

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной
физики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
_____ 20__ г.

Основы инженерного творчества

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ для студентов
направлений подготовки 28.03.01

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 15.05.2022 01:08:28
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e94364a4851fda56d089

Курск 2021.

УДК 534.2

Составители: И.А.Шабанова, А.М. Стороженко

Рецензент

Кандидат физико-математических наук, доцент А.Е. Кузько.

Основы инженерного творчества: методические рекомендации к
выполнению лабораторных работ для студентов направления
подготовки 28.03.01 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.А.Шабанова,
А.М. Стороженко. Курск, 2021. 26 с.

Излагаются методические рекомендации по выполнению лабораторных
работ. Представлены правила и цель их выполнения, краткие теоретические
сведения, задания.

Методические указания соответствуют требованиям Федеральных
государственных образовательных стандартов высшего образования и
учебного плана направления подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и
микросистемная техника, степень (квалификация) – бакалавр. Предназначены
для студентов всех форм обучения. Материал также будет полезен студентам
других направлений подготовки, изучающим дисциплины
нанотехнологического цикла.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать Формат 60 x 84 1/16.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. Тираж экз.
Заказ 1709. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: ознакомиться с устройством исследовательских лабораторий, их оборудованием и приборами, научиться ими пользоваться и готовить образцы к исследованиям.

Краткие теоретические сведения

Научные исследования - это целенаправленный процесс производства новых знаний, раскрывающий новые явления в обществе и природе для использования их в практической деятельности. Эксперимент начинается с четко поставленной цели, которая описывается со слов «разработать», «характеризовать», «создать», «выявить», «установить».

Затем следует выделить задачи, с помощью которых достигается цель. Это последовательность работ, необходимая для создания товара, исследования качества товара, его применение.

После этого следует описание объекта: характеристика его общей структуры, время и место выработки, известные данные о качестве, стоимости, транспортировании, хранении, использовании.

За этим разделом идет перечень и краткое описание известных методов исследования и подробное описание имеющихся или новых методов исследования.

Общими экспериментальными методами исследования служат:

- наблюдение предмета с количественным его измерением;
- сравнение по сходству или различию объекта с аналогом;
- измерение непосредственного или косвенного получения числового значения;
- эксперимент - комплексное изучение объекта путем создания искусственных условий, позволяющих установить свойства и характеристики.

К частным методам исследования относятся:

- химические, служащие для определения химического состава;
- физические, предназначенные для определения влажности, кислотности, оптических свойств, удельной массы;
- физико-химические, которые служат для определения количественного и качественного содержания веществ с помощью приборов;
- математические, служащие для обработки данных эксперимента.

Задание 1. Описать оснащенность научно-исследовательской лаборатории оборудованием, необходимым для выполнения экспериментальной части индивидуальной научно-исследовательской работы. Сведения оформить в виде табл. 1.

Таблица 1

Основная материально-техническая база лаборатории

| Наименование прибора | Тип или марка прибора | Устройство прибора | Принцип работы прибора | Использование |
|----------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|---------------|
| | | | | |

Задание 2. Изучить методы исследования и подготовить образцы объектов исследования к эксперименту. Используя стандарты по проведению испытаний, изучить порядок проведения испытаний на примере нескольких методов, выделить основные этапы исследования.

Задание 3. Провести экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования могут состоять из одной или нескольких серий опытов в соответствии с методикой, а также с учетом случайных ошибок опыта и точности прибора.

Вид экспериментальных исследований определяется индивидуально в соответствии с научной темой работы.

Для проведения экспериментальных исследований необходимо подготовить объект исследования, реактивы, приборы, посуду, инструменты.

Провести обработку полученных экспериментальных данных, анализ результатов и сформулировать выводы, вытекающие и проведенного эксперимента.

Вопросы для подготовки

1. Классификация и характеристика методов научных исследований
2. Организация проведения научных исследований в лаборатории.
3. Общие принципы проведения научных исследований.
4. Факторы, влияющие на достоверность эксперимента.

2. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Цель работы: научиться осуществлять математико-статистическую обработку результатов исследования, анализировать полученные результаты исследований. Научиться оформлять научную работу и доклад.

Краткие теоретические сведения

Цель обработки данных - получение достоверных и сопоставимых значений. Цель оформления НИР - приведение структуры работы к единообразию.

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Средняя арифметическая взвешенная | Среднее значение нескольких результатов анализа по одному | $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{n}$ \bar{x} - ср. ариф. знач. x_i - знач. 1 варианта n_i - частота повтор. n - объем выборки |
| Среднее квадратичное отклонение | Отклонение от среднего значения +, - в натуральной величине | $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ S - среднее квадратическое отклонение |
| Коэффициент вариации | Отклонение от среднего значения в % | $V = 100 \frac{S}{\bar{x}}$ V - коэффициент вариации |
| Коэффициент корреляции | Степень связи между двумя показателями качества | $r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y - \bar{y})}}$ r - коэффициент корреляции, y - значение 2-го варианта, \bar{y} - ср. знач. 2-го варианта |
| Ошибка корреляции | Отклонения | $S_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$ S_r - ошибка коэффициента корреляции |

Краткие теоретические сведения

Цель обработки данных - получение достоверных и сопоставимых значений. Цель оформления НИР - приведение структуры работы к единообразию.

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Средняя арифметическая взвешенная | Среднее значение нескольких результатов анализа по одному | $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{n}$ \bar{x} - ср. ариф. знач. x_i - знач. 1 варианта n_i - частота повтор. n - объем выборки |
| Среднее квадратичное отклонение | Отклонение от среднего значения +, - в натуральной величине | $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ S - среднее квадратическое отклонение |

В настоящее время такие расчеты осуществляет компьютер по заданной программе.

