем по избранной теме и их практическое решение;
- развитие навыков самостоятельной работы, полученных за годы учебы, в проведении научного исследования по теме;
- знание и умение применять положения законодательных, нормативных и инструктивных материалов по вопросам, рассматриваемым в дипломной работе;
- умение самостоятельно разрабатывать конкретную научную проблему;
- четкое понимание теории в решении проблем исследуемой темы, включая критическую оценку литературных источников и различных взглядов ученых и практиков, в том числе и зарубежных;
- умение систематизировать и обстоятельно анализировать данные, полученные из отчетных материалов, периодической и специальной литературы, технической документации; делать аргументированные выводы и предложения;
- обобщение всего комплекса знаний, полученных за время обучения в ВУЗе.

При выборе темы дипломной работы нужно учитывать:

- актуальность темы исследования и разработки;
- практическую значимость;
- возможность использования в дипломной работе конкретного фактического материала, собранного в период прохождения производственной и преддипломной практик.

**Выполнение дипломной работы** проходит следующие этапы: выбор темы; изучение литературы; составление плана; определение методов исследования;

изучение и выполнение практической части работы; работа над текстом и оформление дипломной работы.

Далее следует подготовка к защите и защита работы.

Дипломная работа по своей структуре состоит из следующих элементов: 1) титульный лист; 2) оглавление; 3) введение; 4) основная часть; 5) заключение; 6) список использованной литературы; 7) приложения (если они необходимы).

Объем дипломной работы при электронном исполнении (на компьютере) не должен превышать 60-70 страниц, (без приложений). Рукописный вариант дипломной работы не допускается. Внутренняя структура может состоять из задания по подготовке дипломной работы, введения, двух - максимум трех глав с 2-3 параграфами каждая, заключения в виде выводов и рекомендаций, библиографии и приложений. Возможна иная структура. Например, без глав и параграфов, а лишь через разделы.

Примерное распределение объема дипломной работы по разделам может быть следующим: Введение (5% общего объема). Раздел 1 - Теория вопроса (20%). Раздел 2- Анализ практического материала (разработка и технические расчеты) (50%). Раздел 3 – Техническое и экономическое обоснование выводов и рекомендаций (20%). Заключение (5%).

Готовая дипломная работа подписывается исполнителем и сдается научному руководителю в срок, установленный заданием или планом-графиком. После ее прочтения руководитель составляет на нее письменный отзыв. В отзыве следует отразить положительные и отрицательные стороны дипломного проекта по следующей схеме: актуальность, новизна, теоретическая и практическая значимость проведенного исследования; полнота освещения вопросов темы, использования литературы и практического материала; степень самостоятельности автора в раскрытии темы; обоснованность выводов, логичность аргументации; наличие предложений и рекомендаций, возможность их практического внедрения; соответствие оформления работы установленным правилам; неточности, ошибки, спорные предложения, замечания по содержанию и оформлению.

Дипломная работа (переплетена или скреплена зажимами типовой папки) с письменным отзывом руководителя (приложение 4) не менее чем за 10 дней до защиты передается рецензенту для рецензирования. В качестве рецензентов привлекаются, как правило, научные работники, работающие в соответствующей области, высококвалифицированные практические работники, имеющие высшее образование.

**Рецензия** (отзыв о научной работе) — это работа, в которой критически оценивают основные положения и результаты рецензируемого исследования. Особое внимание обращают на актуальность его теоретических положений, целесообразность и оригинальность принятых методов исследования, новизну и достоверность полученных результатов, их практическую значимость.

При составлении рецензии обычно придерживаются такой последовательности:

- обоснование необходимости (актуальность) темы исследования;
- оценка теоретического, научно-исследовательского и практического содержания (основная часть рецензии), языка, стиля;



- последовательность изложения результатов исследования;
- оценка иллюстративного материала, объема исследований и содержательности их изложения (рекомендации о сокращении или дополнении);
- общие выводы; итоговая оценка исследования.

Критика рецензента должна быть принципиальной, научно обоснованной, взыскательной, но вместе с тем и доброжелательной, способствующей улучшению исследования.

Дипломная работа защищается студентом перед Государственной комиссией на открытом заседании. Процедура защиты следующая. Для изложения основных результатов исследования автору предоставляется 10-15 минут. В выступлении докладчик (дипломник) не должен озвучивать чужие общеизвестные сведения, положения, определения, а кратко изложить понимание исследуемой проблемы, уделив большее внимание результатам собственного исследования и разработки.

В докладе рекомендуется отразить:

- обоснование актуальности темы;
- характеристику объекта исследования и разработки;
- основное содержание по главам;
- обоснование предлагаемых технических мероприятий;
- выводы и предложения.

