

ПРЕДИСЛОВИЕ

Подготовка высококвалифицированного специалиста современного индустриального производства немыслима без изучения основных методов проведения самостоятельных научных исследований. Поэтому важнейшим принципом работы высших учебных заведений становится органическое соединение обучения с научной деятельностью и научно-техническим творчеством. Участие студентов в научно-исследовательской работе формирует у них научный и творческий подход к решению любых задач, вызывает повышенный интерес к изучаемым дисциплинам, расширяет кругозор, учит эффективно применять свои знания и опыт, способности и энергию на практике.

Основными задачами научно-исследовательской работы студентов являются:

- овладение научным методом познания, углубленное и творческое освоение учебного материала;
- обучение организации, методике и средствам самостоятельного решения научных и технических задач;
- приобретение навыков в деле поиска и накопления информации в научной работе.

Опыт показывает, что одним из затруднений, которые возникают на пути начинающего исследователя, является недостаточная осведомленность его в методике и технике проведения научно-исследовательской работы.

Цель этого пособия — дать необходимые начальные сведения по методике экспериментального исследования, обработке опытных данных и оформлению научной работы.

В пособии приведены основные понятия, термины и определения, методы и методики, рекомендации, используемые в научно-исследовательских работах. Особое внимание уделяется методам и методикам проведения опытов и математической обработки результатов исследований, а также планированию и организации экспериментов.

Пособие не претендует на полноту постановки и охвата всех вопросов и задач при изучении конкретных разделов научно-исследовательской работы студентами технических ВУЗов. Однако логика и структура изложения материалов пособия позволяют оперативно находить чёткие и краткие ответы или справочные данные по различным вопросам научно-исследовательских работ. Для удобства пользования пособием при его написании применена система пере-

крестных ссылок на термины в виде выделения курсивом соответствующих слов.

Представленный материал в учебном пособии расположен в алфавитном порядке для облегчения поиска и быстрого получения необходимой информации. В таком виде пособие может использоваться не только студентами, но и в качестве терминологического словаря-справочника аспирантами и инженерно-техническими специалистами.

A

Абсолютная величина — форма количественного выражения статистических показателей, непосредственно характеризующая абсолютные размеры различных явлений, их признаков в соответствующих единицах. Выбор единиц измерения для отображения абсолютных размеров явлений зависит от задач исследования. Различают абсолютные величины индивидуальные, относящиеся к отдельным единицам совокупности; групповые и общие, отображающие размеры признака или число единиц соответственно в отдельных частях совокупности или в совокупности в общем. Индивидуальные абсолютные величины получают в процессе наблюдения статистического. Групповые и общие абсолютные величины образуются в процессе обработки материалов наблюдения, обобщения (обычно суммирования) абсолютных размеров признака у отдельных единиц совокупности или в результате подсчета числа единиц в совокупности, входящих в отдельные группы, или всей совокупности в целом.

Абсолютная погрешность измерительного преобразователя по входу и выходу — это разность между значением величины на входе и, соответственно, на выходе и истинным значением величины на входе с помощью градуировочной характеристики, присданной преобразователю.

Абсолютная погрешность измерительного прибора ΔX_n — это разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины: $\Delta X_n = X_n - X_g$, где X_n — показания прибора; X_g — действительное значение измеряемой величины по показаниям образцового прибора, если его погрешность в $4\div 5$ раз меньше погрешности поверяемого. Если же погрешность образцового прибора только в $2\div 3$ раза меньше погрешности поверяемого, то за действительное значение измеряемой величины принимают показания образцового прибора плюс поправка по свидетельству на данное значение.

Абсолютная погрешность меры Δ — это разность между номинальным её значением и истинным значением воспроизводимой его величины: $\Delta = X_n - X_g$. Например, погрешность гири 4-го класса с номинальным значением 2 кг и истинным значением 2,00010 кг равна — 0,10 г, а отклонение от номинального значения для этой меры равно 0,10 г.