Статистическую обработку данных осуществляют на ЭВМ с использованием пакета прикладных программ MS Excel, Word. Определяют среднее значение вариационного ряда \bar{S} , среднеквадратичное отклонение G . Различия между двумя средними величинами считали достоверными при значении средней ошибки $p < 0,08$. Количество повторных опытов устанавливали по X^2 критерию достоверности. Чем значительнее отклонение, тем больше X^2 . Взаимосвязь определяли коэффициентом корреляции.

Оформление результатов исследований проводят с помощью иллюстраций:

- таблиц;
- схем - графического изображения на плоскости последовательности повторных операций в процессе;
- графиков - геометрического изображения функциональной зависимости при помощи линий на плоскости;
- диаграмм - способов графического изображения зависимостей в виде фигур;
- фотографий-иллюстраций в виде фотосъемок предметов, чаще с линейкой;
- рисунков, чертежей, карт-изображений на плоскости строения или внешнего вида предмета (рисунок) в масштабе (чертежи), с обозначениями на местности.

Оформляются иллюстрации по следующим правилам после ссылки в тексте.

Таблицы. В правом углу пишется слово «Таблица» с нумерацией из арабских цифр в последовательности оформления. Ниже в центре пишется тематический заголовок, затем головка и хвост. Заголовки глав начинаются с прописной буквы, подзаголовки граф - со строчной, графы хвоста - с прописной буквы. Каждое число в строке горизонтального ряда соответствует показателю в боковике.

Тематический заголовок должен быть кратким, раскрывать содержание работы и быть понятным без обращения к тексту. Под заголовком справа должна быть указана единица измерения. Если каждая строка имеет свою размерность, то следует ввести графу «Единица измерения».

Громоздкие таблицы следует разделить на две, три или вынести в приложение. В тексте должны быть сокращенные ссылки на таблицу (табл.1). Таблицу следует писать на одном листе. Если часть таблицы переносится на следующую страницу, пишется «Продолжение табл.1», «Окончание табл.1.» и полная головка таблицы. Размещают таблицу с учетом удобства чтения - без поворота работы и с поворотом работы по ходу часовой стрелки. Информация в боковике и заголовках граф называется подлежащим, а в графах хвоста - сказуемым. При составлении таблиц система показателей в подлежащем и сказуемом должна позволить получить полное, законченное представление об описываемом явлении или процессе.

Для упрощения сложных цифр граф в заголовок можно вносить множители. Если словесные характеристики повторяются, то их можно объединить, написать «То же» или вынести в примечание. При описании химического состава нужно проверить данные сложением, чтобы итог составлял 100%. Таблица должна быть связана с текстом.

Графики. Это наиболее простой способ передачи информации. График должен согласовываться с текстом, не быть перегруженным обозначениями, красив в оформлении. График чертится в соответствующем масштабе. При отсутствии сетки координат оси заканчиваются стрелкой. Если оси абсцисс и ординат начинаются с нуля, то знак «О» в начале координат не повторяется. Оси следует писать, не выходя за пределы координатной рамки. На графике экспериментальных исследований ставятся точки (если один опыт), кружочки, квадратики, треугольники (если много опытов). Если данные опыта серийные, то откладываются средние величины. Обозначения кривых графика выносятся под заголовком. Надписи на осях координат надо писать, не выходя за пределы координатной рамки. Они должны быть краткими. Над графиком пишется заголовок, под графиком - Рис. (номер).

Диаграмма - это графическое сравнение расчетных и статистических данных. Для построения столбиковой диаграммы с небольшим количеством столбов она должна иметь высоту больше ширины. Диаграммы должны начинаться с нулевой линии, быть непрерывными и уже, чем пространство между ними, а при большом количестве столбов - наоборот. Если столбы делятся на части, то нижнюю выполняют сплошной штриховкой, а выше - горизонтальной, вертикальной, перекрестно-косой линиями, точками. Если последующая величина больше предыдущей, применяются столбики с наплывом. Под диаграммой пишут кратко «Рис.» (номер) последовательности иллюстрации, заглавие, обозначения. Строят диаграммы на сетке. На радиальной диаграмме значения выражаются в градусах, исходя из 360.

Схема - это графическое обозначение, при помощи которого показаны составные части изделия, операции технологического процесса. Отдельные участки схем можно окрашивать в разные цвета, но при этом давать условные обозначения.

Чертежи, планы, карты следует чертить с указанием масштаба. Подписывается внизу кратко «Рис.», дается номер последовательности иллюстрации, указывается заголовок, даются обозначения.

Рисунки - призваны давать представления об объекте. Можно выполнить эскиз со штриховкой или раскрашиванием. Под изображением пишется кратко «Рис.», номер, обозначения, заголовок пишется над изображением.

Фотография – как объект, вставляется из файла. Для суждения о размерах рядом с объектом (оборудованием) кладется линейка. Обозначается аналогично рисунку.

Только после этого осуществляют анализ результатов исследований - сопоставление базовых исходных данных с данными эксперимента, объяснения явлений.

Реферат научный - короткое устное или письменное изложение темы (вопроса), где освещаются теоретические исследования, описываются гипотеза и новизна. Реферат освещает, как правило, один вопрос темы по источникам литературы. Сначала описывается состояние объекта, пути его совершенствования, а заканчивается он краткими выводами.

Реферат информационный - краткое содержание НИР в той же последовательности.

Реферат должен содержать 20-35 страниц машинописного текста, в т.ч. введение 3-4 стр., обзор литературы 15-25 стр., заключение 2-3 стр. Количество источников литературы - 25-30.

Курсовая работа - рукописный научный труд, самостоятельно (под руководством преподавателя) выполненный для приобщения к будущей специальности согласно избранной теме. Она дает навык сбора информации, ее обработки, анализа статистических данных, результата эксперимента, математических расчетов, подведения итогов, оформления НИР.

Курсовая работа должна содержать 30-50 страниц машинописного текста, в т.ч. введение 3-4 стр., обзор литературы 15-25 стр., исследовательская часть 15-20 стр., заключение 2-3 стр. Количество источников литературы - не менее 15.