Содержание доклада должно быть иллюстрировано. Иллюстративный материал должен подтверждать теоретические и практические выводы, представлять наиболее важные результаты, оформленные в табличной, графической и текстовой формах. Содержание доклада может быть представлено в виде электронной презентации.

По окончании доклада члены комиссии и присутствующие могут задать дипломнику вопросы по теме дипломной работы. Ответы должны быть по существу заданных вопросов, краткими и аргументированными. Затем зачитываются отзывы руководителя и рецензии (замечания и основные выводы из них) и предоставляется слово руководителю и рецензенту, которые сообщают свое мнение о дипломной работе. Решения комиссии об оценке дипломных работ и итогах защиты принимаются на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссии.

## **Литература**

### **Основная, использованная при подготовке лекций:**

1. *Леонович А.А.* Основы научных исследований в химической переработке древесины: Лекции для студентов специальностей 0903, 0904, 0905/ ЛТА; Ленинград, 1982.- 55с.
2. *Сабитов Р.А.* Основы научных исследований: Учеб. пособие / Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002. -138 с.

### **Дополнительная:**

3. Ахназаров С.Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: Высшая школа, 1988. - 319с.
4. Ножин Е.А. Мастерство устного выступления (учебное пособие). М.: Политиздат. 1989. -254с.
5. Панков С. П. Файнберг Э. З. Взаимодействие целлюлозы и целлюлозных материалов с водой. М.: Химия, 1076. - 232 с.
6. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента (справочное пособие), М.: Наука, 1991, - 192 с.
7. Саутин С. Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л.: Химия, 1985. - 48 с.
8. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента, М.: Мир, 1991. - 382 с.
9. Адлер А. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1990 – 154с.
10. Метод наименьших квадратов. Адрес сайта: <http://www.sinisha.ru/math/mnk.html>
11. Академик А. Мигдал. Отличима ли истина от лжи? Журнал "[Наука и жизнь](#)", №1, 1982.
12. Борисов Ю. А. ОНИ УМК (Основы научных исследований); [Электронный ресурс]: Персональный сайт, URL: <http://borisov.3dn.ru/>, 2012.

### Принятые обозначения:

- $\mu$  - математическое ожидание генеральной совокупности, 2012.
- $\sigma$  - дисперсия генеральной совокупности,
- $n$  - число наблюдений, экспериментальных отсчетов или точек,
- $S$  - выборочная дисперсия,
- $S$  - выборочное среднее квадратичное отклонение или просто среднее квадратичное отклонение,
- $\nu$  - вариационный коэффициент,
- $m$  - ошибка среднего арифметического,
- $P$  - вероятность; показатель точности,
- $q$  - уровень значимости,
- $F$  - критерий Фишера,
- $G$  - критерий Кохнера,
- $t$  - критерий Стьюдента,
- $f$  - число степеней свободы,
- $i$  - коэффициент корреляции,
- $m_{yx}$  - средняя ошибка уравнения регрессии  $y$  на  $x$ ,
- $m_{xy}$  - средняя ошибка уравнения регрессии  $x$  на  $y$ ,
- $B$  - коэффициент уравнения регрессии ,
- $y$  - функция отклика,
- $x$  - переменная (фактор).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

# Приложение 1 ( Таблицы )

**Таблица 1 Площади под кривой нормального распределения (доля полной площади под кривой от  $\sigma = 0$  до заданного значения  $\sigma$ )**