Абсолютная температура — температура по абсолютной термодинамической шкале. Измеряется в кельвинах (К). Начало отсчета такой температуры расположено на 273,16 К ниже тройной точки воды.

Абсорбционные газоанализаторы — работают на основе изменения небольшого объёма газовой смеси после удаления анализируемого компонента. Удаляется анализируемый компонент абсорбцией, сжиганием или сжиганием и последующим поглощением. Основная погрешность газоанализаторов для различных диапазонов измерения изменяется от $\pm 0,2$ до $\pm 2,5\%$.

Абсорбция — поглощение вещества всем объемом поглотителя — *абсорбента*.

Абстракция — мысленное отвлечение от тех или иных сторон, свойств или связей предмета, а также отвлеченное понятие или теоретическое обобщение, образуемое в результате абстрагирующего мышления. *Научная абстракция* — отвлечение в процессе познания от несущественных сторон рассматриваемого явления с целью сосредоточения на основных, существенных его чертах и раскрытия их сущности.

Авогадро закон — один из основных газовых законов, согласно которому в равных объемах различных идеальных газов при одинаковых температурах и давлении содержится одинаковое число молекул.

Автоионный микроскоп используется при непосредственном исследовании кристаллических несовершенств в твёрдых телах (металлах, сплавах и др.), а также при наблюдении отдельных атомов в решётке кристаллов, точечных дефектов, таких как вакансии, внедренные и примесные атомы. Прототипом ионного микроскопа является *эмиссионный микроскоп*.

Автокорреляция случайного процесса X_t — корреляция значений X_t и X_{t+h} , где t — текущий момент времени; h — величина промежутка времени. Термин автокорреляция наиболее часто используют при анализе *стационарных случайных процессов*, для которых автокорреляция зависит лишь от h (промежутка времени), а не от текущего момента времени t .

Автоматизация научных исследований — использование ЭВМ для повышения эффективности научных исследований. Для этих целей используется автоматизированная система научных исследований (АСНИ), предназначенная для автоматизации научных исследований. В АСНИ широко используются методы и программы моделирования, анализа и оптимизации, с их помощью выполняются стадии научно-исследовательских работ. Кроме того, в АСНИ имеются средства для автоматизированного управления экспериментальными исследованиями, выполнения измерений и обработки их результатов.

Автореферат — краткое изложение научной работы самим автором, например *автореферат диссертации*, который представляется при защите диссертации. Автореферат диссертации издается на правах рукописи объемом в один и два печатных листа, соответственно, для докторских на соискание ученой степени кандидата и доктора наук. На титульном листе автореферата указываются: фамилия, имя и отчество автора; тема диссертации; шифр и наименование специальности и диссертации на соискание конкретной ученой степени наук; организация или предприятие, где выполнялась данная диссертация; научный руководитель или консультант; официальные оппоненты; ведущая организация; сведения о дате, времени и месте защиты диссертации. Далее дается общая характеристика работы: актуальность исследуемой проблемы; цель и задачи работы; объект и предмет исследования; научная новизна работы; теоретическая и практическая значимость работы; методология и методы исследования; основные положения работы, выносимые на защиту; степень достоверности результатов работы; апробация работы; количество публикаций; структура и объем работы. Затем освящается основное содержание работы отдельно по главам диссертации и практическая реализация результатов работы в целом. В заключении работы излагаются основные результаты проведенных исследований, и представлены публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, статьи по Scopus, монографии, охранные документы (патенты на изобретения) и публикации в других научных изданиях. Оформление структурных элементов автореферата диссертации регламентировано национальным стандартом РФ ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат рассыпается членам диссертационного совета и заинтересованным организациям не позднее чем за месяц до защиты диссертации. По диссертациям в виде научного доклада роль автореферата выполняет сам научный доклад, который также подлежит рассылке.

Авторское свидетельство — документ, удостоверяющий право на изобретение. Авторское свидетельство закрепляет за автором изобретения право на авторство, вознаграждение и другие льготы и предоставляет государству исключительное право использования изобретения. Сообщение об авторском свидетельстве публикуется государственным органом, регистрирующим изобретения.