Отчет по практике - рукописная работа, выполненная согласно плану по материалам, изученным по практике. Освещаются вопросы и данные о предприятии, характеристике сырья, технологии производства (или торговли), контроле за качеством. Прикладываются дневник, характеристика, справка о чтении лекции или оказании помощи, а также документы и этикетки. Объем 30-40 страниц.

Выпускная квалификационная работа - рукописный научный труд, выполненный самостоятельно (под руководством преподавателя выпускающей кафедры и при консультации преподавателей сопряженных кафедр). Согласно избранной теме студент анализирует теоретический и экспериментальный материал, статистические данные, делает выводы, предложения, описывает внедрение и прикладывает расчет экономической эффективности. То есть работа должна иметь оригинальный характер, решать конкретные товароведческие вопросы, имеющие значимость для торговых предприятий и коммерческих организаций.

Выпускная квалификационная работа должна содержать 90-120 страниц машинописного текста, в т.ч. введение 4-5 стр., обзор литературы 30-35 стр., практическая часть 35-40 стр., исследовательская часть 35-40 стр., заключение 3-4 стр. Количество источников литературы - не менее 30.

Доклад - рукописный научный самостоятельный труд, выполненный самостоятельно (под руководством преподавателя). Работа по избранной теме объемом на 10-20 минут чтения (5-10 страниц машинописного текста). Эта краткое изложение научного положения, практического значения НИР, выводов и приложения с иллюстрациями.

Статья - самостоятельно опубликованное в печати (или депонированное) произведение, содержащее определенную научную информацию о результатах проведенных исследований. Пишется по следующему плану: название, перечисление авторов, введение, разделы, заключение. Заголовки не пишутся. Композиция основана на логическом раскрытии темы.

Монография специальное научно-исследовательское произведение, посвященное изложению проблемы, отличается от статьи более широкой постановкой проблемы, аргументированностью суждений, имеющимся списком использованной литературы, тематическим или другим указателем. По архитектонике самостоятельное структурное произведение, имеющее заголовки, систему кодирования таблиц, рисунков, схем. После каждой главы делается вывод или краткое резюме. Заключение делать обязательно.

Заявка на изобретение и полезную модель - рукописный материал, который включает реферат, описание изобретения, формулу изобретения и др.

Заявка на рационализаторское предложение - рукописный материал, подготовленный на основании расчетов, схем и описания сути предложения.

Автореферат - краткое содержание диссертации объемом 1 или 2 печатных листа (24 страницы через 2 интервала - 1 п.л.). Дает возможность получить отзыв на диссертацию. Имеет общую характеристику работы, отмечает актуальность, цель, научную новизну, практическую ценность, апробирование.

Диссертация - квалифицированная научная работа в определенной отрасли науки, подготовленная автором для публичной защиты. В основу ее входят опубликованные статьи, открытия, изобретения. Архитектоника построения не отличается от монографии и отчета НИР. Объем 150-300 страниц.

Отзыв - пишет руководитель о содержании работы, отношении к ней студента.

Рецензию пишет рецензент с критической оценкой работы. *Заказ* - дает организация на написание работы. Список исполнителей готовится, если работа выполнялась коллективно. По списку следуют фамилии, инициалы исполнителей, их должность, степень, звание, объем выполненных работ, номер раздела, подпись. Если исполнитель один, то его данные и подпись ставятся на титульном листе.

Перечень символов указывается, если в работе дается большое количество символов и сокращений, то прикладывается перечень с их расшифровкой.

Содержание готовится к любой НИР. Это развернутый план работы (на 1-3 стр.) с нумерацией разделов, формулировкой, обозначением страницы, с которой начинается раздел. Содержание должно отражать фактически изложенный материал.

Введение не нумеруется и начинается после содержания. Далее страницы нумеруются. Во введении подчеркивается актуальность темы, обоснованность выбранного направления, дается мотивировка выбранного направления исследований, как с научной, так и с экономической точки зрения, указывается свое, личное отношение к опубликованным работам, излагаются цель, задачи работы, рекомендации к их решению, а также краткое освещение содержания работы в целом.

Обзор литературы. Готовится на основании материалов личной картотеки, конспектов с анализом информации. Нумеруется глава 1., разделы 1.1., 1.2., 1.3. и т.д., подразделы 1.1.1., 1.1.2., 1.1.3. и т.д.

Описание должно осуществляться от третьего лица с соблюдением хронологии, единообразия. Писать следует кратко, конкретно, с анализом новых идей, проблем, оценкой противоречивых сведений и ссылками на источник в скобках, где указан номер, под которым этот материал находится в списке использованных источников. Каждый раздел начинается с заголовка, который пишется строчными буквами, за исключением первой - прописной. Перенос в словах заголовка недопустим. Расстояние между заголовками и текстом должно быть два обычных (1,0) интервала. Содержание разделов должно отвечать плану, утвержденному руководителем.

Нумеруются разделы арабскими цифрами. Номер главы состоит из одной цифры, раздела - из двух, подраздела - из трех. При написании текста можно пользоваться общепринятыми сокращениями гг. - годы, тыс., млн., млрд., г, кг, т, см, м, км). Слово «градус» пишется полностью и может быть заменено символом в таблице и рядом с числовым выражением. Не переносятся: РФ, инициалы и фамилии, 2017 год, 18м.

Исследовательская часть пишется с нового листа и включает следующие разделы:

Цели и задачи исследования. Глава нумеруется одной арабской цифрой (2). Раздел нумеруется двумя арабскими цифрами (2.1.). Целью работы является раскрытие темы в соответствии с ее формулировкой. Задачами являются пути, по которым осуществляется раскрытие темы. Они связаны с последовательностью выполнения эксперимента.

Объект исследования. Дается описание изучаемого материала, сырья, продукта, ассортимента. Раздел нумеруется двумя арабскими цифрами (2.2.). Указывается, как отбирались образцы, какие варианты для сравнения использовались, как упаковывались, в каких условиях транспортировались, хранились.