$\sigma$	,00	,02	,04	,06	,08
-0,0	0,5000	0,4920	0,4840	0,4761	0,4681
-0,1	0,4602	0,4522	0,4443	0,4364	0,4286
-0,2	0,4207	0,4129	0,4052	0,3974	0,3897
-0,3	0,3821	0,3745	0,3669	0,3594	0,3520
-0,4	0,3446	0,3372	0,3299	0,3228	0,3156
-0,5	0,3085	0,3015	0,2946	0,2877	0,2810
-0,6	0,2742	0,2676	0,2611	0,2546	0,2482
-0,7	0,2420	0,2358	0,2296	0,2236	0,2177
-0,8	0,2119	0,2061	0,2004	0,1949	0,1894
-0,9	0,1841	0,1788	0,1736	0,1685	0,1635
-1,0	0,1587	0,1539	0,1492	0,1446	0,1401
-1,1	0,1357	0,1314	0,1271	0,1230	0,1189
-1,2	0,1151	0,1112	0,1075	0,1038	0,1003
-1,3	0,0968	0,0934	0,0901	0,0869	0,0838
-1,4	0,0808	0,0783	0,0749	0,0721	0,0694
-1,5	0,0668	0,0643	0,0618	0,0594	0,0570
-1,7	0,0466	0,0427	0,0409	0,0392	0,0375
-1,9	0,0287	0,0274	0,0262	0,0250	0,0238
-2,1	0,0177	0,0170	0,0162	0,0154	0,0146
-2,3	0,0107	0,0102	0,0096	0,0091	0,0086
-0,25	0,0062	0,0059	0,0055	0,0052	0,0049
0,0	0,500	0,5080	0,5159	0,5239	0,5319
0,1	0,5398	0,5478	0,5557	0,6636	0,5114
0,2	0,5793	0,5871	0,5948	0,6026	0,5103
0,3	0,6179	0,6255	0,6331	0,6406	0,6480
0,4	0,655	0,6628	0,6700	0,6772	0,6944
0,5	0,6915	0,6985	0,7054	0,7123	0,7190
0,6	0,7258	0,7324	0,7389	0,7454	0,7518
0,7	0,7580	0,7642	0,7704	0,7764	0,7823
0,8	0,7881	0,7939	0,7996	0,8051	0,8106
0,9	0,8159	0,8212	0,8264	0,8315	0,8365
1,0	0,8413	0,8438	0,8508	0,8554	0,8599
1,1	0,8643	0,8686	0,8728	0,8770	0,8810
1,2	0,8849	0,8888	0,8925	0,8962	0,8997
1,3	0,9032	0,9066	0,9099	0,9131	0,9162
1,4	0,9192	0,9222	0,9251	0,9279	0,9306
1,5	0,9332	0,9357	0,9382	0,9406	0,9429
1,6	0,9452	0,9474	0,9495	0,9515	0,9535
1,7	0,9554	0,9573	0,9590	0,9608	0,9625
1,9	0,9713	0,9726	0,9738	0,9750	0,9761
2,1	0,9821	0,9830	0,9838	0,9846	0,9854

2,3	0,989	0,9898	0,9903	0,9908	0,9913
2,5	0,9938	0,99941	0,9945	0,9948	0,9951

Таблица 2

**Значения коэффициента Кохнера**

№	J = k - 1							
	P = 0,90							
2	0,999	0,9950	0,9794	0,9586	0,9373	0,9172	0,8988	0,8823
3	0,9933	0,9423	0,8831	0,8335	0,7933	0,7606	0,7338	0,7107
4	0,9676	0,8643	0,7814	0,7212	0,7661	0,6410	0,6120	0,5897
5	0,9279	0,7885	0,6957	0,6357	0,5875	0,5575	0,5259	0,5037
6	0,8828	0,7218	0,6258	0,5635	0,5195	0,4866	0,4608	0,4401
7	0,8376	0,6644	0,5685	0,5080	0,4659	0,4347	0,4105	0,3911
8	0,7945	0,6152	0,5209	0,4627	0,4226	0,3932	0,3704	0,3522
9	0,7544	0,5727	0,4810	0,4251	0,3870	0,3592	0,3378	0,3207
10	0,7175	0,5358	0,4469	0,3934	0,3572	0,3308	0,3106	0,2945
12	0,6528	0,4751	0,3919	0,3428	0,3099	0,2861	0,2680	0,2535
15	0,5747	0,4069	0,3317	0,2882	0,2593	0,2386	0,2228	0,2104
20	0,4799	0,3297	0,2654	0,2288	0,2048	0,1877	0,1748	0,1646
	P = 0,95							
2	0,999	0,975	0,939	0,906	0,877	0,853	0,833	0,816
3	0,967	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677	0,653	0,633
4	0,907	0,768	0,684	0,629	0,590	0,560	0,637	0,518
5	0,841	0,684	0,598	0,544	0,507	0,478	0,456	0,439
6	0,781	0,616	0,532	0,480	0,445	0,418	0,398	0,382
7	0,727	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,354	0,338
8	0,680	0,516	0,438	0,391	0,360	0,336	0,319	0,304
9	0,639	0,478	0,403	0,358	0,329	0,307	0,290	0,277
10	0,602 ^	0,445	0,373	0,331	0,303	0,282 '	0,267	0,254
12	0,541	0,392	0,326	0,288	0,262	0,244	0,230	0,219
15	0,471	0,335	0,276	0,242	0,220	0,203	0,191	0,182
20	0,389	0,271	0,221	0,192	0,174	0,160	0,150	0,142

