

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра транспортно-технологических процессов и машин

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов бакалавриата направления 23.03.03*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020**

УДК 653.13(073)

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.Н. Федотов, Р.Н. Сафиуллин*. СПб, 2020. 23 с.

Методические указания к лабораторным работам разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины. Предложены темы лабораторных работ, общие положения и методические указания по их выполнению.

Дисциплина направлена на приобретение теоретических знаний и привития практически навыков по методике постановки и проведения научно-производственных исследований в области эксплуатации автомобильного транспорта.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» по профилю «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Научный редактор проф. *А.С. Афанасьев*

Рецензент канд. техн. н. *В.А. Третьяк* (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2020

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТОВ

1.1. По всем лабораторным работам оформляются отчеты. Отчет должен содержать:

- название и цель самостоятельной работы;
- краткое содержание работы (перечень рассмотренных вопросов);
- требуемые для данной работы схемы, графики или рисунки с поясняющим текстом (перечни необходимых графических материалов приведены в каждой лабораторной работе).

1.2. Все отчеты выполняются на формате А4, согласно требованиям к текстовым материалам технических документов.

1.4. При выполнении схем, графиков и рисунков необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- схемы надлежит выполнять аккуратно с применением чертежных инструментов, либо стандартных программ Microsoft Office или специальных электронных программ для графических работ;
- схемы должны быть снабжены наименованиями элементов.

1.5. Отчет проводится в виде контрольного опроса или краткого семинара по теме лабораторной работы, наличие письменного отчета у студента является обязательным.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

МЕТОДЫ И ПРОЦЕДУРЫ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы

Рассмотреть методы работы с алфавитным и систематическим библиотечными каталогами, раскрыть аббревиатуры УДК, ББК, привести пример классификатора ГРНТИ.

Общие положения

Интеллектуальный, умственный труд в любой форме его проявления неразрывно связан с поиском информации. Процессы поиска информации с развитием общества становятся все сложнее и сложнее, поскольку стремительно растет выпуск печатной продукции в мире, развивается информационная сеть, Интернет.

Система поиска информации постепенно превращается в специальную отрасль знаний. Понятие Компетентности инженера в этом отношении складывается из следующих основных компонентов:

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

Ход работы

1. Документальные источники информации

Документальные источники содержат в себе основной объем сведений, используемых в научной, преподавательской и практической деятельности.

Несмотря на существенное многообразие документальных источников научной информации, все они делятся, прежде всего, на первичные и вторичные. В первичных документах и изданиях содержатся, как правило, новые научные и специальные сведения, а во вторичных – результаты аналитико-синтетической и логической переработки первичных документов.

Оценка документальных источников информации включает в себя такие критерии, как полнота и достоверность данных, сроки их опубликования, наличие теоретических обобщений и критических материалов, реальность их получения.

Документальные источники имеют свои определенные достоинства и недостатки:

книга за три-четыре года, которые ушли на ее подготовку, издание и распространение, содержащиеся в ней данные могли в какой-то степени устареть.

научный журнал имеет тематику значительно шире, чем конкретные профессиональные интересы того или иного специалиста. Материалы по теме любого выбранного научного исследования всегда рассеяны по громадному количеству журналов.

В дополнение к широко известным и распространенным книгам и журналам исследователям также необходимо обращаться:

– к различного рода продолжающимся изданиям («Трудам», «Запискам», «Известиям», «Информационным бюллетеням» и т.д.), в которых часто находятся материалы, интересующие самый узкий круг специалистов и отражающие направление деятельности отдельных учреждений;

– к трудам конференций различного уровня, включая и международные, в которых содержатся научные сведения о ведущихся исследовательских и опытно-конструкторских работах и их предварительных результатах;

– к специальным техническим изданиям, причем некоторые из них, например описания изобретений и авторские свидетельства, которые могут помочь проследить историю того или иного изобретения или;

– к непубликуемым документам, информация в которых, как правило, новее, чем в любых публикациях, и всегда значительно полнее, поскольку она еще не подверглась «сжатию», неизбежному при подготовке к печати;

– к документам информационных сетей Интернет, в которых, как правило, информация самая «свежая» и даже литературно не полностью обработанная, может содержать неточные или некорректные сведения.

