****

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**Кафедра «Технология машиностроения»**

**Методические указания**

**к выполнению практических работ по дисциплине**

**"Основы научных исследований"**

**для обучающихся очной формы обучения по направлению**

**15.03.05. Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств**

**ООП "Технология машиностроения"**

Ростов-на-Дону

2024 г.

УДК 621.01

Составители: доц., к.т.н. Азарова А.И.

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине "Основы научных исследований" для обучающихся очной формы обучения по направлению 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств ООП "Технология машиностроения", Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2023. – 16 с.

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине "Основы научных исследований" для обучающихся очной формы обучения по направлению 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств предназначены для студентов бакалаврской подготовки и включают методические указания выполнению практических работ, список рекомендуемой литературы.

УДК 621.01

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Донского государственного технического университета

Научный редактор д.т.н. проф. М.А.Тамаркин

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Технология машиностроения»

д.т.н. проф. М.А.Тамаркин

В печать \_\_\_\_.\_\_\_\_\_. 2023 г.

Формат 60х84/14. Объем \_\_\_\_\_ усл. п.л.

Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный

технический университет, 2023

**Практическое занятие №1.**

**Разработка технического задания на технический эксперимент**

***Цель работы:*** Ознакомление со структурой технического задания на проведение технического эксперимента, получение навыков разработки технического задания на эксперимент.

# Методика выполнения работы.

1. Ознакомиться со структурой технического задания на проведение технического эксперимента.
2. Ознакомиться с порядком разработки, согласования и утверждения технического задания.
3. Разработать техническое задание на проведение технического эксперимента в соответствии с заданием, выданным преподавателем.
4. Сделать выводы по проделанной работе.

# Краткая информация для выполнения работы.

Техническое задание на проведение технического эксперимента

1. Порядок разработки, согласования и утверждения технического задания.
   1. Основные требования к техническому заданию.

Техническое задание разрабатывают на основе исходных требований заказчика – заявки, а также на основе производственных процессов механической обработки, сборки и контроля изделия, результатов выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ, анализа передовых достижений и технического уровня отечественной и зарубежной техники.

Техническое задание на технический эксперимент является исходным документом для разработки подробной методики проведения эксперимента, документации, оформляемой по его результатам, а также, по требованию заказчика, разработки экспериментального (или опытного) устройства по результатам технического эксперимента.

Требования, включаемые в техническое задание должны обеспечивать разработку подробной методики проведения эксперимента и обработки его результатов, соответствующих достижениям отечественной и зарубежной науки на предусмотренный период разработки. Также техническое задание на технический эксперимент является основой для разработки технического задания на проектирование экспериментальной оснастки и оборудования (при необходимости).

Разработчик технического задания определяет содержание задания, в том числе технические, экономические, конструкторские и другие требования к техническому эксперименту и его результатам, этапы разработки, комплектность технической или научной документации, порядок сдачи и приемки работ. Техническое задание не должно огранивать инициативу разработчика при поиске и выборе оптимального решения поставленной задачи и содержать только необходимые и достаточные требования для разработки методики технического эксперимента и формы реализации его результата.

* 1. Порядок разработки, согласования и утверждения технического задания:
* Техническое задание разрабатывает разработчик, в отдельных случаях техническое задание может быть разработано заказчиком.
* Техническое задание согласовывают с заказчиком. При проведении инициативных работ по плану научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ, техническое задание согласовывается с основным потребителем. Срок согласования технического задания не должен превышать 15 дней. При необходимости по согласованию между разработчиком и заказчиком в утвержденное техническое задание вносят изменения. Не допускается изменять техническое задание после представления опытного изделия на приемочные испытания или проведения технического эксперимента.

1. Порядок построения, изложения и оформления технического задания.

Техническое задание, как правило, состоит из следующих разделов:

* + - цель технического эксперимента и область применения его результатов;
    - основание для разработки;
    - источники разработки;
    - технические требования;
    - экономические показатели;
    - стадии и этапы разработки;
    - порядок контроля и приемки;
    - приложения.

В зависимости от вида, назначения и условий проведения технического эксперимента допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять отдельные из них.

Содержание технического задания

* Цель технического эксперимента и область применения его результатов. Указывается область научных знаний, к которой относится технический эксперимент, приводится характеристика области применения и условий эксплуатации объекта испытаний (экспериментальных исследований), приводится цель и желаемые результаты технического эксперимента, а также необходимость разработки экспериментального (или опытного) устройства по результатам технического эксперимента.
* Основание для разработки. Указывается полное наименование документа, на основании которого разрабатывают методику и документацию на технический эксперимент, организация, утвердившая этот документ и дата его утверждения, а также наименование темы разработки.
* Источники разработки. Приводится перечень основных документов (материалов) по результатам ранее поведенных работ, перечень ГОСТов, ОСТов, образцов, прототипов, которые необходимо использовать при разработке технического эксперимента и реализации его результатов. Эти документы оформляются в виде приложения к техническому заданию.
* Технические требования. Раздел должен состоять из следующих основных подразделов, отражающих соответствующие требования к методике технического эксперимента и его результатам.
* Показатели назначения технического эксперимента.
* Состав документации, оформляемой по результатам технического эксперимента, требования к экспериментальному (или опытному) устройству, проектируемому по результатам технического эксперимента (наименование, назначение и основные составляющие; требования к средствам защиты (от влаги, вибраций, шума, вредных испарений, коррозии и др.); требования к взаимозаменяемости; требования к помехозащищенности и исключению помех, влияющих на окружающую среду и др.). Указывается необходимость получения математических и физических моделей объекта исследования, проверки их адекватности и др..
* Требования к надежности результатов технического эксперимента. Для экспериментального устройства указывают требования к долговечности, безотказности, ремонтопригодности, точности и стабильности результата измерения и др.
* Требования к категории качества. Указывают намечаемую категорию качества на момент реализации результатов технического эксперимента, установленную на основе карты технического уровня и качества продукции по ГОСТ 2.116-84.