Таблица 3

## Значение критерия Стьюдента.

N			P		
1	2	3	4	5	6
	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
1	3,08	6,31	12,7	31,8	63,7
2	1,89	2,92	4,30	6,96	9,92
3	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84
4	1,53	2,13	2,78	3,75	4,60
5	1,48	2,02	2,57	3,36	4,03
6	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71
7	1,42	1,89	2,36	3,00	3,50
8	1,40	1,86	2,31	2,90	3,36
9	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25
10	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17
11	1,36	1,80	2,20	2,72	3,11
12	1,36	1,78	2,18	2,68	3,05
13	1,35	1,77	2,16	2,65	3,01
14	1,34	1,76	2,14	2,62	2,98
15	1,34	1,75	2,13	2,60	2,95
16	1,34	1,75	2,12	2,58	2,96
17	1,33	1,74	2,11	2,57	2,90
18	1,33	1,73	2,10	2,55	2,88
19	1,33	1,73	2,09	2,54	2,86
20	1,33	1,72	2,09	2,53	2,85
30	1,31	1,71	2,04	2,46	2,75
$\infty$	1,28	1,64	1,96	2,33	2,58

Таблица 4

## Значение критерия Фишера

Число степеней свободы n	Число степеней свободы $f_1$ , (для числителя)					
	1	2	3	4	5	6
P = 0,90						
1	39,864	49,500	53,593	57,833	57,241	58,204
2	8,526	9,000	9,162	9,243	9,293	9,326
3	5,538	5,462	5,391	5,343	5,309	5,285
4	4,545	4,325	4,191	4,107	4,501	4,010
5	4,060	3,780	3,620	3,520	3,453	3,405
6	3,776	3,463	3,289	3,181	3,108	3,055

7	3,589	3,257	3,074	2,961	2,883	2,827
8	3,458	3,113	2,924	2,806	2,727	2,668
9	3,360	3,007	2,813	2,693	2,611	2,551
10	3,285	2,925	2,728	2,605	2,522	2,461
11	3,225	2,860	2,660	2,536	2,451	2,389
12	3,177	2,807	2,606	2,480	2,394	2,331
13	3,136	2,763	2,560	2,434	2,347	2,283
14	3,102	2,727	2,522	2,395	2,307	2,243
15	3,073	2,695	2,490	2,361	2,273	2,208
P = 0,95						
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37
10	4,97	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,10
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79

## Приложение 2

Журнал "[Наука и жизнь](#)", №1, 1982. Выборка из статьи *Академика А. МИГДАЛА*  
**ОТЛИЧИМА ЛИ ИСТИНА ОТ ЛЖИ?**

Постараемся ответить на несколько вопросов:

- Из чего складывается научный метод познания?
- Как рождаются заблуждения?
- И, наконец, как отличить научную истину от заблуждения?

### **Научный метод познания.**

Задачи науки лежат на границе между известным и неожиданным. Отсюда одна из главных ее черт - открытость новому, способность пересмотреть привычные представления и, если надо, отказаться от них. В нобелевской речи Альбер Камю сказал, что искусство шагает по узкой тропинке меж двух бездн: с одной стороны - пустота, с другой - тенденциозность. В науке такие бездны - верхоглядство и догматизм, две грани лженауки. Верхоглядцы строят свои концепции, не считаясь с фактами и соотношениями, основываясь на непроверенных догадках. Догматики абсолютизируют представления сегодняшнего дня. Что опаснее - трудно сказать. К счастью, у науки есть свойство самоочищения - обратная связь, обеспечивающая

устойчивость. После нескольких неудач и догматики и верхоглядия перестают влиять на развитие науки.

"Эксперимент есть эксперимент, даже если его поставили журналисты" - было сказано в одном из наших журналов по поводу встречи редакции с "медиумом". Я не встретил ни одного экспериментатора, который не захохотал бы, услышав эту фразу. Самое тонкое и сложное - постановка недвусмысленного эксперимента, и здесь необходим строжайший профессионализм. Чтобы установить истину, нужно поставить научный эксперимент, то есть проведенный специалистами, дающий повторяемые результаты и подтвержденный независимыми опытами других исследователей. Опытные науки развиваются с помощью правдоподобных предположений, которые предстоит проверить. Если предположение - гипотеза - не подтверждается, приходится пересматривать принятые представления, и возникает новая теория, выдвигающая другие предположения, за которыми следуют новые проверки... -- *Красота не прихоть полубога, а хищный глазомер простого столяра...* /О. Мандельштам/.

Вот краткое заключение наших рассуждений о научном методе исследования. Схема научного познания выглядит так: Эксперимент - теория - правдоподобные предсказания новых явлений (гипотезы), эксперимент - уточнение - проверка границ применимости теории возникновение парадоксов, эксперимент - теория - интуиция - озарение - скачок - новая теория и новые гипотезы,.. и снова эксперимент... и т.д.