Адгезия — слипание разнородных твердых тел или жидких тел (фаз), соприкасающихся своими поверхностями. Адгезия обусловлена межмолекулярным взаимодействием.

Адекватность математической модели — соответствие математической модели объекту в отношении отражения заданных

свойств объекта. Обычно модель считают адекватной, если погрешность расчетов, обусловливаемых применением испытуемой модели, не превышает оговоренных предельных значений.

Адекватность модели — пригодность ранее принятой функции отклика для описания реального объекта исследования, проверяют по отношению дисперсий адекватности и воспроизводимости.

Адеструктивные методы испытаний — определение характеристик материалов без разрушения изделия. Основаны на зависимости некоторых физических величин, например акустических, электрических, магнитных, механических и др., от определенных свойств материалов. Основные преимущества таких методов испытаний: простота испытаний, быстрое получение результатов, возможность многократного повторения испытаний изделия, а не образцов материала.

Адсорбция — поглощение веществ из газов или растворов поверхностью твердого тела или жидкости.

Алгоритм — система вычислений, применяемых по строго определенным правилам, которая после последовательного их выполнения приводит к решению поставленной задачи. Термин «алгоритм» можно заменять термином «алгорифм».

Алгоритмическая модель — математическая модель, представленная в форме алгоритма, перерабатывающего множество входных данных в множество выходных. Такие модели противопоставляются аналитическим функциональным моделям, представляющим собой явные зависимости выходных параметров от входных. Частным случаем алгоритмических моделей являются имитационные модели.

Анализ — метод научного исследования путем разложения изучаемого предмета на составные части или мысленного расчленения объекта посредством логической абстракции. Анализ наряду с *синтезом* имеет большое значение в научном познании. Как правило, научное исследование начинается с *обзора и анализа* существующих данных, выводов по изучаемой теме или объекту.

Аналитическая модель — математическая модель, представляющая собой совокупность аналитических выражений и зависимостей, позволяющих оценивать определенные свойства моделируемого объекта. Аналитические модели могут относиться к моделям функциональным, геометрическим, программного обеспечения.

Аналитический способ представления зависимости между двумя переменными — см. *Способы представления функциональной зависимости между двумя переменными*.

Аналитический способ представления опытных зависимостей. Ниже будут рассмотрены табличный и графический способы

представления функциональной зависимости между двумя переменными. Аналитический способ дает возможность не только точно определить значение переменных, но и делает наглядным общий закон, которым связаны между собой эти переменные. Кроме того, этот способ дает возможность экстраполировать функцию, найти нарастающим итогом суммы изучаемых величин, скорость их изменения, значения максимума и минимума этих величин и т. д. Однако этим не отвергается целесообразность применения табличного и графического методов. Наоборот, без этих методов вообще нельзя обойтись в начальной стадии накопления опытных данных. Прежде чем приступить к окончательной математической обработке результатов исследований, необходимо установить аналитическую форму, по которой будет осуществляться данная обработка, т. е. установить уравнение (формулу), наиболее точно отображающее функциональную зависимость между изучаемыми величинами. Для вывода эмпирических формул нужно иметь экспериментально полученную функциональную зависимость, объясняемую в общем виде законами физики и механики. Основное правило установления эмпирических формул: подбор типа формулы (уравнения) и нахождение коэффициентов к ней. Существуют чертежи типовых кривых с соответствующими уравнениями. При выборе вида эмпирической зависимости сравнивают графики экспериментальной кривой и график типовой формулы, устанавливая их общее соответствие. Во всех случаях надо подбирать такой тип формулы, который в наибольшей мере соответствовал бы физическому смыслу явлений. После выбора аналитического вида эмпирической кривой приступают к определению её коэффициентов и постоянных. В зависимости от желаемой точности для определения коэффициентов и постоянных применяют различные способы. Наиболее широкое применение получили способы избранных точек, наименьшей средней ошибки и наименьших квадратов. Рассмотрим кратко содержание и методику применения первого, наиболее простого способа. Остальные способы хорошо описаны в литературе [1, 2]. Порядок вычислений по способу избранных точек следующий. На кривой слаженного графика берут столько точек, сколько в уравнении её коэффициентов и постоянных, и пишут уравнения кривой для этих точек. Во всех этих уравнениях значения коэффициентов и постоянных одни и те же, значения же координат различные. Получают столько уравнений, сколько неизвестных. Решая эти уравнения, получают значения коэффициентов и постоянных.