2. Организация справочно-информационной деятельности

Для этой цели существуют библиотеки и органы научно-технической информации.

Библиотеки бывают научные и специальные, предназначенные для обслуживания ученых, преподавателей, специалистов, студентов, аспирантов различного профиля. Формы обслуживания читателей у них в основном одни и те же:

- справочно-библиографическое обслуживание;
- читальный зал;
- абонемент;
- межбиблиотечный обмен;
- заочный абонемент;
- изготовление фото и ксерокопий;
- микрофильмирование;
- запись на съемные носители.

Органы научно-технической информации. В России создана единая государственная система научно-технической информации (ГСНТИ), включающая в себя сеть специальных учреждений, предназначенных для ее сбора, обобщения и распространения.

В основу информационной деятельности в стране положен принцип централизованной обработки научных документов. В результате этой обработки подготавливаются различные формы информационных изданий.

Реферативные журналы (РЖ) – содержат библиографическую запись и реферат.

Бюллетени сигнальной информации (БСИ) выполняют оперативное информирование обо всех научных и технических новинках.

Экспресс-информация содержат расширенные рефераты статей, описания изобретений и другие публикации, позволяющие не обращаться к первоисточнику.

Аналитические и реферативные обзоры дают представление о состоянии и тенденциях развития определенной области (раздела, проблемы) науки или техники.

Алфавитный и систематический каталоги картотеки являются обязательными принадлежностями любой библиотеки и справочно-информационных фондов бюро научно-технической информации (НТИ).

Существует Государственный рубрикатор научно-технической информации (ГРНТИ), который представляет собой универсальную иерархическую классификацию областей общественных знаний, принятую для систематизации сфер научно-технической информации.

Пример представления формы научной информации в списке ГРНТИ

Код ГРНТИ	Наименование раздела
45.09.29	Магнитные материалы
45.09.31	Проводниковые материалы
45.09.33	Сверхпроводниковые материалы
45.09.35	Полупроводниковые материалы
45.09.37	Диэлектрические материалы

Библиографическими указателями, дающими представление одновременно как о новой отечественной, так и зарубежной научно-технической литературе являются выписки сигнальной информации, издаваемой ВИНТИ. Сведения в них приводятся без деления по

видам изданий, т.е. книги, статьи из журналов, патенты, промышленные каталоги и т.д. идут подряд.



Рис. 1 Схема получения информации применительно к конкретным целям исследования по документальным источникам

Содержание и оформление отчета по работе

В отчете по работе должны быть следующие разделы: тема и цель работы, задание для ее выполнения, описание хода работы и выводы по работе; библиографический список. Отчет по работе выполняется на листах формата А-4 с обязательным оформлением титульного листа, оформлением рамок и указанием номеров страниц; шрифт Times New Roman размер 14, через 1,5 интервала.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ. ПОДБОР ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Цель работы

Освоить метод аппроксимации экспериментальных данных эмпирическими зависимостями. Найти линейную аппроксимирующую зависимость, построить графики эмпирической и аппроксимирующей зависимостей в одной системе координат, решение выполнить в Excel или расчетом

Общие положения

Допустим, две величины x и y связаны некоторой неизвестной зависимостью $y = f(x)$. В результате n наблюдений получены значения $f(x)$ в точках $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$.

$$y_1 = f(x_1); \quad y_2 = f(x_2); \quad y_3 = f(x_3), \dots, y_n = f(x_n).$$

Поскольку характер функциональной зависимости между x и y в самом общем случае неизвестен, то, используя вышеуказанные наблюдения, необходимо подобрать аналитическую формулу, отражающую с достаточной степенью точности эту зависимость. Полученную по результатам наблюдений формулу можно использовать для дальнейших исследований методами математического анализа, вычислить промежуточные значения функции

$$y = f(x) \text{ и т.п.}$$

Определение аналитической зависимости между x и y , т.е. построение эмпирической формулы складывается из двух этапов: 1) подбор общего вида искомой величины; 2) определение параметров этой зависимости.