Итак, **научный метод познания** можно выразить формулой: **Наблюдение — теория — эксперимент —** и снова все сначала — такова бесконечная, уходящая ввысь спираль, по которой движутся люди в поисках истины. В научном методе познания также существуют следующие принципы: **принцип объективности, принцип открытости новому и принцип соответствия.** Принцип **объективности** утверждает независимость результатов исследований от того, кто проводил эксперименты, результаты должны быть воспроизводимы и повторяемы независимыми опытами других исследователей. Принцип **открытости новому** устанавливает возможность для исследователя публикации результатов своей работы, даже в том случае если эти результаты противоречат общепринятым взглядам. В последующем, если эти результаты не получают подтверждения, они будут отбракованы самой наукой (другими исследованиями). В науке существует **принцип соответствия**, согласно которому новая теория должна переходить в старую в тех условиях, для которых эта старая теория была установлена. Хорошо проверенные законы и соотношения остаются неизменными и после нового значительного открытия или научной революции. Радиоастрономия совершила переворот в астрофизике, позволив обнаружить радиогалактики, пульсары, реликтовое излучение, но фундаментальные закономерности физики не изменились.

### **Как рождаются заблуждения?**

Что такое **лженаука**? Может быть, это то, что противоречит представлениям науки сегодняшнего дня? Ни в каком случае! Именно работы, убедительно доказывающие противоречивость принятых моделей, могут привести к научной революции. Как установить, где наука и где лженаука, особенно, если речь идет об истинах, еще не установленных окончательно? Ведь истина одна, а заблуждений неисчислимое

множество. Классифицировать все разновидности лженауки трудно и неинтересно, достаточно провести границу, отделяющую ее от науки, и перечислить главные признаки.

Когда система заблуждений преподносится под видом научной теории, ее называют лженаукой. К сожалению, это слово часто употребляли лжеученые, порочившие подлинные научные достижения, например, пытавшиеся привесить ярлык лженауки кибернетике, молекулярной биологии, генетике.

**Лженаука** - это попытка доказать утверждение, пользуясь ненаучными методами, прежде всего выводя заключение из неповторяемого неоднозначного эксперимента или делая предположения, противоречащие хорошо установленным фактам. Непонимание того, какой мучительный творческий процесс отделяет научный результат от первоначальной идеи, преувеличение ценности неоконченных работ, стремление заменить недоделанное догадками - все это, в конечном счете, приводит к лженауке. Это те редкие случаи, когда наука соприкасается со лженаукой. Обычно дело обстоит грубее и проще - смутная идея объявляется достоверной истиной; то, что противоречит ей, замалчивается, а то, что подтверждает, громко рекламируется.

Я был бы очень рад, если бы серьезные экспериментаторы непредвзято изучали явления такого рода, как телепатия. Можно сомневаться в успехе, не верить, что эти ученые обнаружат телепатию, но несомненно, что они откроют много других интересных явлений. Исследуйте телекинез, вертящиеся столы, сгибающиеся под взглядом вилки, расцветающие от прикосновения рук цветы, пугающиеся человеческих угроз деревья, - исследуйте, ставьте эксперименты, но только эксперименты научные, по правилам, принятым в науке со времен Френсиса Бэкона. Толчок для рождения идеи могут дать и рассказы очевидцев, и поверья, и слухи, и неожиданные ассоциации, но от идеи до истины так далеко, что из сотен идей едва ли выживает одна.

### **Как отличить научную истину от заблуждения?**

Теперь нам остается обсудить приемы, которыми пользуется лженаука. *На удочку насаживают ложь, и подцепляют правду на приманку... В. Шекспир, "Гамлет"*. У лженауки есть устойчивые, почти непеременимые черты. Одна из них - нетерпимость к опровергающим доводам. К этому надо добавить претенциозность и малограмотный пафос. Лжеученый не любит мелочиться, он решает только глобальные проблемы и, по возможности, такие, которые не оставляют камня на камне от всей существующей науки. Как правило, работ меньшего значения у него никогда не было. У него самого нет сомнений, задача только в том, чтобы убедить тупых специалистов о своей очевидной правоте. Почти всегда он обещает громадный, немедленный практический выход там, где его не может быть. Далее, почти без исключения, - невежество и антипрофессионализм, очевидные любому серьезному специалисту. И, наконец, - агрессивность.

### **Путь познания.**

Старые легенды рассказывают, как люди и даже боги не могут сойтись в мнениях об увиденном. В смешной английской песенке про трех смелых звероловов



поется: «Смотрите, это месяц, — зевнув, сказал один. Другой сказал: — Тарелка! — А третий крикнул: — Блин!»