Например, уравнение избранной кривой имеет вид

$$y = ax^2 + bx + c.$$

Тогда для определения значений a , b и c составляют три уравнения:

$$\begin{aligned}y_1 &= ax_1^2 + bx_1 + c, \\y_2 &= ax_2^2 + bx_2 + c, \\y_3 &= ax_3^2 + bx_3 + c,\end{aligned}$$

где (y_1, x_1) , (y_2, x_2) , (y_3, x_3) — значения координат в трех точках на выбранной кривой.

Решая эти уравнения относительно a , b и c и подставив полученные их значения, находят искомое уравнение кривой в конечном виде.

Аналог — объект, представляющий сходство, соответствие или подобие другому предмету или явлению, дающее основание для аналогии.

Анемометр — прибор для измерения скорости, а в некоторых конструкциях и направления ветра. В теплотехнике применяется для определения скорости движения газов в вентиляционных или печных каналах.

Анизотропия — неодинаковость физических свойств тела по различным направлениям внутри этого тела. Такими физическими свойствами тела могут быть теплопроводность, электропроводность, скорости распространения света, звука, напряжений и др.

Аннотация — краткое изложение или характеристика содержания статьи, рукописи, книги, монографии и т. п., часто с их критической оценкой.

Аппроксимация — замена одних математических объектов, например чисел или функций, другими, более простыми и близкими к исходным.

Апробация производится с целью установления и оценки результатов исследования, полученных, например, в лабораторных условиях, с результатами испытаний объекта в производственных условиях. После апробации данные результаты или одобряются и утверждаются, или отвергаются и пересматриваются.

Ареометр — прибор для определения удельного веса жидкости или процентного содержания в ней растворённого вещества. Представляет собой стеклянный поплавок со шкалой. Ареометр погружается в жидкость тем глубже, чем меньше её плотность.

Аспирант — лицо, подготавливающееся к педагогической или научно-исследовательской деятельности в вузах или в НИИ.

Аспирантура является основной формой подготовки научных и научно-педагогических кадров при вузах и НИИ. Окончившим ее и

защитившим диссертацию присуждается ученая степень кандидата наук.

Аэромеханика — раздел механики, учение о равновесии и движении газов и погруженных в них тел. Аэромеханика подразделяется на аэродинамику и аэростатику.

Б

Байесовское оценивание показателей для случая непрерывных априорных распределений производится в следующей последовательности. Первоначально составляется функция правдоподобия $l(\bar{\theta} | J_0)$. Для этого используются результаты испытаний J_0 , полученные по определенному плану испытаний. После этого производят построение апостериорного распределения $h(\bar{\theta} | J_0, J_0)$, используя формулу Байеса:

$$h(\theta | J_0, J_0) = h(\bar{\theta} | J_0) l(\bar{\theta} | J_0) / \int_{\theta} h(\bar{\theta} | J_0) l(\bar{\theta} | J_0) d\bar{\theta},$$

где θ — область изменения параметра $\bar{\theta}$. В качестве байесовских оценок используются байесовский доверительный интервал q , точечная оценка \hat{R}^* и нижняя доверительная граница P_q . *Байесовский доверительный интервал* определяется условием $P(\underline{R} \leq R(\bar{\theta}) \leq \bar{R}) = q$. Для нахождения точечной оценки \bar{R}^* записывают функцию апостериорного риска:

$$G(\hat{R}) = \int_{\theta} L(\hat{R}, R(\bar{\theta})) h(\bar{\theta} | J_0, J_0) d\bar{\theta},$$

и среди всех оценок \hat{R} выбирают ту, которая минимизирует функцию $G(\hat{R})$:

$$\hat{R}^* = \operatorname{argmin}_{\hat{R}} G(\hat{R}).$$

$$R \in [0.1].$$

Для вероятности безотказной работы P в качестве оценки часто используется нижняя доверительная граница P_q , определяемая, соотношением $P\{P(\bar{\theta}) \geq P_q\} = q$.