Подбор аналитической зависимости по методу наименьших квадратов

Искомая зависимость называется математической моделью и в общем виде выглядит

$$y = f(x, b_0, b_1, b_2 \dots). \quad (1)$$

В самом общем случае вид уравнения регрессии (1) неизвестен, поэтому он определяется эмпирически. Эмпирическая линия регрессии представляет собой чертеж с нанесенными экспериментальными точками в заданном масштабе. По виду эмпирической линии регрессии можно судить о характере связи между x и y , что, в конечном счете, определяет вид искомого уравнения регрессии $y = f(x)$. Когда определен вид уравнения регрессии, переходят к определению конкретных коэффициентов этого уравнения. Определение коэффициентов уравнения регрессии производится из условия наименьшего отклонения экспериментальных точек от линии регрессии, соответствующей уравнению (1). Для этого используют метод наименьших квадратов. Сущность этого метода состоит в следующем. Допустим, имеется выборка объема N , которая приведена ниже.

Исходные данные

$$x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_N$$

$$y_1 \ y_2 \ y_3 \ \dots \ y_N$$

Задача определения параметров уравнения регрессии сводится к определению минимума функции многих переменных. Необходимыми условиями минимума функции являются:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial b_0} = 0; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial b_1} = 0; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial b_2} = 0 \dots \quad (2)$$

Отсюда, учитывая выражения (1) и (2), имеем:

$$\sum_{i=1}^N 2[y_i - f(x_i, b_0, b_1, b_2 \dots)] \cdot \frac{\partial f(x_i)}{\partial b_0} = 0;$$

(3)

Систему (3) нельзя решить в общем виде. Для ее решения нужно задаться видом уравнения регрессии. Наиболее часто в качестве математических зависимостей при обработке экспериментальных данных методом наименьших квадратов принимаются следующие зависимости:

1) линейная $y = ax + b$;

2) степенная $y = bx^a$;

3) показательная вида $y = be^{ax}$;

Линейная зависимость является наиболее простой математической моделью, которую используют при обработке экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Однако практически исследователю при изучении зависимостей между x и y приходится чаще всего встречаться с нелинейной зависимостью. В таком случае целесообразно подобрать новые переменные $u=f(x,y)$ и $v=f(x,y)$ такие, чтобы между u и v , была линейная зависимость. Такой прием называется выравниванием вышеуказанных нелинейных зависимостей.

Пример выполнения лабораторной работы

Результаты эксперимента приведены ниже.

Исходные данные

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	1,40	2,49	4,66	7,16	9,07	10,56	13,93	16,16	17,76	20,40

Для отличия экспериментальных и аппроксимирующих значений экспериментальные значения будем обозначать y , а аппроксимирующие – y_1 .

Принимаем функцию y_1 , как линейную:

$$y_1 = ax + b$$

Ниже приведены результаты расчетов и графики экспериментально полученных значений и аппроксимация линейной функцией, рис. 1.

i	x	y	xx	xy	y1	(y-y1) ²
1	1	1,4	1	1,4	0,62	0,61
2	2	2,49	4	4,98	2,78	0,09
3	3	4,66	9	13,98	4,95	0,08
4	4	7,16	16	28,64	7,11	0,00
5	5	9,07	25	45,35	9,28	0,04
6	6	10,56	36	63,36	11,44	0,78
7	7	13,93	49	97,51	13,61	0,10
8	8	16,16	64	129,28	15,77	0,15
9	9	17,76	81	159,84	17,94	0,03
10	10	20,4	100	204	20,10	0,09
Σ	55	103,59	385	748,34		1,98

$$y1 = ax + b$$

$$\Delta = 825$$

$$\Delta 1 = 1786$$

$$\Delta 2 = -1276,6$$

$$a = 2,16$$

$$b = -1,55$$

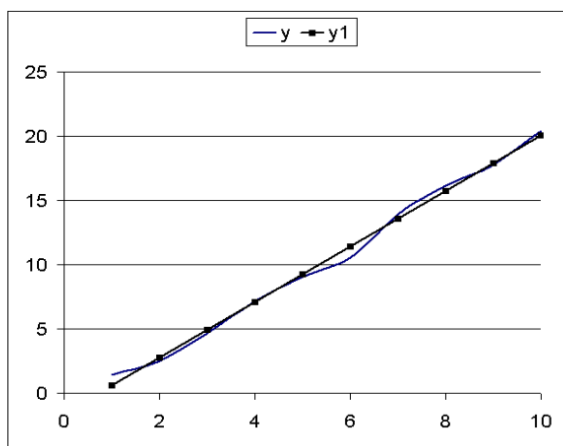


Рис. 1. Графики экспериментально полученных значений и аппроксимирующей линейной функции