Песенки и сказки рассказывают не просто о курьезном недоразумении — вопрос о том, как может и может ли вообще человек, полагаясь лишь на свои ощущения, **составить представление об окружающем**, был одним из главных вопросов философии с древнейших времен. Доведенные до отчаяния мудрецы, наконец, стали отказываться от попыток узнать что-либо, заявляя, что ничего нельзя утверждать, даже того, что снег белый, а я говорю, что он черный, и никто не сможет это опровергнуть; ничего нельзя понять, **«нет ничего истинного, что не могло бы оказаться ложным»**. Унылая философия скептиков оказалась настолько живучей, что даже в XVII в. ее пришлось осмеивать великому французскому драматургу Мольеру. В его комедии «Брак поневоле» философ Марфуриус говорит: «Наша философия учит не высказывать ни о чем решительных суждений, обо всем говорить неуверенно, все оставлять под сомнением, под вопросом — вот почему вы должны сказать не «я пришел», а «мне кажется, будто я пришел». Здравомыслящий Сганарель удивлен: «Выходит, что меня здесь нет, и вы со мной не говорите?» «Мне представляется, что вы здесь, — отвечает Марфуриус, — и мне кажется, что я с вами говорю, но это не непреложно».

Но, как ни смейся над скептиками, проблема познаваемости мира и достоверности знания грозно стояла на пути зарождающихся опытных наук. Она была очень остра и актуальна на заре Нового времени, когда жили и работали Коперник, Галилей, Кеплер.

Лишь в начале XVII в. зародился **научный метод познания реальности**, и на нем как на прочном фундаменте основываются с тех пор опытные науки.

## Приложение 3. (Харламов Кирилл «Софизмы» в готовом виде).

[sofizmy.narod.ru/](http://sofizmy.narod.ru/) Харламов Кирилл. Все права защищены. © 2009г.

### "Софизмы" в готовом виде

Думаю, многие хотя бы раз в жизни слышали подобные высказывания: «Все числа равны» или «два равно трём». Таких примеров может быть очень много, но что же это значит? Кто это придумал? Можно ли как-то объяснить эти высказывания или всё это – вымысел? На эти вопросы, и на многие другие я хочу

ответить в своей работе. Существуют различные софизмы: логические, терминологические, психологические, математические и т.д.

### **ПОНЯТИЕ «СОФИЗМ»**

**Софизм – (от греческого *sophisma* , «мастерство, умение, хитрая выдумка, уловка») - умозаключение или рассуждение, обосновывающее какую-нибудь заведомую нелепость, абсурд или парадоксальное утверждение, противоречащее общепринятым представлениям.** Софизм, в отличие от паралогиума, основан на преднамеренном, сознательном нарушении правил логики. Каким бы ни был софизм, он всегда содержит одну или несколько замаскированных ошибок. Математический софизм – удивительное утверждение, в доказательстве которого кроются незаметные, а подчас и довольно тонкие ошибки. История математики полна неожиданных и интересных софизмов, разрешение которых порой служило толчком к новым открытиям. Математические софизмы приучают внимательно и настороженно продвигаться вперед, тщательно следить за точностью формулировок, правильностью записи чертежей, за законностью математических операций. Очень часто понимание ошибок в софизме ведет к пониманию математики в целом, помогает развивать логику и навыки правильного мышления. Если нашел ошибку в софизме, значит, ты ее осознал, а осознание ошибки предупреждает от ее повторения в дальнейших математических рассуждениях. Софизмы не приносят пользы, если их не понимать.

### **ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ**

Софистами называли группу древнегреческих философов 4-5 века до н.э., достигших большого искусства в логике. В период падения нравов древнегреческого общества(5 век) появляются так называемые учителя красноречия, которые целью своей деятельности считали и называли приобретение и распространения мудрости, вследствие чего они именовали себя софистами. Наиболее известна деятельность старших софистов, к которым относят Протагора из Абдеры, Горгия из Леонтий, Гиппия из Элиды и Продика из Кеоса. Но суть деятельности софистов много больше, чем простое обучение искусству красноречия. Они обучали и просвещали древнегреческий народ, старались способствовать достижению нравственности, присутствия духа, способности ума ориентироваться во всяком деле. Но софисты не были учеными. Умение, которое должно было быть достигнуто с их помощью, заключалось в том, что человек учился иметь в виду многообразные точки зрения. Аристотель называл софизмом «мнимые доказательства», в которых обоснованность заключения кажущаяся и обязана чисто субъективному впечатлению, вызванному недостаточностью логического анализа. Убедительность на первый взгляд многих софизмов, их «логичность» обычно связана с хорошо замаскированной ошибкой — семиотической: за счёт метафоричности речи, нарушающих однозначность мысли и приводящих к смешению значений терминов, или же логической: подмена основной мысли (тезиса) доказательства, принятие ложных посылок за истинные, несоблюдение допустимых способов рассуждения (правил логического вывода), использование «неразрешённых» или даже «запрещённых» правил или действий, например деления на нуль в математических софизмах. Исторически с понятием «софизм» неизменно связывают идею о намеренной фальсификации,