Общая байесовская процедура оценки имеет и другие разновидности. *Параметрическое байесовское оценивание*, при котором задано параметрическое семейство для распределения основной случайной величины. *Непараметрическое байесовское оценивание*, при котором распределение основной случайной величины считается неизвестным, в некоторых случаях можно считать, что оно принадлежит

некоторому классу распределений. *Полная априорная определенность*, когда плотность априорного распределения $h(\bar{\theta})$ задана полностью. *Частичная априорная определенность*, когда задано лишь конечное количество ограничений, накладываемых на функционалы от априорной плотности. *Эмпирическое байесовское оценивание*, при котором априорное распределение полностью неизвестно. На практике наиболее распространены следующие три интерпретации априорных распределений: частотная, рациональная и субъективная.

Барометрическая формула определяет зависимость давления P (или плотности) газа от высоты h в поле силы тяжести. Для идеально-го газа в однородном поле тяжести при постоянной по высоте температуре $P = P_0 \exp(-\mu gh/PT)$, где P_0 — давление при $h = 0$; g — ускорение свободного падения; T — абсолютная температура; μ — молярная масса газа; R — универсальная газовая постоянная.

Безразмерная физическая величина — величина, в размерность которой основные величины входят в степени, равной нулю. Например, КПД, телесный угол, относительная электрическая или магнитная проницаемость и т. п. Такая величина в одной системе величин может быть безразмерной, а в другой системе — размерной.

Бернулли уравнение — одно из основных уравнений гидродинамики, выражающее закон сохранения энергии. Существуют соответствующие Бернулли уравнения: для элементарной струйки (с малым поперечным сечением) идеальной жидкости; для двух поперечных сечений, проведенных в установившемся потоке реальной жидкости; для установившегося течения идеального газа при политропическом процессе изменения состояния между двумя сечениями струйки.

Биомеханика — раздел биофизики, изучающий механические свойства живых тканей, органов и организма в целом и происходящие в них механические явления.

Бионика — наука, пограничная между биологией и техникой, решающая инженерные задачи на основе анализа структуры и жизнедеятельности организмов. Полученные закономерности и обнаруженные свойства применяют для решения инженерных задач и построения технических систем. Бионика рассматривает живые системы как возможные образы технических систем.

Бойля — Мариотта закон — один из основных законов идеальных газов, согласно которому при постоянной температуре удельный объем данного газа обратно пропорционален давлению, или произведение давления на удельный объем газа — величина постоянная: $p \cdot \gamma = \text{const}$, где p — давление; γ — удельный объем идеального газа.

Больших чисел закон — одно из основных положений теории вероятностей: совокупное действие большого числа случайных факторов приводит при некоторых весьма общих условиях к результату, почти не зависящему от случая.

Бринелля метод — способ определения твердости материалов вдавливанием в испытываемую поверхность стального закаленного шарика диаметром 2,5, 5 или 10 мм при заданной нагрузке от 625 Н до 30 кН. Число твердости по Бринеллю — НВ — отношение нагрузки (в кгс) к площади (в мм^2) поверхности отпечатка. Испытания проводят на стационарных твердомерах, обеспечивающих плавное приложение заданной нагрузки к шарику и постоянство её при выдержке в течение установленного времени (обычно 30 с).

Буйковый метод контроля уровня отличается простотой и широко применяется для измерения уровня жидкых и сыпучих сред. Принцип действия буйковых приборов основан на измерении выталкивающей силы, действующей на буек, погруженный в контролируемую жидкость. Главной особенностью буйкового метода является возможность измерения уровня границы раздела двух жидкостей. Однако при низких плотностях жидкостей их разность должна быть не менее $0,15^2/\text{см}^3$. Недостатками таких приборов является зависимость их точности от плотности и температуры жидкости.