Примечания. При наличии стандартов, устанавливающих требования к разрабатываемым методикам и экспериментальной оснастке по усмотрению разработчика могут указываться только те требования, которые превышают соответствующие требования этих стандартов или подлежат конкретизации. При этом в техническом задании должно оговариваться соответствие остальных требований.

* Требования к метрологическому обеспечению технического эксперимента. Приводятся требования, определяющие возможность достижения заданного уровня контроля (точности и стабильности результата) контролируемых показателей качества изготавливаемых деталей (образцов)в условиях реализации технического эксперимента, эксплуатации и обслуживания экспериментальной оснастки и др.. В этом пункте указывают при необходимости основные контролируемые параметры, исходные требования к методам и средствам их измерений, квалификацию персонала и другие условия контроля и испытания.
* Требования к уровню унификации и стандартизации. В разделе приводят требования (или допустимость) к использованию стандартных, а также заимствованных методик, оборудования и экспериментальной оснастки.
* Требования безопасности.
* Требования к патентной чистоте. Указываются страны, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота при разработке и выполнении всех этапов технического эксперимента.
* Эстетические и эргономические требования (требования технической эстетики)
* Дополнительные требования.
* Экономические показатели. Указывают ориентировочную себестоимость и срок окупаемости затрат на разработку методики и проведения технического эксперимента, проектирования опытного образца и т.д., а также экономические преимущества разрабатываемой методики по сравнению с другими отечественными или зарубежными образцами и аналогами, стандартными методиками и др.
* Стадии и этапы разработки. В этом разделе указываются необходимый состав технической документации на разрабатываемый продукт (методику исследований, экспериментальную оснастку, опытный образец и др.), перечень документов, подлежащий представлению на экспертизу, стадии, на которых она производится, место ее проведения. Если документация не требует проведения экспертизы, то это указывают в техническом задании.
* Порядок контроля и приемки. Приводят перечень документов, подлежащих согласованию и утверждению на отдельных стадиях разработки, перечень организаций, с которыми следует согласовывать документы.
* Приложения. Прилагаются копия заявки заказчика, перечень научно- исследовательских и других работ, обосновывающих необходимость проведения технического эксперимента, схемы, описания, обоснования, изобретения, ГОСТы и другие документы, которые должны быть использованы при разработке методики и проведении технического эксперимента, справочные и другие материалы.
* Техническое задание оформляют в соответствии с общими требованиями к текстовым конструкторским документам по ГОСТ 2.105-95 на листах формата А4 по ГОСТ 9327-60 как правило без рамки, основной надписи и дополнительных граф к ней. Номера листов (страниц) проставляют в верхней части листа (над текстом).

В результате выполнения работы должно быть оформлено техническое задание на техническое оснащение эксперимента в соответствии с индивидуальным заданием.

**Практическое занятие №2.**

**Разработка плана технического эксперимента**

# Цель работы:

Ознакомление с методикой планирования эксперимента, построением матрицы планирования эксперимента.

# Методика выполнения работы.

Основная задача при планировании технического эксперимента – это оптимизация процесса выполнения технического эксперимента путем нахождения совокупности варьируемых факторов, при которых задача исследования корректно решается при минимальных затратах времени и ресурсов. При этом осуществляется минимальное число опытов, позволяющее произвести на каждом этапе надежную статистическую оценку.

*Этапы планирования технического эксперимента*.

1. Установление цели эксперимента. Выполнено в практической работе № 1.
2. Уточнение условий проведения эксперимента (имеющееся или доступное оборудование, сроки работ, финансовые ресурсы, численность и кадровый состав работников и т.п.). Выбор вида испытаний (нормальные, ускоренные, сокращенные в условиях лаборатории, на стенде, полигонные, натурные или эксплуатационные).
3. Выявление и выбор входных и выходных параметров на основе сбора и анализа предварительной (априорной) информации.

Для выполнения этого этапа необходимо изучить структурную схему и принцип функционирования исследуемого объекта в условиях эксплуатации (технического устройства, технологического процесса, детали и др.), четко определить исследуемый параметр (на основе формулировки цели технического эксперимента в техническом задании) и вписать этот параметр в схему. При выборе выходного параметра необходимо учитывать такие требования:

а) выходной параметр должен иметь достаточно четкий физический смысл и количественную характеристику, т.е. должен измеряться;

б) он должен однозначно оценивать (измерять) объект исследования;

в) он должен отражать как можно более полно сущность исследуемого явления.