руководствуясь признанием Протагора, что задача софиста (софист, от греч. *sophistes* — умелец, изобретатель, мудрец, лжеумудрец) — представить наихудший аргумент как наилучший путём хитроумных уловок в речи, в рассуждении, заботясь не об истине, а об успехе в споре или о практической выгоде. С этой же идеей обычно связывают и «критерий основания», сформулированный Протагором: мнение человека есть мера истины. Так, софизм «куча»: «Если  $n$  зёрен не куча, то  $n + 1$  зерно — тоже не куча. Следовательно, любое число зёрен — не куча» — это лишь один из «парадоксов транзитивности», возникающих в ситуации «неразличимости».

#### АРИФМЕТИЧЕСКИЕ И АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СОФИЗМЫ

Арифметика - (греч. *arithmetika*, от *arithmys* — число), наука о числах, в первую очередь о натуральных (целых положительных) числах и (рациональных) дробях, и действиях над ними. Так что же такое арифметические софизмы? Арифметические софизмы – это числовые выражения, имеющие неточность или ошибку, не заметную с первого взгляда. **Примеры:**

##### 1. «Если $A$ больше $B$ , то $A$ всегда больше, чем $2B$ ».

Возьмем два произвольных положительных числа  $A$  и  $B$ , такие, что  $A > B$ . Умножив это неравенство на  $B$ , получим новое неравенство  $AB > B^2$ , а отняв от обеих его частей  $A^2$ , получим неравенство  $AB - A^2 > B^2 - A^2$ , которое равносильно следующему:  $A(B - A) > (B + A)(B - A)$  (1). После деления обеих частей неравенства (1) на  $B - A$  получим, что  $A > B + A$  (2). А прибавив к этому неравенству почленно исходное неравенство  $A > B$ , имеем  $2A > 2B + A$ , откуда

$A > 2B$ . Итак, если  $A > B$ , то  $A > 2B$ . Это означает, к примеру, что из неравенства  $6 > 5$  следует, что  $6 > 10$ . Где же ошибка???

Здесь совершен неравносильный переход от неравенства (1) к неравенству (2). Действительно, согласно условию  $A > B$ , поэтому  $B - A < 0$ . Это означает, что обе части неравенства (1) делятся на отрицательное число. Но согласно правилу преобразования неравенств при делении или умножении неравенства на одно и то же отрицательное число знак неравенства необходимо изменить на противоположный. С учетом сказанного из неравенства (1) вместо неравенства (2) получим неравенство  $A < B + A$ , прибавив к которому почленно исходное неравенство  $B < A$ , получим просто исходное неравенство  $A + B < B + 2A$ .

Алгебра — один из больших разделов математики, принадлежащий наряду с арифметикой и геометрией к числу старейших ветвей этой науки. Задачи, а также методы А., отличающие её от других отраслей математики, создавались постепенно, начиная с древности. Алгебра возникла под влиянием нужд общественной практики, в результате поисков общих приёмов для решения однотипных арифметических задач. Приёмы эти заключаются обычно в составлении и решении уравнений. Т.е. алгебраические софизмы – намеренно скрытые ошибки в уравнениях и числовых выражениях.

##### 2. «Дважды два равно пяти».

Обозначим  $4 = a$ ,  $5 = b$ ,  $(a + b) / 2 = d$ . Имеем:  $a + b = 2d$ ,  $a = 2d - b$ ,  $2d - a = b$ . перемножим два последних равенства по частям. Получим:  $2da - a^2 = 2db - b^2$ . Умножим обе части получившегося равенства на  $-1$  и прибавим к результатам  $d^2$ . Будем иметь:  $a^2 -$

$2da+d^2=b^2-2bd+d^2$ , или  $(a-d)(a-d)=(b-d)(b-d)$ , откуда  $a-d=b-d$  и  $a=b$ , т.е.  $2*2=5$ . Где ошибка???

4. «Получил двойку – утверждай, что это пятерка (или  $a=b$ )». Рассмотрим равенство  $a=b+c$ . Умножим обе его части на  $a-b$ , получим:  $a^2-ab=ab+ac-b^2-bc$ . Перенесем  $ac$  в левую часть:  $a^2-ab-ac=ab-b^2-bc$ . Общий множитель в левой и правой части вынесем за скобку:  $a(a-b-c)=b(a-b-c)$ . Разделим обе части неравенства на  $a-b-c$ . Получится  $a=b$ .

Пояснения. Вот уж действительно, если бы это доказательство было правильным, то каждый раз, получая в школе двойку, можно было бы думать, что получил оценку пять, так как по доказанному выше  $5=2$ . Но делить обе часть на  $(a-b-c)$  нельзя, так как по определению  $a=b+c$ , отсюда  $(a-b-c)=0$ , а на ноль делить нельзя.

#### ПРОЧИЕ СОФИЗМЫ

Кроме математических софизмов, существует множество других, например: **логические, терминологические, психологические и т.д.** Понять абсурдность таких утверждений проще, но от этого они не становятся менее интересными. Очень многие софизмы выглядят как лишенная смысла и цели игра с языком; игра, опирающаяся на многозначность языковых выражений, их неполноту, недосказанность, зависимость их значений от контекста и т.д. Эти софизмы кажутся особенно наивными и несерьезными.

«**Полупустое и полуполное**». Полупустое есть то же, что и полуполное. Если равны половины, значит, равны и целые. Следовательно, пустое есть то же, что и полное.

«**Лекарства**». Лекарство, принимаемое больным, есть добро. Чем больше делать добра, тем лучше. Значит, лекарств нужно принимать как можно больше.

«**Мать — собака**». Эта собака имеет щенков, значит, она — мать. Ты тоже имеешь мать. Значит, ты — щенок. Ты бьешь свою собаку, значит, — ты бьешь свою мать.

«**Рогатый**». Что ты не терял, то имеешь. Например, ручку для письма ты не терял, держишь в руках, пишешь ею лекции, значит, ты её имеешь... Рога ты не терял. Значит, у тебя рога.

«**Самое быстрое существо не способно догнать самое медленное**».

Быстроногий Ахиллес никогда не настигнет медлительную черепаху. Пока Ахиллес добежит до черепахи, она продвинется немного вперед. Он быстро преодолет и это расстояние, но черепаха уйдет еще чуточку вперед. И так до бесконечности. Всякий раз, когда Ахиллес будет достигать места, где была перед этим черепаха, она будет оказываться хотя бы немного, но впереди.

«**Куча**». Одна песчинка не есть куча песка. Если  $n$  песчинок не есть куча песка, то и  $n+1$  песчинка - тоже не куча. Следовательно, никакое число песчинок не образует кучу песка. К этому парадоксу можно сделать следующий комментарий: метод полной математической индукции нельзя применять, как показывает парадокс, к объёмно неопределённым понятиям, каковым является понятие "куча песка".

«**Софизм Кратила**». Диалектик Гераклит, провозгласив тезис "все течет", пояснял, что в одну и ту же реку (образ природы) нельзя войти дважды, ибо когда входящий будет входить в следующий раз, на него будет течь уже другая вода. Его

ученик Кратил, сделал из утверждения учителя другие выводы: в одну и ту же реку нельзя войти даже один раз, ибо пока тыходишь, она уже изменится.

*Примеры современных софизмов:*

**«Одна и та же вещь не может иметь какое-то свойство и не иметь его».** Хозрасчет предполагает самостоятельность, заинтересованность и ответственность. Заинтересованность — это, очевидно, не ответственность, а ответственность — не самостоятельность. Получается вопреки сказанному вначале, что хозрасчет включает самостоятельность и несамостоятельность, ответственность и безответственность.

**«Акционерное общество, получившее когда-то ссуду от государства»,** теперь ему уже не должно, так как оно стало иным: в его правлении не осталось никого из тех, кто просил ссуду.

**«Софизмы ключевых понятий современности».** Не замечали, когда высказываешь мысль или доказываешь точку зрения, люди толкуют смысл твоих утверждений совершенно не так, как ожидал? Причина тому — наличие двойного толкования. Особенно это актуально для споров и объяснений политиков и чиновников, использующих ключевые понятия с двойким, неявным смыслом. По сути это и есть софизмы, внедренные в политическую и экономическую терминологию. Очень любопытно наблюдать политические дебаты, различные ток-шоу на темы ЖКХ, например, и другие публичные споры, в которых вместо логического обоснования причинно-следственных связей, 90% времени занимает разъяснение толкований тех или иных доводов. Все это очень напоминает борьбу за призовое место в череде толковых софизмов. Желающие могут убедиться в этом, просмотрев и проанализировав любую, например, телевизионную передачу, посвященную сравнению нескольких точек зрения на актуальные темы современности.