Содержание и оформление отчета по работе

В отчете по работе должны быть следующие разделы: тема и цель работы, задание для ее выполнения, описание хода работы и выводы по работе; библиографический список. Отчет по работе выполняется на листах формата А-4 с обязательным оформлением титульного листа, оформлением рамок и указанием номеров страниц; шрифт Times New Roman размер 14, через 1,5 интервала.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ НОМОГРАММ

Цель работы

Освоить методику построения номограмм различных видов с помощью стандартных компьютерных программ.

Построить номограмму с параллельными функциональными значениями функции $y = \lg x$ (в интервале $1 < x < 10$)

Общие положения

Номография (от греч. νόμος - закон и ...графия) раздел математики, объединяющий теорию и практические методы построения номограмм - специальных чертежей, являющихся изображениями функциональных зависимостей.

Особенность номограмм заключается в том, что - каждый чертёж изображает заданную область изменения переменных; каждое из значений переменных в этой области изображено на номограмме определённым геометрическим элементом (точкой или линией); изображения значения переменных, связанных функциональной зависимостью, находятся на номограмме в определённом соответствии, общем для номограмм одного и того же типа.

Номограммы различают по способу изображения переменных и по способу задания соответствия между изображениями переменных. Наиболее распространены

номограммы из выровненных точек, сетчатые и транспарантные; для уравнения с двумя переменными применяют двойные шкалы.

Использование номограмм позволяет получить непрерывное изображение функции нескольких переменных, с помощью которого можно определить значение одной из переменных, если известны значения всех остальных. Ниже будут описаны только номограммы с прямолинейными функциональными шкалами, так как они чаще всего встречаются при расчётах. Основным элементом номограммы является функциональная шкала, на которую нанесены только значения независимой переменной в некотором интервале. Деления, соответствующие значениям зависимой переменной, пропорциональные расстоянию от начала отсчета и имеющие известный масштаб, не наносятся как само собой разумеющиеся.

Пример решения задачи построения номограммы с параллельными функциональными шкалами

Такие номограммы строят для зависимостей вида

$$f_1(z) = f_2(x) + f_3(y)$$

или для функций, которые можно привести к такому виду. Методика построения этих номограмм основана на их математических свойствах и заключается в следующем:

- на расстоянии, приближенно равном длине шкал (для обеспечения максимальной точности отсчета), строят обе функциональные шкалы $f_2(x)$ и $f_3(y)$, выбирая масштабы шкал в зависимости от интервала изменения переменных x и y ;

- положение функциональной шкалы $f_1(z)$ определяют из условия равенства отношения расстояний до двух остальных шкал отношению масштабов m_x и m_y соответствующих шкал;

- начала отсчета всех трех шкал берут так, чтобы они лежали на одной прямой;

- масштаб m_z функциональной шкалы $f_1(z)$ определяют из соотношения:

$$\frac{1}{m_z} = \frac{1}{m_x} + \frac{1}{m_y}$$

Номограммы с параллельными функциональными шкалами можно построить и для сумм трех, четырех или пяти функций, причем метод построения остается таким же.

Пример. Построить функциональную шкалу для функции $y = \lg x$ (в интервале $1 < x < 10$)/

Сначала построим соответствующую двойную шкалу, рис. 1а. Отложим отрезок O_1 длиной 100 мм. Давая независимой переменной x ряд значений в выбранном интервале, вычисляем значения зависимой переменной и наносим их слева от функциональной шкалы делениями, пропорциональными расстоянию от начала отсчета. Справа наносим соответствующие значения независимой переменной. Таким образом, получаем двойную шкалу, масштаб которой $m=100/(1-0)$, где 100 - длина шкалы в мм, 1 и 0 - величины функции при значениях независимой переменной, соответствующих границам изображаемого интервала.

Оставив на шкале только значения независимой переменной, получим функциональную шкалу, изображенную на рис. 1б.

Содержание и оформление отчета по работе

В отчете по работе должны быть следующие разделы: тема и цель работы, задание для ее выполнения, описание хода работы и выводы по работе; библиографический список. Отчет по работе выполняется на листах формата А-4 с обязательным оформлением титульного листа, оформлением рамок и указанием номеров страниц; шрифт Times New Roman размер 14, через 1,5 интервала.

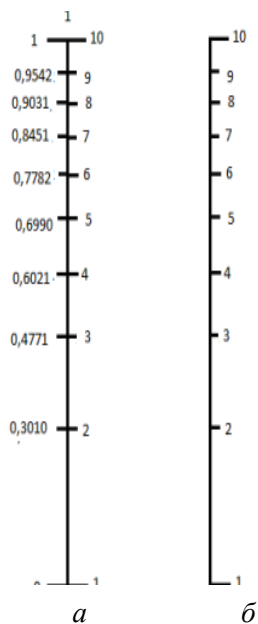


Рис. 1. Построение двойной (а) и функциональной (б) шкал

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы

Освоить порядок графического представления экспериментальных данных в прямоугольной системе координат. Построить график вольтамперной характеристики резистора R3

Общие положения

Результаты эксперимента (лабораторные работы – ваши первые эксперименты – учебные) принято оформлять в виде таблиц

и графиков (диаграмм). График – наглядное представление результатов, поэтому основное требование – аккуратное и четкое исполнение. Графики должны легко читаться, для этого необходимо соблюдать общие правила, изложенные ниже. При построении графиков есть правила, обязательные для исполнения (иначе график будет воспринят неверно – такая работа не принимается), и правила, носящие рекомендательный характер (снижается отметка).

Обязательные для исполнения правила:

1. X – независимая переменная откладывается по оси абсцисс; $Y = F(X)$ – функциональная зависимость – по оси ординат.

Рекомендуемые:

1. Для построения графиков используются координатные оси или сетка в следующем виде: оси со стрелками, дополнительные оси; оси без стрелок с координатными штрихами; координатная сетка (наиболее приемлемая для графиков, рис.1)

Координатные оси или сетку наносят только в тех областях, где будет построен график.

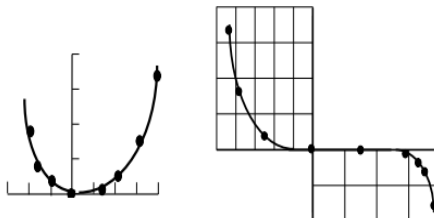


Рис. 1. Пример построения графиков на координатной сетке и на осях

Оси могут начинаться не с «0». Если обе оси начинаются с нуля, «0» ставится только один раз. Если на графике есть и положительные и отрицательные значения, ось обязательно проходит через «0». При переходе через «0» можно поменять масштаб.

Соблюдайте толщину линий – чем значимее информация, тем толще линия: если толщина оси - S (0,3 - 0,5 мм), координатная сетка и штрихи - $S/2$ - $S/3$, кривая функциональной зависимости - $2S$ (для обеспечения требуемой точности отсчета допускается

выполнять линии большей или меньшей толщины).
Экспериментальные точки - 4S.

Все надписи должны быть достаточно крупными – 4-5 мм, легко читаемыми – выполненные печатными буквами (чертежным шрифтом). В конечном итоге график должен быть ярким и контрастным (но не грязным).

Выбор и нанесение масштаба.

На листе миллиметровой бумаги, на котором строим график, должно быть:

1. Оси и подписи по осям (оси и подписи к ним займут примерно по одному сантиметру).

2. Сам график – все точки, с указанием погрешностей – должны поместиться в область, определенную осями.

3. Подпись к графику.

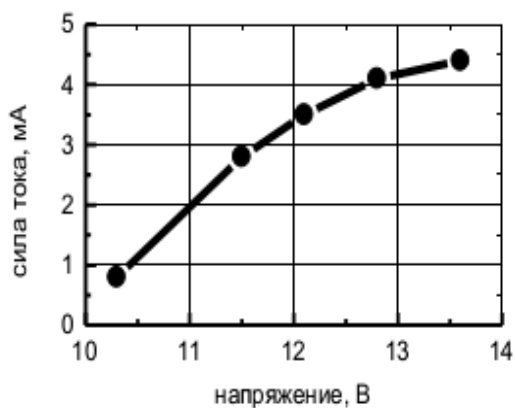
4. Поля (1 - 5 см).

Графики к лабораторным работам желательно строить на листе бумаги, формата А4 (210-297 мм – лист писчей бумаги) или А5 (половина этого листа). Лист должен быть максимально заполнен, но все должно поместиться, и остаться поля – в соответствии с этим выбираем масштаб.

Масштаб выбирают удобным для считывания, он сохраняется на всей оси.

Обычно выбирают числа, кратные 10 (1), 2, 5, по возможности целые. На миллиметровой бумаге за координатный отрезок выбирают такой отрезок, чтобы считать значения можно было без дополнительных расчетов: 1; 2; 5 см (допускается 2,5 см). Дополнительные деления тоже должны быть удобны для работы. Виды масштабов рис. 2.

Равномерный масштаб



Функциональный масштаб (стр.11)

например, логарифмический по оси Y

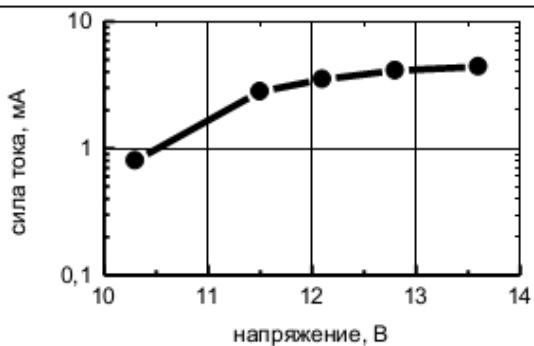


Рис. 2. Примеры видов масштабов

2.Обязательное требование: на осях должны быть обозначены изображаемые переменные величины и их единицы измерения. Их принято обозначать: наименованием или наименованием и символов. Располагают надпись вдоль оси, рис. 3

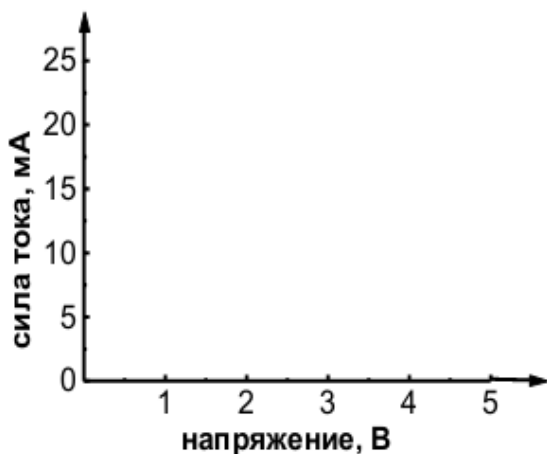


Рис. 3 Обозначения переменных величин на осях

Нанесение экспериментальных точек и построение линии функциональной зависимости.

Экспериментальные точки являются главным содержанием графика, поэтому они должны быть показаны максимально четко и крупно.

Поскольку измерения были проведены с погрешностями, то нельзя соединять отрезками нанесенные точки или проводить кривую точно по точкам: надо провести плавную кривую (наиболее простой формы) в пределах ошибок измерений. При этом придерживаются следующих правил:

1. Если известна теоретическая зависимость – построить ее на графике (провести аналогичную кривую через экспериментальные точки). В подписи к графику обязательно укажите, что кривая – это теоретическая зависимость (указать, какая).

2. Если теоретическая зависимость не известна, кривая должна быть как можно более простой (как можно меньше минимумов и максимумов, перегибов). Если возможно – проведите прямую (прямая – самая простая кривая). Каждый максимум и минимум на кривой, и даже каждый ее перегиб - это целое физическое явление (и каждое это явление придется объяснить).

Пример построения графика вольтамперной характеристики резистора R3

N	U, В	ΔU , В	I, мА	ΔI , мА
1	0	0,2	0	0,1
2	5	0,2	2,3	0,1
3	8	0,2	4,1	0,5
4	10	0,4	4,3	0,5
5	12	0,4	5,5	0,5
6	14	0,4	6,2	0,5
7	16	0,4	7,2	0,5

1. Определяем масштаб и размер графика, строим оси:

Ось X: напряжение U изменяется от 0 до 16 В: «удобные», «круглые» числа для оси выбираем: от 0 до 20, сетка через 5 В (все помещается, пустого места нет). На миллиметровой бумаге удобно взять за масштабный отрезок «5 В» 2,5 см (или 5 см, если позволит размер листа).

Аналогично строим ось У: с учетом, что сила тока изменяется от 0 до 7,2 мА:

2. Обозначаем переменные величины и их единицы измерения.
3. Наносим точки и погрешности измерений.
4. Строим кривую в пределах погрешностей измерений (по теории - прямую).
5. Подписываем график, рис. 4

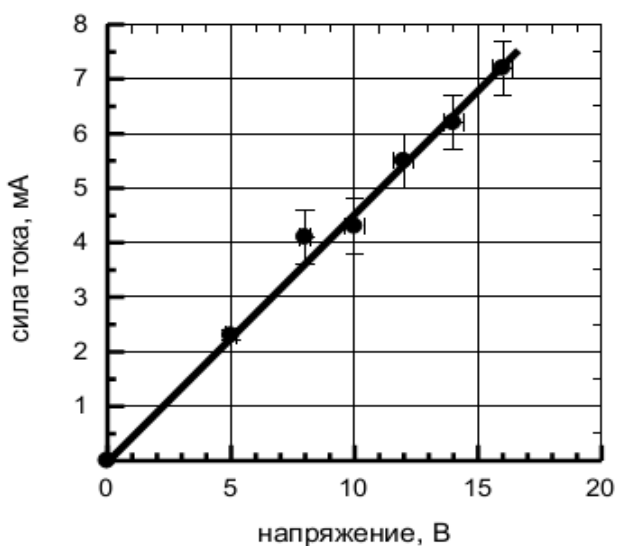


Рис. 4. Вольтамперная характеристика резистора R 3

Содержание и оформление отчета по работе

В отчете по работе должны быть следующие разделы: тема и цель работы, задание для ее выполнения, описание хода работы и выводы по работе; библиографический список. Отчет по работе выполняется на листах формата А-4 с обязательным оформлением титульного листа, оформлением рамок и указанием номеров страниц; шрифт Times New Roman размер 14, через 1,5 интервала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

Болдин, А.П. Основы научных исследований и УНИРС [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.П. Болдин, В.А. Максимов; М-во образования РФ, МАДИ ГТУ. – Изд 2-е, перераб. и доп. – М.: МАДИ, 2002. – 276

Дополнительный

Проблемы машиноведения и машиностроения [Текст] : межвуз. сб / М-во образования РФ, СЗТУ ; [редкол.: В. В. Максаров (гл. ред.) и др.]. - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2000 - .Вып. 23. - 2001. - 179 с.

Содержание

Общие требования к проведению и оформлению лабораторных работ	3
Лабораторная работа № 1 Методы и процедуры поиска информации для исследования	4
Лабораторная работа № 2 Метод наименьших квадратов. Подбор эмпирических зависимостей.....	9
Лабораторная работа № 3 Методы построения номограмм.....	13
Лабораторная работа № 4 Графическое представление результатов эксперимента.....	16
Библиографический список.....	23

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов бакалавриата направления 23.03.03*

Сост. *В.Н. Федотов, Р.Н. Сафиуллин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
транспортно-технологических процессов и машин

Ответственный за выпуск *В.Н. Федотов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 09.11.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,2. Усл.кр.-отг. 1,2. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 75 экз. Заказ 944.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2