На основе анализа априорной информации, необходимо выявить факторы, оказывающие влияние на исследуемый параметр и разделить все факторы на две группы: факторы, оказывающие существенное влияние на исследуемый параметр (значимые факторы) и факторы, оказывающие несущественное влияние на исследуемый параметр. Далее необходимо сортируются все факторы на управляемые и неуправляемые и вписываются эти факторы в схему исследуемого объекта.

Основные требования, предъявляемые к факторам, такие:

а) управляемость, т.е. возможность установки и поддержания выбранного уровня фактора постоянным в течение всего опыта и его изменения по заданной программе. Требование управляемости связано с необходимостью изменять факторы в ходе эксперимента на нескольких уровнях, причем в каждом отдельном опыте уровень варьирования должен поддерживаться достаточно точно.

б) совместимость, т.е. осуществимость любых комбинаций факторов;

в) независимость, т.е. возможность установления факторов на любом уровне вне зависимости от уровня других факторов (понятие независимости предполагает, что фактор не является функцией других факторов);.

г) точность измерения и управления должна быть известна и достаточно высока (хотя бы на порядок выше точности измерения выходного параметра);

д) между факторами и выходным параметром должно существовать однозначное соответствие, т.е. изменение факторов повлечет за собой совершенно определенное изменение выходного параметра;

е) области определения факторов должны быть таковы, чтобы при предельных значениях факторов выходной параметр оставался в своих границах.

Целесообразно составить граф, описывающий связи между исследуемым параметром и факторами, а также между факторами.

1. Установление потребной точности выходных параметров, области возможного изменения входных параметров, уточнение видов воздействий. На назначение степени точности влияют условия изготовления и эксплуатации объекта, при создании которого будут использоваться эти экспериментальные данные. Условия изготовления, то есть возможности производства, ограничивают наивысшую реально достижимую точность. Условия эксплуатации, то есть условия обеспечения нормальной работы объекта, определяют минимальные требования к точности. Точность (достоверность) экспериментальных данных также существенно зависит от объёма (числа) испытаний - чем испытаний больше, тем (при тех же условиях) выше достоверность результатов. Для ряда случаев (при небольшом числе факторов и известном законе их распределения) можно заранее рассчитать минимально необходимое число испытаний, проведение которых позволит получить результаты с требуемой точностью.
2. Составление плана технического эксперимента (количество и порядок испытаний, способ сбора, хранения и документирования данных). Порядок проведения испытаний важен, если входные параметры (факторы) при исследовании одного и того же объекта в течение одного опыта принимают разные значения. Порядок составления плана:
   * Определить число уровней, на которых следует измерять и устанавливать данный фактор. Минимальное число уровней фактора, не являющегося постоянным, равно двум. Очевидно, что число уровней следует выбирать минимально возможным и, в то же время, достаточным для достижения целей эксперимента. Лучше выбирать для каждого фактора одинаковое число уровней.
   * Выдвинуть гипотезу о типе функциональной зависимости, реализующейся в регрессионной модели (для реализации цели практического занятия будем считать ее линейной).
   * Для факторов необходимо выделить область их изменения. Так как принята линейная зависимость, то есть исследуются только линейные эффекты, то достаточно выбрать два уровня количественной переменной на концах интервала области ее изменения. Число уровней равно минимальному числу точек, необходимых для восстановления полиномиальной функции.
   * Две крайние точки выделенной области изменения количественной переменной выбрать как два ее уровня, а остальные уровни располагаются так, чтобы они делили полученный отрезок на равные части (в проводимом исследовании принять два отрезка).

Закодировать значения факторов *X*1 и *X*2 как (+1; -1). Условия эксперимента оформить в виде таблицы — матрицы планирования эксперимента (табл. 2.1):

* + вектор - строки матрицы соответствуют номеру прогона, вектор - столбцы - значениям факторов.. *Y* – результат эксперимента.

Таблица 2.1. Матрица планирования эксперимента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | *X*1 | *Х*2 | *Y* |
| 1 | *-*1 | *-*1 | *y*1 |
| 2 | + 1 | - 1 | *y*2 |
| 3 | - 1 | + 1 | *y*3 |
| 4 | + 1 | + 1 | *y*4 |

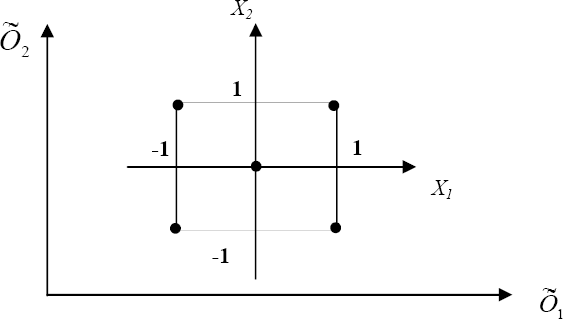
* + Привести геометрическую интерпретацию полных факторных планов в кодированном двухфакторном пространстве (рис. 2.1).
  + Внести матрицу планирования эксперимента и ее геометрическую интерпретацию в журнал экспериментальных исследований.

Рис. 2.1. Геометрическая интерпретация полных факторных планов 22.

**Практическое занятие №3.**

**Проектирование методики экспериментальных исследований**

# Методика выполнения работы.

1 Цель работы:

Ознакомление с основами проектирования методики проведения технического эксперимента.

Методика экспериментальных исследований определяет последовательность действий, которые необходимо выполнить, чтобы получить требуемый результат. В методике исследований должна содержаться полная информация для проведения исследования. Примерная последовательность разделов в методике технического эксперимента такая:

1. Формулировка цели выполнения исследований.
2. Выбор оборудования и экспериментальной оснастки для оснащения технического эксперимента. На этом этапе выбираются средства измерения и другая технологическая оснастка, необходимая для крепления средства измерения, образцов, для придания дополнительных перемещений в экспериментальной системе и пр.. Состав технологического оснащения определяется задачами исследования, выбранным оборудованием, формой и размерами образцов и т.д. и может изменяться в значительных пределах.
3. Выбор образцов (или натурных деталей) для проведения технического эксперимента. Выбор материала и формы образцов для проведения эксперимента определяется целями эксперимента и прикладной его направленностью. При определении размера и формы образцов необходимо учесть, что результаты эксперимента должны быть интерполированы для производственных, исследовательских, прогностических или других целей. Поэтому в зависимости от характера и физической сущности контролируемых на выходе экспериментальной системы параметров (откликов, критерия оптимизации и др.), форма и размеры образцов должны быть либо геометрически подобны их прикладным аналогам (например, при контроле радиуса скругления кромки при ВиО), либо обеспечивать возможность контроля требуемых параметров в соответствии с целями исследований (например, остаточные напряжения или микроструктура, микротвердость). Однако надо учесть и возможность их обработки на лабораторном оборудовании. Количество образцов зависит от многих факторов, в том числе от надежности выбора значимых факторов, степени влияния случайных факторов, точности средства измерения, надежности экспериментального оборудования, требуемой точности и надежности результата исследований и др.
4. Установление последовательности выполнения действий при проведении исследований (получении результатов измерений). В данном разделе подробно указываются все действия, которые должен выполнить исследователь для проведения технического эксперимента. Каждый пункт, включенный в методику не должен допускать неоднозначного толкования. Информация должна быть полной, однозначной, исчерпывающей.
5. Выбор методов обработки результатов измерений. В данном разделе указываются методы обработки результатов измерений, обеспечивающие реализацию поставленной цели. Например, если целью исследований является получение регрессионной зависимости для дальнейшего практического использования, то используемый математический аппарат должен обеспечивать получение коэффициентов регрессионной зависимости (идентификацию) и оценку ее адекватности и т.д.
6. Интерпретация результатов исследований. В этом разделе производится анализ и выработка практических рекомендаций для использования результатов технического эксперимента, делаются выводы по проведенному эксперименту. Также (если таковое требование указано в техническом задании) разрабатывается техническое задание на проектирование опытной (или экспериментальной) установки (оборудования, оснастки).

В дополнение к разработанной методике экспериментальных исследований составляется календарный график проведения технического эксперимента.

Необходимо отметить, что методика проведения эксперимента разрабатывается только в том случае, если нет ГОСТа на такие испытания или если есть особые условия при проведении эксперимента.

При выборе контрольно-измерительных средств необходимо придерживаться определенной методики. Исходными данными при выборе контрольно-измерительных средств являются физическая сущность контролируемого параметра и требуемая точность измерений. Рассмотрим последовательность выбора контрольно-измерительного средства на примере выбора средства измерения для контроля размера образца (детали) 85h9.

1. Физическая сущность – размер между двумя плоскими поверхностями.
2. Определение максимально допустимой погрешности измерения.

Максимально допустимая погрешность измерения изм. зависит от номинала измеряемого параметра и степени (квалитета класса) точности контролируемого параметра. Установленные стандартом погрешности измерения (табл. 3.1) являются наибольшими, которые можно допускать при измерении, они включают как случайные, так и неучтенные систематические погрешности измерения. Случайная погрешность измерения не должна превышать 60% от предела допускаемой погрешности измерения. Для размера 85h9 (номинал 85, квалитет - 9) допустимая погрешность измерения составляет 20 мкм или 0,02 мм.

Таблица 3.1. Погрешность измерения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальные размеры, мм |  | | Погрешность измерения изм в зависимости от квалитета, мкм | | | | | | | | | |
| 4 | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| До 3 | 1,0 | 1,4 | | 1,8 | 3,0 | 3,0 | 6 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 |
| Св. 2 до 6 | 1,4 | 1,6 | | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 8 | 10 | 16 | 30 | 40 | 60 |
| Св. 6 до 10 | 1,4 | 2,0 | | 2,0 | 4,0 | 5,0 | 9 | 12 | 18 | 30 | 50 | 80 |
| Св. 10 до 18 | 1,6 | 2,8 | | 3,0 | 5,0 | 7,0 | 10 | 14 | 30 | 40 | 60 | 90 |
| Св. 18 до 30 | 2,0 | 3,0 | | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 12 | 18 | 30 | 50 | 70 | 120 |
| Св. 30 до 50 | 2,4 | 4,0 | | 5,0 | 7,0 | 10,0 | 16 | 20 | 40 | 50 | 80 | 140 |
| Св. 50 до 80 | 2,8 | 4,0 | | 5,0 | 9,0 | 12,0 | 18 | 30 | 40 | 60 | 100 | 160 |
| Св. 80 до 120 | 3,0 | 5,0 | | 6,0 | 10,0 | 12,0 | 20 | 30 | 50 | 70 | 120 | 180 |
| Св.120 до 180 | 4,0 | 6,0 | | 7,0 | 12,0 | 16,0 | 30 | 40 | 50 | 80 | 140 | 200 |
| Св.180 до 250 | 5,0 | 7,0 | | 8,0 | 12,0 | 18,0 | 30 | 40 | 60 | 100 | 160 | 240 |
| Св.250 до 315 | 5,0 | 8,0 | | 10,0 | 14,0 | 20,0 | 30 | 50 | 70 | 120 | 180 | 260 |
| Св.315 до 400 | 6,0 | 9,0 | | 10,0 | 16,0 | 24,0 | 40 | 50 | 80 | 120 | 180 | 280 |
| Св.400 до 500 | 6,0 | 9,0 | | 12,0 | 18,0 | 26,0 | 40 | 50 | 80 | 140 | 200 | 320 |

1. Выбор контрольно-измерительного средства.

При использовании универсальных средств контроля средство измерения выбирают по допустимой погрешности измерения (погрешность измерения является одной из характеристик средства измерения) в зависимости от физической сущности контролируемого параметра, ее номинальной величины. В случае применения специальных средств измерения, производится разработка технического задания и их проектирование по соответствующим методикам. Также при выборе средства измерения необходимо учитывать влияние на точность измерения измерительного усилия, которое может вызвать деформацию измеряемой поверхности. Это особенно важно при замере нежестких элементов, для которых принимают средства измерения с минимальным измерительным усилием. На практике такое влияние определяется экспериментально. Для нашего случая принимаем Микрометр МК Ц100 ГОСТ 6507-90

4 Разработка технического задания на проектирование контрольного оснащения экспериментальных исследований.

**Практическое занятие №4.**

**Статистическое распределение. Расчет основных числовых характеристик**

**Цель занятия:** решение основных задач математической статистики о первичной обработке данных и упорядочение результатов наблюдения или эксперимента, представление их в обозримом виде, определение основных числовых характеристик статистического распределения выборки, а именно:

* научиться вычислять основные числовые характеристики выборки;
* графически изображать вариационный ряд;
* строить эмпирическую функцию распределения выборки.

**Результаты работы**

В результате решения задачи обучающийся должен представить распечатку файла Excel, содержащего 4 листа:

лист 1 — титульный лист к работе, на котором указаны название работы, номер варианта, Ф.И.О., номер группы;

лист 2 — таблица исходных данных и решения задачи;

лист 3 — гистограмма задачи;

лист 4 — график эмпирической функции распределения задачи;

**Варианты заданий:**

**Вариант 1**

По данному распределению выборки построить гистограмму относительных частот и эмпирическую функцию распределения. Найти среднее значение выборки, медиану, моду, среднее квадратическое отклонение.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал | 158–162 | 162–166 | 166–170 | 170–174 | 174–178 | 178–182 | 182–186 |
| Частота значений интервала | 10 | 14 | 26 | 28 | 12 | 8 | 2 |

**Вариант 2**

По данному распределению выборки построить гистограмму относительных частот и эмпирическую функцию распределения. Найти среднее значение выборки, медиану, моду, среднее квадратическое отклонение.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал | 1–5 | 5–9 | 9–13 | 13–17 | 17–21 |
| Частота значений интервала | 10 | 20 | 50 | 12 | 8 |

**Вариант 3**

По данному распределению выборки построить гистограмму относительных частот и эмпирическую функцию распределения. Найти среднее значение выборки, медиану, моду, среднее квадратическое отклонение.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал | 1–5 | 5–9 | 9–13 | 13–17 | 17–21 |
| Частота значений интервала | 10 | 20 | 50 | 12 | 8 |

**Практическое занятие №5.**

**Статистические оценки параметров распределения**

**Цель работы** отработка навыков решения следующих типов задач статистического оценивания:

► по сделанной выборке объема *n* и заданной точности ε> 0 вычислить доверительную вероятность γ, с которой интервал (φ\*-ε; φ\*+ε) накроет неизвестную генеральную характеристику φ;

* по сделанной выборке объема *n* и с заданной надежностью γ найти доверительный интервал для неизвестной характеристики φ: (φ\*- ε< φ < φ\*+ ε) ;
* определить минимальный объем выборки *n*, при котором с заданной надежностью γ обеспечивается указанная предельная ошибка ε.

**Результаты работы:**

В результате решения задачи обучающийся должен представить распечатку файла Excel,, содержащий 3 листа:

лист 1 — титульный лист к работе, на котором указаны название работы, номер варианта, Ф. И.О., номер группы;

лист 2— таблица исходных данных и решения задачи;

лист 3— таблица исходных данных и решения задания своего варианта.

**Варианты заданий:**

**Вариант 1**

Имеются результаты измерения производительности случайно отобранных 100 сотрудников (применялся собственно-случайный бесповторный 5%-ный отбор).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Производительность, тыс. руб. | 158–162 | 162–166 | 166–170 | 170–174 | 174–178 | 178–182 | 182–186 |
| Количество сотрудников, чел. | 10 | 14 | 26 | 28 | 12 | 8 | 2 |
| Найти:  а) с вероятностью 0,95 границы для вредней производительности отобранных сотрудников в целом; | | | | | | | |

б) границы, в которых с вероятностью 0,95 заключена доля сотрудников с производительностью более 174 тыс. руб.;

в) необходимый объем выборки при определении средней производительности сотрудников, гарантирующий с вероятностью 0,99 предельную ошибку выборки 6 тыс. руб.

**Вариант 2**

Получено следующее распределение выборки (применялся собственно-случайный бесповторный 3%-ный отбор):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Частичный интервал | 1–5 | 5–9 | 9–13 | 13–17 | 17–21 |
| Частота вариант интервала | | 10 | 20 | 50 | 12 | 8 |

Вычислить:

а) с вероятностью 0,954 границы для генерального среднего;

б) доверительную вероятность того, что выборочное среднее отличается от генерального среднего не более чем на 0,7;

в) минимальный объем выборки, гарантирующий с вероятностью 0,98 предельную ошибку выборки 1.

**Вариант 3**

Получено следующее распределение выборки (применялся собственно-случайный бесповторный 5%-ный отбор):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Частичный интервал | 10–15 | 15–20 | 20–25 | 25–30 | 30–35 |
| Частота вариант интервала | | 2 | 4 | 8 | 4 | 2 |
| Вычислить: | |  |  |  |  |  |
| а) | с вероятностью 0,95 границы для генерального среднего; | | | | |  |
| б) доверительную вероятность того, что выборочное среднее отличается от генерального среднего не более чем на 0,3; в) минимальный объем выборки, гарантирующий с вероятностью 0,99 предельную ошибку выборки 0,5. | | | | | | |

**Практическое занятие №6.**

**Построение линейной регрессии по несгруппированным данным**

**Цель работы:**

* овладение способами построения моделей линейной корреляции для несгруппированных данных;
* вычисление основных числовых характеристик выборки;
* построение уравнений регрессии, диаграммы рассеивания.

**Результаты работы**

В результате решения задачи обучающийся должен представить распечатку файла Excel, содержащий 3 листа.

лист 1 - титульный лист к работе, на котором указаны название работы, номер варианта, Ф. И.О., номер группы;

лист 2 - таблица исходных данных и решения задачи;

лист 3 - диаграмма рассеивания, линии регрессии задачи;

**Варианты заданий:**

**Вариант 1**

Для установления зависимости между двумя признаками *X* и *Y* произведено статистическое наблюдение, результаты которого приведены в следующей таблице:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *X* | 406 | 660 | 914 | 1168 | 1422 | 1676 | 1930 | 2184 | 2438 |
| *Y* | 518,5 | 813,5 | 1108,5 | 1403,5 | 1698,05 | 1993,5 | 2288,5 | 2583,8 | 2878,5 |

Найти числовые характеристики выборки: среднее, дисперсию, ковариацию, коэффициент корреляции.

Предполагая, что *X* и *Y* связаны линейной зависимостью, написать уравнения линейной регрессии *Y* на *X* и *X* на *Y*. Вычислить среднюю квадратическую погрешность полученных уравнений регрессии.

Построить диаграммы рассеяния, провести прямые линейной регрессии.

**Вариант 2**

Для установления зависимости между двумя признаками *X* и *Y* произведено статистическое наблюдение, результаты которого приведены в следующей таблице:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *X* | 50 | 49 | 48 | 51 | 52 | 53 | 54 | 57 | 59 | 60 | 61 | 55 |
| *Y* | 10 | 8 | 10 | 9 | 10 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 20 | 17 |

Найти числовые характеристики выборки: среднее, дисперсию, ковариацию, коэффициент корреляции.

Предполагая, что *X* и *Y* связаны линейной зависимостью, написать уравнения линейной регрессии *Y* на *X* и *X* на *Y*. Вычислить среднюю квадратическую погрешность полученных уравнений регрессии.

Построить диаграммы рассеяния, повести прямые линейной регрессии.

**Вариант 3**

Для установления зависимости между двумя признаками *X* и *Y* произведено статистическое наблюдение, результаты которого приведены в следующей таблице:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *X* | 39 | 42 | 53 | 70 | 73,5 | 75 | 90 | 98 | 110 | 115 |
| *Y* | 1,3 | 1,3 | 0,8 | 2,2 | 1,8 | 2 | 2,2 | 1,8 | 2,8 | 2,1 |

Найти числовые характеристики выборки: среднее, дисперсию, ковариацию, коэффициент корреляции.

Предполагая, что *X* и *Y* связаны линейной зависимостью, написать уравнения линейной регрессии *Y* на *X* и *X* на *Y*. Вычислить среднюю квадратическую погрешность полученных уравнений регрессии.

Построить диаграммы рассеяния, провести прямые линейной регрессии.

**Практическое занятие №7.**

**Построение кривой распределения по эмпирическим данным. Проверка гипотезы о нормальном распределении выборки**

Цель работы: решение основной задачи математической статистики — определение вида распределения изучаемого признака на основе экспериментальных данных, проверка согласованности гипотезы о распределении генеральной совокупности с полученным выборочным распределением, а именно:

► овладение способами построения эмпирической и теоретической кривой распределения;

► выработка умения и навыков применения критерия согласия Пирсона для проверки выдвинутой статистической гипотезы.

**Результаты работы**

В результате решения задачи обучающийся должен представить распечатку файла Excel, содержащий 4 листа:

лист 1 - титульный лист к работе, на котором указаны название работы, номер варианта, Ф.И.О., номер группы;

лист 2 - таблица исходных данных и решения задачи;

лист 3 - гистограмма задачи;

лист 4 - графики теоретической и эмпирической кривых распределения задачи.

**Вариант 1**

При уровне значимости α=0,01 проверить, согласуется ли гипотеза о нормальном распределении исследуемого признака *X* в генеральной совокупности с полученным выборочным распределением.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервалы значений признака | 80-100 | 100–120 | 120–140 | 140–160 | 160–180 |
| Частота | 10 | 20 | 40 | 20 | 10 |

Построить эмпирическую и теоретическую кривую распределения.

**Вариант 2**

При уровне значимости α=0,05 проверить гипотезу о нормальном распределении генеральной совокупности при следующем эмпирическом распределении выборки объемом *n*=100.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервалы значений признака | 158–162 | 162–166 | 166–170 | 170–174 | 174–178 | 178–182 | 182–186 |
| Частота | 10 | 14 | 26 | 28 | 12 | 8 | 2 |

Построить эмпирическую и теоретическую кривую распределения.

**Вариант 3**

При уровне значимости α=0,05 проверить гипотезу о нормальном распределении генеральной совокупности при следующем эмпирическом распределении выборки объемом *n*=600.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервалы значений  признака | -20– -10 | -10–0 | 0–10 | 10–20 | 20–30 | 30–40 | 40–50 |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Частота | 40 | 94 | 160 | 178 | 80 | 32 | 16 |

**Практическое занятие №8.**

**Формирование и оформление отчета о проведении технического эксперимента**

***Цель работы***: Ознакомление с характеристиками факторов и признаками научной результативности научно-исследовательской работы или технического эксперимента.

# Методика выполнения работы.

В отчете должны присутствовать следующие разделы: Введение

1. Обоснование темы научно-исследовательской работы или технического эксперимента .
2. Краткий обзор литературных источников.
3. Цель и задачи исследований.
4. Разработка технического задания на технический эксперимент.
5. Выявление исследуемого параметра и значимых факторов, влияющих на значения исследуемого параметра.
6. Разработка плана эксперимента.
7. Выбор технического оснащения.
8. Разработка методики проведения эксперимента.
9. Результаты экспериментальных исследований.
10. Обработка результатов экспериментальных исследований.
11. Оценка научной и научно-технической результативности НИР или технического эксперимента.
12. Выводы и рекомендации.
13. Заключение.

Оценка научной и научно-технической результативности НИР производится с помощью системы взвешенных балльных оценок. Для фундаментальных НИР рассчитывается только коэффициент научной результативности, а для поисковых работ и коэффициент научно-технической результативности. Оценки коэффициентов могут быть установлены только на основе опыта и знаний научных работников, которые используются как эксперты. Оценка научно-технической результативности прикладных НИР производится на основе сопоставления достигнутых в результате выполнения НИР технических параметров с базовыми (которые можно было реализовать до выполнения НИР).

Таблица 8.1. Характеристики факторов и признаков результативности НИР

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактор науч- ной результа-  тивности | Коэфф. значимости  фактора | Качество фактора | Характеристика фактора | Коэфф. достигнутого  уровня |
| Характеристики факторов и признаков научной результативности НИР | | | | |
| Новизна полученных результатов | 0,5 | Высокая | Принципиально новые результаты, новая теория, открытие новой  закономерности | 1,0 |
| Средняя | Некоторые общие закономерности, методы, способы, позволяющие создать принципиально новую  продукцию | 0,7 |
| Недостаточн ая | Положительное решение на основе простых обобщений, анализа связей факторов, распространение известных принципов на новые  объекты | 0,3 |
| Тривиальная | Описание отдельных факторов, распространение ранее полученных  результатов, реферативные обзоры | 0,1 |
| Глубина научной проработки | 0,35 | Высокая | Выполнение сложных теоретических  расчетов, проверка на большом объеме экспериментальных данных | 1,0 |
| Средняя | Невысокая сложность расчетов, проверка на небольшом объеме  экспериментальных данных | 0,6 |
| Недостаточн  ая | Теоретические расчеты просты,  эксперимент не проводился | 0,1 |
| Характеристики факторов и признаков научно-технической результативности НИР | | | | |
| Перспективнос ть использования результатов | 0,5 | Первостеп  енная | Результаты могут найти применение  во многих научных направлениях | 1,0 |
| Важная | Результаты будут использованы при разработке новых технических  решений | 0,8 |
| Полезная | Результаты будут использованы при последующих НИР и  разработках | 0,5 |
| Масштаб реализации результатов | 0,3 | Националь ная экономика | Время реализации: до 3 лет,  до 5 лет,  до 10 лет,  свыше 10 лет | 1,0  0,8  0,6  0,4 |
| Отрасль | Время реализации: до 3 лет,  до 5 лет,  до 10 лет,  свыше 10 лет | 0,8  0,7  0,5  0,3 |
| Фактор науч-  ной результа- тивности | Коэфф.  значимости фактора | Качество фактора | Характеристика фактора | Коэфф.  достигнутого уровня |
|  |  | Отдельные фирмы и предприят ия | Время реализации: до 3 лет,  до 5 лет,  до 10 лет,  свыше 10 лет | 0,4  0,3  0,2  0,1 |
| Завершенность результатов | 0,2 | Высокая | Техническое задание на ОКР | 1 |
| Средняя | Рекомендации, развернутый анализ,  предложения | 0,6 |
| Недоста-  точная | Обзор, информация | 0,4 |

http://www.aup.ru/books/m56/5_5.files/image002.gifКоэффициент научно-технической результативности определяется по формуле:

,

где *k* – число оцениваемых параметров;

КВЛi – коэффициент влияния *i*-го параметра на научно-техническую результативность;

КПi – коэффициент относительного повышения i- го параметра по сравнению с базовым значением.

**Практическое занятие №9.**

**Мозговая атака.**

Мозговая атака – это метод, с помощью которого можно найти альтернативные пути решения сложных задач. Он позволяет личности раскрыть свой внутренний потенциал. Мозговая атака - метод, который подразумевает, что все участники процесса будут проявлять выраженную активность. Технология проведения включает в себя три основных периода:

1. Формулировка идей. На данном этапе происходит формулирование цели, осуществляется сбор необходимой информации. Участники процесса должны быть осведомлены в том, какого рода информация им предлагается к размышлению. Все озвученные идеи, как правило, фиксируются на бумаге, чтобы не упустить ничего важного.
2. Формирование рабочей группы. Участники делятся на генераторов идей и экспертов. Первые – люди, имеющие развитую творческую направленность, фантазию. Они предлагают нестандартные способы в качестве решения проблемы. Эксперты обнаруживают ценность каждой выдвинутой идеи, соглашаются с ней или нет, мотивируя свой выбор.
3. Анализ и отбор предложений. Уместна критика, активное обсуждение предложений. Сначала высказываются генераторы идей, после этого слово предоставляется экспертам. Предложения отбираются, основываясь на логическом выводе и креативности.

Руководитель должен контролировать процесс, наблюдать за ходом обсуждения проблемы. В случае возникновения спорных моментов он обязательно вносит ясность, уточняет детали, направляет дальнейшее развитие мысли.

Дополнительные условия. Одним из главных условий проведения является внезапность использования. Участники не должны специально готовиться к «мозговой атаке», продумывать используемые ходы. Для эффективного проведения «мозговой атаки» должны соблюдаться ряд *организационных условий:*

* + члены группы должны находиться в постоянном контакте;
  + профессиональные и личностные качества участников должны быть достаточно высокими;
  + в группе может быть лишь несколько человек, сведущих в рассматриваемой проблеме;
  + работа должна проходить в комфортной и непринужденной обстановке;
  + члены группы должны иметь желание кооперироваться и взаимодействовать;
  + желательно, чтобы участники были расположены по кругу; знали друг друга по именам;
  + желательно, чтобы руководителем группы избирали или назначали специалиста, хорошо разбирающегося в проблеме и пользующегося авторитетом у присутствующих;
  + наблюдатели, которые фиксируют все идеи и высказывания участников, располагаются за столами вне группы.

При проведении занятий методом «мозговой атаки» необходимо соблюдать следующие правила и условия:

* + нацеленность творческого поиска на один объект, недопустимость ухода в сторону от него, потери стержневого направления;
  + краткость и ясность высказываемых мыслей участниками «мозговой атаки»;
  + стимулирование любой самостоятельной мысли или суждения;
  + недопустимость критических замечаний по поводу высказываний других участников

«мозговой атаки»;

* + недопустимость повтора сказанного другими участниками «мозговой атаки»;
  + нежелательность отвода предложений участников высказаться под предлогом, что все уже сказано;
  + возможность и желательность дальнейшего развития положений и мыслей, высказанных участниками ранее;
  + гласность в показе идей, получивших признание.

**Рекомендуемая литература**

1. Цаплин, А.И. Основы научных исследований в технологии машиностроения : учеб. пособие / А.И. Цаплин. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014 – 228 с.

2. Сафин Р.Г., Тимербаев Н.Ф. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента: учебное пособие Казань: Издательство КНИТУ, 2013

3. Боярский М.В., Анисимов Э.А. Планирование и организация эксперимента: учебное пособие Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015

4. Попов А.А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем: монография Новосибирск: НГТУ, 2013

5. Горохов В.Л., Цаплин В.В. Планирование и обработка экспериментов: учебное пособие Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016

6. Логунова О.С., Романов П.Ю. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ: Учебник Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018.

7. Шевцов, С.Н., Тамаркин, М.А. Математическое моделирование в машиностроении: учеб. пособие Ростов н/Д.: ИЦ ДГТУ, 2016