Методы исследования. Раздел нумеруется двумя арабскими цифрами (2.3.). В нем дается классификация методов исследования, подробное изложение новых, малоизвестных, модифицированных методик, ссылки на источник по традиционным методам, указание формул и методов расчета, получение расчетов, получение графиков, особенности апробирования методик.

Результаты исследования. Раздел нумеруется двумя арабскими цифрами (2.4.). Описываются результаты опытов в следующей последовательности: суть эксперимента, результаты с иллюстрацией,

обсуждение, сопоставление с известными данными, собственное мнение, выводы. Изложение материала должно быть ясным, понятным для широкого круга читателей, грамотным, исключая ошибки.

Заключение пишется с нового листа. Заключение объединяет понятия, выводы и предложения. Оно должно содержать оценку результатов работы с точки зрения поставленной цели. Выводы должны выражаться в лаконичных фразах, в виде основных положений, вытекающих из сути работы, собственных результатов исследования. Сначала даются первостепенные выводы, затем дополнительные и второстепенные. После выводов идут рекомендации, включая внедрение результатов исследования промышленностью, торговлей, мотивировка целесообразности дальнейших исследований. Необходимо дать оценку экономической эффективности или научную и социальную ценность НИР, указать публикации, нормативно-техническую документацию при создании новых продуктов, препаратов. Указать отрицательные результаты, если они возникли. Объем 3-4 стр.

Список использованных источников. Осуществляется нумерация арабскими цифрами последовательности источников по мере их использования в тексте или по алфавиту. Первоначально идут источники законодательных органов, передовые статьи газет, журналов и т.д.

Приложения нумеруются по мере использования в тексте (А,Б,В).

Графический материал из 6-10 таблиц, 4-8 рисунков выполняется на стандартных листах (А1) или на писчей бумаге формата (А4) для каждого члена комиссии, таблицы должны раскрывать содержание дипломной работы, последовательность, главные результаты работы Состав и содержание таблиц согласовывается с научным руководителем.

Доклад включает титульный лист, содержание, иллюстрации в пределах масштаба стандартного листа писчей бумаги.

Задания

Задание 1. Обработать результаты анализов методом математической статистики на ЭВМ, используя данные исследований, проведенных в работе № 1. Результаты оформить

в виде таблицы.

Задание 2. Оформить результаты полученные в задании 1 в виде диаграммы и графика.

Вопросы для подготовки

1. Случайные и системные ошибки.
2. Последовательность математической обработки данных.
3. Использование вычислительной техники при обработке данных
4. Оформление эксперимента.
5. Оформление научной работы.
6. Оформление доклада.

3. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОФОРМЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Цель работы: изучить сущность, значение и основные положения оформления экспериментально полученных данных. Приобрести практические навыки и умение квалифицированно оформлять результаты научных исследований (курсовые и дипломные работы).

Краткие теоретические сведения

Логическим итогом любой научно-исследовательской работы является оформление экспериментально полученных результатов. Существуют определенные нормы и правила оформления результатов научно-исследовательских работ, в том числе и студенческих. Это позволяет наиболее информативно представлять экспериментально полученные данные в научных отчетах, докладах, тезисах, статьях, патентах и монографиях. В связи с этим студентам важно знать основные положения теории и практики оформления экспериментально полученных результатов научно-исследовательских работ.

Научно-исследовательская работа студентов одна из наиболее активных форм самостоятельной работы, характерная для творческих личностей и отличающаяся высоким уровнем мыслительной деятельности.

Во время обучения в высшем учебном заведении студенты выполняют рефераты, курсовые и дипломные работы, научные доклады, а наиболее успевающие - публикуют результаты своих исследований в виде тезисов после участия в студенческих научно-практических конференциях. Грамотное и правильное оформление результатов научно-исследовательской работы - это показатель не только уровня образованности, но и культуры исследователя.

Началом любого научного исследования является правильное составление плана. Так, основанием для написания курсовых и дипломных работ, научных докладов и рефератов является составление плана и утверждение его руководителем. Общая структура любого научного отчета должна содержать следующие разделы:

Введение

1. Теоретическую часть
2. Практическую (исследовательскую) часть. Выводы и предложения (заключение).

В зависимости от глубины исследования каждый раздел может иметь подразделы для детализации, исследуемой проблемы. Так, теоретическая часть может называться «*Обзор литературных источников*» и включать состояние вопроса и возможные пути его решения. В практической части дается глубокий анализ проблемы с выводами по результатам исследований.

Готовая научная работа должна иметь:

1. Титульный лист.
2. Аннотацию.
3. Содержание.
4. Разделы (согласно содержанию).
5. Список использованных источников.
6. Приложения.

Порядок и правила оформления курсовых и дипломных работ достаточно подробно описаны в соответствующих методических указаниях.

Задания

Задание 1. Изучить построение структуры научно-исследовательских работ.

Пользуясь методическими указаниями по выполнению курсовых и дипломных работ, образцами рефератов, научных докладов, курсовых и дипломных работ студентам рекомендуется изучить образцы оформления: планов, титульных листов, содержания, списка использованных источников, приложений.

По результатам работы в рабочей тетради дать схему плана содержания курсовой и дипломной работы.

Задание 2. Изучить требования и правила оформления результатов научных исследований.

Задание 3. Оформить отчет и приготовить доклад по научно-исследовательской работе на выбранную и утвержденную тему. (Доклад заслушивается на семинарском занятии).

Вопросы для подготовки

1. Порядок нумерации и расположения цифр на странице в курсовых и дипломных работах.

2. Порядок оформления таблиц, заголовков к ним и нумерация их по тексту.

3. Порядок оформления графиков и рисунков, нумерация их по тексту и заголовки.

4. Расположение формул по тексту, расшифровка обозначений.

5. Оформление титульного листа курсовой и дипломной работы.

6. Форма записи в списке используемых источников учебного пособия и монографии.

7. Порядок оформления оглавления (содержания) курсовой и дипломной работы.

8. Форма записи ГОСТов, ТУ, технических решений в списке использованных источников.

9. Форма записи статей журналов, статей и сборников трудов в списке использованных источников.

10. Форма записи газет и каталогов в списке использованных источников.

4. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ

Цель работы: получение навыков обработки экспериментальных данных в программной среде Excel.

Краткие теоретические сведения

Каждая из работ физического лабораторного практикума посвящена изучению определенного физического явления и связана с измерением тех или иных физических величин, характеризующих данное явление или свойства тела. Как правило, такое исследование состоит из одного или нескольких измерений.

Измерением называется нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. В метрологии измерения классифицируют: по методике обработки экспериментальных данных – прямые, косвенные и совместные; по числу измерений – однократные, многократные.

Прямые измерения – это измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно с помощью специальных технических средств.

Косвенные измерения – это измерения, при которых искомое значение величины вычисляют по формуле, связывающей эту величину с величинами, полученными прямыми измерениями.

Совместные измерения – это измерения, состоящие из измерений нескольких величин в изменяющихся условиях и последующего нахождения зависимости между этими величинами. Причем, измерения этих величин могут быть как прямыми, так и косвенными.

Однократное измерение – измерение, выполненное один раз. К данному виду измерений можно отнести: измерение массы детали, определение тока или напряжения на участках электрической цепи, измерение промежутка времени и т. п.

Многократные измерения – измерения, состоящие из серии однократных измерений.

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно. В результате измерений мы всегда получаем значение величины с некоторой погрешностью. Поэтому в задачу измерений входит не только нахождение значения величины, но также и оценка допущенной при этом погрешности.

Математическая модель

Рассмотрим следующую математическую задачу. В ходе эксперимента были получены данные и занесены в таблицу.

Необходимо построить аналитическую зависимость $y=f(x)$, которая наиболее близко описывает результаты эксперимента.

Для этого построим функцию $y=f(x, a_0, a_1, \dots, a_k)$ таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений измеренных значений y_i от расчетных $f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_k)$ была наименьшей.

Математически эта задача равносильна следующей – найти значение коэффициентов $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$, при которых функция S (суммарная квадратичная ошибка) принимает минимальное значение:

$$S(a_0, a_1, \dots, a_k) = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_k)]^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

Эта задача сводится к решению системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial s}{\partial a_0} = 0; \\ \frac{\partial s}{\partial a_1} = 0; \\ \frac{\partial s}{\partial a_k} = 0; \end{cases} \quad (2)$$

Если параметры a_i входят в зависимость $y=f(x, a_0, a_1, \dots, a_k)$ линейно, то мы получаем систему линейных уравнений:

$$\frac{\partial s}{\partial a_j} = 0; \quad \sum_{i=1}^n (-f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_k)) \frac{\partial f}{\partial a_j} = 0; \quad j = 0, 1, \dots, k \quad (3)$$

Решив систему (2), найдем параметры a_0, a_1, \dots, a_k и получим зависимость $y = f(x, a_0, a_1, \dots, a_k)$.

Нахождение такой функции, которая была бы близка заданной, называется **аппроксимацией** (приближением) функции.

Линейная функция $y=ax+b$ (линия регрессии). Коэффициент регрессии

Для подбора коэффициентов линейной зависимости вида $y=ax+b$ составим функцию:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i - b))^2 \quad (4)$$

Коэффициенты линейной зависимости $y=ax+b$ определяются по формулам (5):

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n (y_i x_i) - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}; \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - a \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (5)$$

Подобранная прямая называется линией регрессии y на x , коэффициенты a и b называются коэффициентами регрессии.

Чем меньше величина суммарной квадратичной ошибки $S = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i - b))^2$, тем более обосновано предположение, что табличная зависимость описывается линейной функцией.

Существует показатель, характеризующий тесноту линейной связи между x и y . Это **коэффициент корреляции**. Он рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{\sum (x_i - M_x)(y_i - M_y)}{\sqrt{\sum (x_i - M_x)^2 \sum (y_i - M_y)^2}}, \quad \text{где } M_x = \frac{\sum x_i}{n}, \quad M_y = \frac{\sum y_i}{n} \quad (6)$$

Значение коэффициента корреляции удовлетворяет соотношению $-1 \leq r \leq 1$. Чем меньше отличается абсолютная величина r от единицы, тем ближе к линии регрессии располагаются экспериментальные точки.

Если коэффициент корреляции равен нулю $r = 0$, то это только означает, что между x , y не существует линейной связи и переменные x , y называются некоррелированными. Но между этими переменными может существовать зависимость, отличная от линейной.

Если коэффициент корреляции равен единице $r = 1$, то все экспериментальные точки ложатся на одну прямую линию.

Работа в MS Excel

Возможности MS Excel позволяют проводить все необходимые вычисления и построения внутри программы без использования дополнительных инструментов: построить линию регрессии, вычислить коэффициент корреляции, найти суммарную ошибку и показать графическое решение задачи.

Для этого необходимо внести исходные данные в таблицу значений в лист MS Excel.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|---|---|---|------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|---|
| 1 | | | | | Экспериментальные данные | | | | | | |
| 2 | y | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | |
| 3 | x | 1 | 2,39 | 2,81 | 3,25 | 3,75 | 4,11 | 4,45 | 4,85 | 5,25 | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |

Рисунок 1 – Экспериментальные данные

Далее выделить две ячейки для расчета значений коэффициентов регрессии a и b . Откройте **Мастер функций** и в категории **Статистические** выберите функцию **ЛИНЕЙН**.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | |
|---|------------------------|---|------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|---|---|--|
| 1 | | | | | Экспериментальные данные | | | | | | | | |
| 2 | y | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | | | |
| 3 | x | 1 | 2,39 | 2,81 | 3,25 | 3,75 | 4,11 | 4,45 | 4,85 | 5,25 | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Коэффициенты регрессии | | | | | | | | | | | | |
| 7 | a | b | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | |

Рисунок 2 – Коэффициенты регрессии

В результате вычисленное значение появится только в одной ячейке, для того чтобы значение появилось во второй ячейке заходим в режим редактирования **F2**, а затем используем комбинацию клавиш **CTRL+SHIFT+ENTER**.

Зная коэффициенты регрессии a и b вычислим значения функции $y=ax+b$ в заданных точках x . Для этого введем формулу **B5=\$A\$8*B2+\$B\$8** и растягиваем ее по всему диапазону. (Зафиксировать ячейку знаком **\$** можно нажатием клавиши **F4** в командной строке после указания ячейки)

| | | | | | |
|----|---|--|--|--|----------------------|
| B5 | : | | | | = $\$A\$8*B2+\$B\8 |
|----|---|--|--|--|----------------------|

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|-------|-------------|----------|------|-----------|----------|-------|-----------|---|
| Лист Microsoft Excel.xlsx * x | | | | | | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
| 1 | Экспериментальные данные | | | | | | | | | | |
| 2 | y | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | |
| 3 | x | 1 | 2,39 | 2,81 | 3,25 | 3,75 | 4,11 | 4,45 | 4,85 | 5,25 | |
| 4 | Теоретические значения | | | | | | | | | | |
| 5 | Yt | 1,638666667 | 2,114 | 2,589333333 | 3,064667 | 3,54 | 4,0153333 | 4,490667 | 4,966 | 5,4413333 | |
| 6 | Коэффициенты регрессии | | | | | | | | | | |
| 7 | a | b | | | | | | | | | |
| 8 | 0,950666667 | 1,638666667 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |

Рисунок 3 – Теоретические значения

Суммарная ошибка вычисляется с помощью формулы: **D8=СУММКВРАЗН(B3:J3;B5:J5)**. Для расчета значения коэффициента корреляции используется формула: **C8=КОРРЕЛ(B3:J3;B2:J2)**.

| | | | | | |
|--------|---|--|--|--|--------------------------|
| ЛИНЕЙН | : | | | | =СУММКВРАЗН(B3:J3;B5:J5) |
|--------|---|--|--|--|--------------------------|

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|------------------------|--------------------------|----------|------|-----------|----------|-------|-----------|---|
| Лист Microsoft Excel.xlsx * x | | | | | | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
| 1 | Экспериментальные данные | | | | | | | | | | |
| 2 | y | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | |
| 3 | x | 1 | 2,39 | 2,81 | 3,25 | 3,75 | 4,11 | 4,45 | 4,85 | 5,25 | |
| 4 | Теоретические значения | | | | | | | | | | |
| 5 | Yt | 1,638666667 | 2,114 | 2,589333333 | 3,064667 | 3,54 | 4,0153333 | 4,490667 | 4,966 | 5,4413333 | |
| 6 | Коэффициенты регрессии | | Коэффициент корреляции | Суммарная ошибка | | | | | | | |
| 7 | a | b | r | s | | | | | | | |
| 8 | 0,950666667 | 1,638666667 | | =СУММКВРАЗН(B3:J3;B5:J5) | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |

Рисунок 4 – Суммарная ошибка

| | | | | | |
|--------|---|--|--|--|-----------------------|
| ЛИНЕЙН | : | | | | =КОРРЕЛ(B3:J3;B2:J2). |
|--------|---|--|--|--|-----------------------|

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|------------------------|------------------|----------|------|-----------|----------|-------|-----------|---|
| Лист Microsoft Excel.xlsx * x | | | | | | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
| 1 | Экспериментальные данные | | | | | | | | | | |
| 2 | y | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | |
| 3 | x | 1 | 2,39 | 2,81 | 3,25 | 3,75 | 4,11 | 4,45 | 4,85 | 5,25 | |
| 4 | Теоретические значения | | | | | | | | | | |
| 5 | Yt | 1,638666667 | 2,114 | 2,589333333 | 3,064667 | 3,54 | 4,0153333 | 4,490667 | 4,966 | 5,4413333 | |
| 6 | Коэффициенты регрессии | | Коэффициент корреляции | Суммарная ошибка | | | | | | | |
| 7 | a | b | r | s | | | | | | | |
| 8 | 0,950666667 | 1,638666667 | =КОРРЕЛ(B3:J3;B2:J2). | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |

Рисунок 5 – Коэффициент корреляции

Для графической интерпретации задачи диапазон экспериментальных данных **B2:J3** выделяется и, удерживая клавишу **Ctrl**, добавляется диапазон теоретических значений **B5:J5**.

Далее в **Мастере диаграмм** строится точечный график. Выделим теоретические значения на графике и с помощью контекстного меню изменим Тип диаграммы. Графическое решение задачи показано на рис. 7. Здесь изображены экспериментальные данные и подобранная к ним линия регрессии.

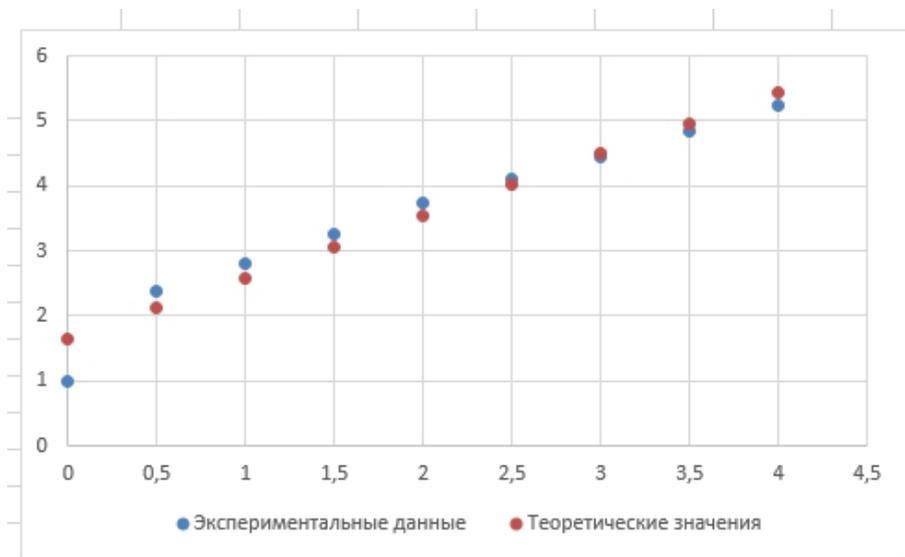


Рисунок 6 – Графическая интерпретация

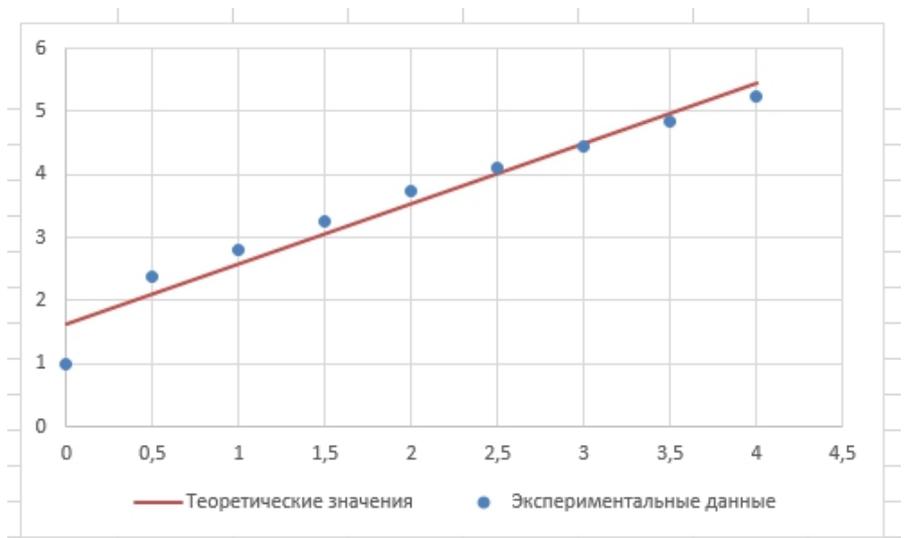


Рисунок 7 – Измененный тип диаграммы

Линия тренда

Построение различных аппроксимирующих зависимостей в MS Excel реализовано в виде инструмента, который размещен в свойствах диаграммы – линия тренда.

Введем исходные данные на лист Excel и построим точечный график (рис. 8).

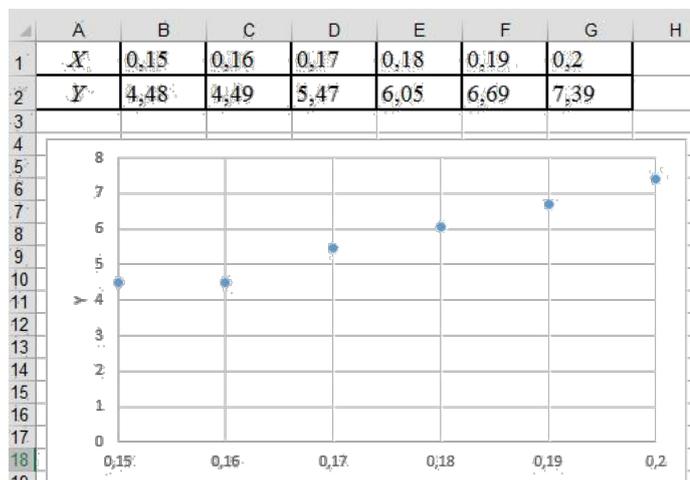


Рисунок 8 – Точечный график по исходным данным

Для добавления линии тренда выделим экспериментальные точки на графике, щелкнем правой кнопкой мыши и вызовем команду **Добавить линию тренда**. Появившееся диалоговое окно (рис. 9) позволяет построить аппроксимирующую зависимость. Вначале нужно выбрать вид аппроксимирующей зависимости (например, выбрать полиномиальную зависимость второй степени).

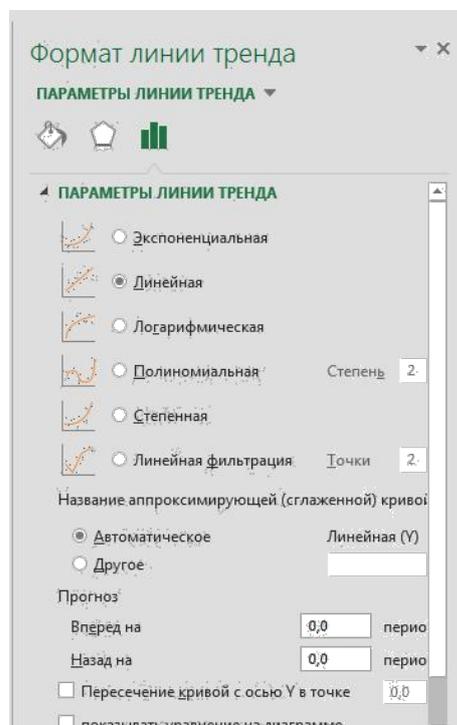


Рисунок 9 – Диалоговое окно добавления линии тренда

Далее определяются параметры построения:

- Название аппроксимирующей зависимости
- Прогноз вперед (назад) на n единиц – этот параметр определяет, на какое количество единиц вперед (назад) необходимо продлить линию тренда.
- Показывать ли точку пересечения кривой с прямой $Y=const$;
- Показывать аппроксимирующую функцию на диаграмме или нет;
- Помещать ли на диаграмму величину среднеквадратичного отклонения или нет (параметр поместит на диаграмму величину достоверности аппроксимации).

Результат добавления линии тренда показан на рис. 10. При построении в диалоговом окне (рис. 9) был установлен флажки Показывать аппроксимирующую функцию и Помещать ли на диаграмму величину среднеквадратичного отклонения.

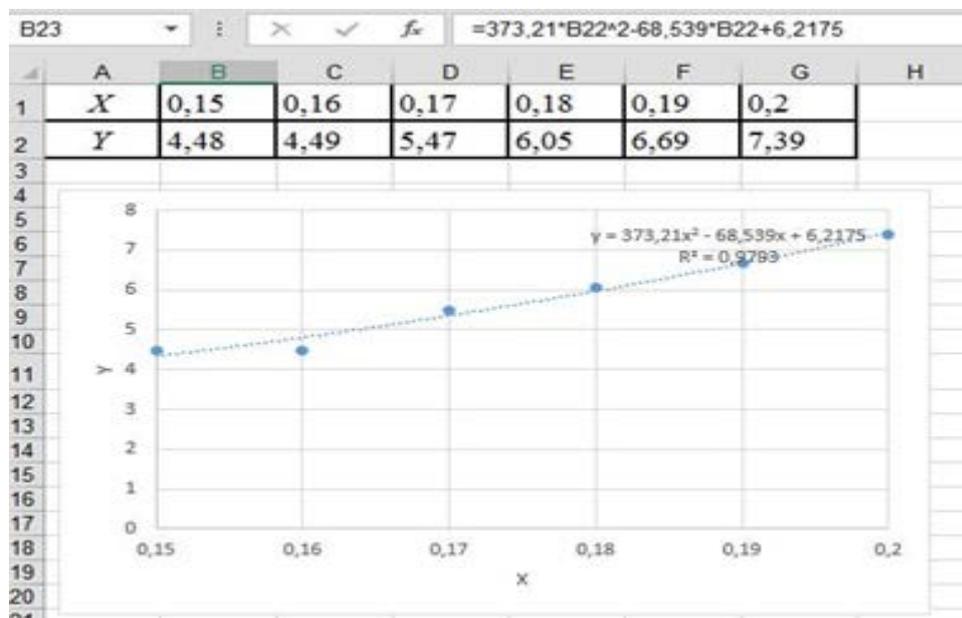


Рисунок 10 – Фрагмент листа Excel с расчетами и линией тренда

Аналогично с помощью линии тренда можно подобрать и параметры других типов зависимостей (линейной, логарифмической и экспоненциальной и т.д.). По коэффициенту – величине достоверности аппроксимации можно выбрать из нескольких зависимостей наилучшую.

Задания

Задание 1 На первом рабочем листе документа ввести исходные данные, соответствующие варианту задания. Построить график экспериментальных точек. Проанализировать экспериментальную зависимость. Выполнить подбор линейной зависимости – рассчитать коэффициенты регрессии и коэффициент корреляции. Вычислить суммарную ошибку для линейной зависимости. Построить в одной графической области экспериментальные точки и линию регрессии.

Задание 2 На втором рабочем листе построить линии тренда различных типов, для полиномиальной зависимости вторую и третью степени полинома. Из построенных зависимостей выбрать наилучшую.

Варианты заданий

Вариант №1

| | | | | | | | | | | |
|---|----|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-----|
| s | 0 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| p | 10 | 50,1 | 39,58 | 15,4 | 23,68 | 33,6 | 57,78 | 100,9 | 149,5 | 256 |

Вариант №2

| | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|--------|--------|-------|-------|------|
| s | 0,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| g | 3,99 | 5,65 | 6,41 | 7,71 | 11,215 | 17,611 | 27,83 | 38,19 | 39,3 |

Вариант №3

| | | | | | | | | |
|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| s | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| k | 1,65 | 2,1 | 2 | 2,1 | 2,3 | 2,4 | 2,22 | 2,59 |

Вариант №4

| | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| s | 0,2 | 0,7 | 1,2 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 |
| v | 2,3198 | 2,9569 | 2,3999 | 6,4357 | 6,5781 | 6,9459 | 14,6621 |

Вариант №5

| | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
| s | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| w | 0,529 | 0,298 | 0,267 | 0,171 | 0,156 | 0,124 | 0,1 | 0,078 | 0,075 |

Литература

1. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований: учебное пособие для бакалавров / М.Ф, Шкляр.- 5-е изд. – М.: Издательско-торговая компания «Дашков и К0», 2014. – 244 с. ISBN 978-5-394-02162-6
2. Дрейзин В. Э. Основы научных исследований и инженерного творчества [Текст] : учебное пособие / В. Э. Дрейзин.: в 4 кн. Кн. 1 : Методология научных исследований. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 174 с.
3. Дрейзин В. Э. Основы научных исследований и инженерного творчества: учебное пособие / В. Э. Дрейзин.: в 4 кн. Кн. 1 : Методология научных исследований. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 174 с.
4. Основы научных исследований и инженерного творчества: учебное пособие / В. Э. Дрейзин.: в 4 кн. Кн. 2 : Математическая обработка экспериментальных данных и построение по ним математических моделей объектов. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 173 с.
5. Основы научных исследований и инженерного творчества: учебное пособие / В. Э. Дрейзин.: в 4 кн. Кн. 2 : Математическая обработка экспериментальных данных и построение по ним математических моделей объектов. - Курск: КурскГТУ, 2005. - 173 с.
6. Дрейзин В. Э. Основы научных исследований и инженерного творчества: учебное пособие / В. Э. Дрейзин.: в 4 кн. Кн. 4 : Анализ технических объектов и решений, методы интенсификации инженерного творчества. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 259 с.
7. Дрейзин В. Э. Основы научных исследований и инженерного творчества: учебное пособие / В. Э. Дрейзин.: в 4 кн. Кн. 4 : Анализ технических объектов и решений, методы интенсификации инженерного творчества. - Курск : КурскГТУ, 2005. - 259 с.
8. Основы научных исследований: методические указания к выполнению лабораторных работ /сост. Э.А. Пьяникова.- Курск: КурскГТУ, 2010. - 59 с.