B

Вариационное исчисление — раздел математики, посвящённый нахождению наибольших и наименьших значений *функционалов*, представляющих собой переменные величины, зависящие от выбора одной или нескольких функций. Вариационное исчисление широко используется для решения ряда задач физики, техники, экономики.

Вариационные принципы механики — положения, устанавливающие свойства, которыми действительное движение или состояние механической системы отличается от всех кинематически возможных движений (стоящий). На основе этого составляют уравнения движения механической системы и изучают общие свойства этих движений. Вариационные принципы механики используют в механике сплошных сред, термодинамике, квантовой механике, теории относительности и др.

Вероятностная бумага — разграфленная специальным образом бумага, используемая для проверки гипотезы о принадлежности выборки к нормальной совокупности. В прямоугольной системе координат на ось абсцисс наносятся значения признака в равномерном масштабе, а на ось ординат — кумулятивные частоты в логарифмическом масштабе. График функции нормального распределения изображается на этой бумаге прямой линией, что и служит критерием для проверки гипотезы о нормальном распределении. Применение вероятностной бумаги позволяет сделать вывод о принадлежности к нормальной совокупности при неизвестных численных значениях параметров гипотетического распределения.

Вероятность — число, характеризующее степень возможного наступления случайного события. Вероятность p определяется отношением $p = m/n$, где m — число благоприятствующих исходов (событий); n — общее число исходов (элементарных событий). Когда число элементарных событий бесконечно, вероятность определяется *вероятностной мерой* на множестве событий.

Вероятность случайного события — это отношение числа случаев m , благоприятствующих этому событию, к числу q всех возможных случаев данного класса событий A , т. е. $P\{A\} = m/q$. Чтобы по этой формуле вычислить вероятность, надо знать, сколько событий, какого типа возможно, но для этого следует провести испытания. Однако проведение испытаний в полном объёме исследуемой генеральной совокупности затруднительно. В связи с этим приходится ограничиваться испытанием ограниченной выборки элементов и по их результатам оценивать вероятность. По этой причине приходится

пользоваться статистическим определением вероятности. Пусть при q испытаниях событие A фактически появилось i раз. Число i носит название частоты появления события A . Отношение частоты события A к общему числу испытаний q носит название частоты события или относительной частоты $f_a = i/q$. В этом случае вероятность называют статистической.

Вероятностный процесс (*случайный, стохастический*) — процесс, течение которого может быть различным в зависимости от случая и для которого существует вероятность того или иного течения. Вероятностный процесс образуют, например, изменения координат частицы в броуновском движении, распределение частиц в малом объёме колloidного раствора и т. п.

Вероятность события — численная мера объективной возможности события. Под событием понимается факт, который в результате опыта может произойти, а может и не произойти. Каждому событию целесообразно поставить в соответствие число, которое тем больше, чем более возможно событие. Такое число называют вероятностью события. Событие, которое обязательно должно произойти в результате опыта, называют достоверным, и такому событию (C) ставят в соответствие вероятность, равную 1, т. е. можно записать, что $P(c) = 1$, где буквой P обычно принято обозначать вероятность. *Невозможным* называют событие, которое в результате опыта не может произойти, т. е. $P(c) = 0$. *Классическое определение вероятности* — это вероятность события A равна отношению числа случаев, благоприятных A , к общему числу случаев.

Виды измерений. По способу получения числового значения измеряемой величины все измерения делят на прямые, косвенные, совокупные и совместные. Качество измерений характеризуется точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений, а также размером допускаемых погрешностей.

Виды средств измерений подразделяются на меры, служащие для воспроизведения физической величины; измерительные приборы, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации; измерительные преобразователи, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения; измерительные установки и измерительные системы.

Вискозиметры вибрационные. Измерение вязкости этими приборами основано на зависимости амплитуды колебаний тела в контролируемой жидкости от её вязкости. В зависимости от частоты

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru