

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель ректора по развитию УП

_____ А.Н. Ярыгин

« ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой

«Электроснабжение и электротехника»

_____ В.В. Вахнина

« ____ » _____ 20__ г.

Б1.Б.18

(шифр дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВО)

Электроснабжение

(направленность (профиль))

Форма обучения: заочная

Распределение часов дисциплины по курсам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	4						
Часов по РУП	144						
Виды контроля на курсах	Экзамены	Зачеты		Курсовые проекты	Курсовые работы	Контрольные работы (для заочной формы обучения)	
		3					
	№№ курса						
	1	2	3	4	5	6	Итого
ЗЕТ по курсам			4				4
Лекции			8				8
Лабораторные			4				4
Практические							
Контактная работа			12				12
Сам. работа			128				128
Контроль			4				4
Итого			144				144

Тольятти, 2015

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВО)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Электроснабжение и электротехника» (протокол заседания № 2 от «23» сентября 2015 г.).



Рецензент

(должность, ученое звание, степень)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«__» _____ 20__ г.

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» декабря 2021 г.

Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебно-методического управления

«__» _____ 2016 г.

(подпись)

Л.Р. Хамидуллова

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ
дисциплины (учебного курса)
Б1.Б.18 Метрология

(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)

Цель – сформировать у студентов знания, умения и навыки в области метрологии, стандартизации и сертификации для обеспечения эффективности профессиональной деятельности.

Задачи:

1. Сформировать представления о метрологии как о науке, обеспечивающей взаимосвязь всех естественных наук;
2. Сформировать представления об измерениях как основном инструменте повышения эффективности производства, научных исследований и создании новых технологий;
3. Сформировать представления о стандартизации как о виде деятельности по защите интересов потребителей и государства в вопросах качества продукции, процессов и услуг.
4. Сформировать представления о сертификации как о деятельности, направленной на повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
5. Сформировать общекультурные и профессиональные компетенции

2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (базовая часть).

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) - Высшая математика, Физика.

Дисциплины, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) - Электрические машины, Современные энергетические системы и электронные преобразователи, Информационно-измерительная техника в электроэнергетике и др.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотношенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)	Знать: физико-математический аппарат, нашедший применение в решение задач электротехники
	Уметь: моделировать режимы работы электротехнического оборудования
	Владеть: навыками экспериментального исследования электрических цепей, электротехнического оборудования
- способность использовать методы анализа и	Знать: теорию электрических цепей.
	Уметь: производить расчет параметров электрических цепей

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
моделирования электрических цепей (ОПК-3)	Владеть: навыками изображения электрических схем

Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
Обеспечение качества товаров и услуг как основная цель деятельности по метрологии, стандартизации и сертификации	Физические величины и шкалы измерений
	Определение размерностей физических величин
Международная система единиц SI	Виды и методы измерений
	Алгоритмы обработки многократных измерений
	Общие сведения о средствах измерений
Определение доверительного интервала с доверительной вероятностью	Основные нормируемые метрологические характеристики
	Обработка результатов измерений
	Метрологическая калибровка щитового вольтметра
	Методы и средства измерений электрических величин
Измерительные механизмы различных систем	Приборы измерения мощности и расхода электроэнергии
	Измерение параметров электрических цепей
	Стандартизация: цели, задачи, принципы и аспекты

Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 4 ЗЕТ.

Разработчики программы:

Доцент, доцент, к.т.н.
(должность, ученое звание, степень)

(подпись)

А.А. Северин
(И.О.Фамилия)

4 Структура и содержание дисциплины (учебного курса) Метрология
(наименование дисциплины (учебного курса))

Курс изучения: **3**

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы							Необходи- мые материаль- но- техниче- ские ресурсы	Формы текущего контроля	Рекомен- дуемая литера- тура (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа					
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	Формы проведения лекций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реал- изующие применяе- мую образовательную технологию	в часах	формы организа- ции самостоятельной работы				
		лекций	лабораторных	практических								
Модуль 1	Введение. Тема 1.1 Обеспечение качества това- ров и услуг как основная цель дея- тельности по метрологии, стандарти- зации и сертификации							6	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 1.2 Физические величины и шкалы измерений							8	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 1.3 Международная система единиц SI							6	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 1.4 Виды и методы измерений	2	2			Обзорная лекция, лабо- раторное занятие	10	Работа с литерату- рой		Выпол- нение лабора- торной- работы №1	№ 1-3 осн 1-4 доп	
	Тема 1.5 Общие сведения о сред- ствах измерений						8	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп	
	Тема 1.6 Понятие погрешности из- мерений	2				Обзорная лекция	6	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп	

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы							Необходи- мые материаль- но- техниче- ские ресурсы	Формы текущего контроля	Рекомен- дуемая литера- тура (№)
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	Формы проведения лекций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реа- лизующие применяе- мую образовательную технологию	в часах	формы организа- ции самостоятельной работы			
		лекций	лабораторных	практических							
	Тема 1.7 Основные нормируемые метрологические характеристики						10	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 1.8 Обработка результатов из- мерений						10	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
Модуль 2	Тема 2.1 Методы и средства измере- ний электрических величин	2	2			Обзорная лекция, лабо- раторное занятие	8	Работа с литерату- рой		Выпол- нение лабора- торной- работы №2	№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 2.2 Измерительные механизмы различных систем						10	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 2.3 Государственная система измерений						6	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 2.4 Государственный метроло- гический контроль и надзор						6	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
Модуль 3	Тема 3.1 Стандартизация: цели, зада- чи, принципы и аспекты						8	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 3.2 Виды, уровни и методы стандартизации	2				Обобщающая лекция	8	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходи- мые материаль- но-техниче- ские ресурсы	Формы текущего контроля	Рекомен- дуемая литера- тура (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	Формы проведения лекций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реал- изующие применяе- мую образовательную технологию	в часах				формы организа- ции самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
	Тема 3.3 Сертификация и ее роль в повышении качества продукции						8	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Тема 3.4 Системы сертификации						6	Работа с литерату- рой			№ 1-3 осн 1-4 доп
	Контроль						4				
Итого 144		8	4				128				
		12									

5 Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки
Лабораторная работа №1, №2	Ответы на 80% контрольных вопросов в соответствии с методическими указаниями	«зачтено»: работа выполнена в соответствии с программой, выполнены необходимые расчеты и построения, сделаны выводы. «не зачтено»: программа работы выполнена не полностью, расчеты и построения некорректные.
Коллоквиум	Допущены все	«зачтено»: получены ответы на 50% заданных вопросов. «не зачтено»: получены ответы менее чем на 50% вопросов

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Зачет, устно	Выполнение всех лабораторных работ	«зачтено»	Оценки "зачтено" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой.
		«не зачтено»	Оценка "не зачтено" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка "не зачтено" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

6. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

Данный раздел не предусмотрен учебным планом

7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

Данный раздел не предусмотрен учебным планом

8. Вопросы к зачету

№ п/п	Вопросы
1	Физические величины, их классификация
2	Шкалы измерений
3	Системы единиц, размерность физических величин
4	Виды измерений, их классификации
5	Методы измерений
6	Классификация СИ по конструктивному исполнению
7	Классификация СИ по метрологическому назначению
8	Погрешности измерений, их классификация
9	Основные нормируемые метрологические характеристики СИ
10	Регулировка и градуировка СИ
11	Обработка результатов СИ
12	ГСИ: цели, задачи, подсистемы
13	Система воспроизведения систем величин (эталонная база)
14	Направления деятельности, подлежащие ГМКиН, и функции ГМКиН
15	Устройство и принцип действия электромагнитных измерительных механизмов
16	Устройство и принцип действия электродинамических измерительных механизмов
17	Устройство и принцип действия магнитоэлектрических измерительных механизмов
18	Устройство и принцип действия электростатических измерительных механизмов
19	Устройство и принцип действия логометрических измерительных механизмов
20	Устройство и принцип действия электронно–лучевых измерительных механизмов
21	Стандартизация: цели, задачи, принципы и аспекты
22	Виды, уровни и методы стандартизации
23	Международная стандартизация
24	Подтверждение соответствия: виды и цели
25	Системы сертификации и способы доказательства соответствия
26	Схемы сертификации, рекомендации по их выбору
27	Схемы декларирования, рекомендации по их выбору
28	Порядок проведения сертификации
29	Органы по сертификации и испытательные лаборатории
30	Характеристика требований к качеству продукции
31	Структура системы качества продукции
32	Методы оценки качества продукции
33	Понятие погрешности измерений
34	Методика выбора средств измерений по точности

№ п/п	Вопросы
35	Методика обработки результатов однократных измерений
36	Методика обработки результатов многократных измерений
37	Основы технических измерений, измерение физических величин
38	Виды и методы измерений электрических параметров
39	Сведения, содержащиеся на шкалах измерительных приборов
40	Основные физические величины, характеризующие электротехнические изделия и приборы, единицы измерения

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

9.1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Модуль 1	ОПК-2, ОПК-3	Выполнение лабораторных работ, практических заданий
2	Модуль 2	ОПК-2, ОПК-3	Коллоквиум
3	Модуль 3	ОПК-2, ОПК-3	Выполнение лабораторных работ, практических заданий

9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

9.2.1. Примерный перечень вопросов на коллоквиум

1. Назовите приблизительное время появления электроизмерительных приборов.
2. Как звучит наиболее общее определение метрологии?
3. Чем была вызвана необходимость перехода от единиц длины и массы, основанных на естественных эталонах, к прототипам?
4. Что такое система единиц? Сформулируйте общее правило конструирования системы единиц.
5. Поясните сущность различия между размером и значением физической величины.
6. Почему для передачи информации о размере физической величины используется многоступенчатая схема?
7. Какой метод передачи информации о размере единиц используется в такой схеме?
8. В чем заключается различие между средствами измерений и средствами передачи информации о размере единицы?
9. Для чего служат эталоны-свидетели, эталоны сравнения и эталоны-копии?
10. Опишите сходства и отличия образцовых средств измерения и эталонов?

Какие недостатки и достоинства присущи централизованной системе воспроизведения единиц физических величин?

11. Что такое физическая величина?
12. Поясните сущность различия между размером и значением физической величины.
13. Что такое квалиметрия?
14. Что включает в себя система физических величин?
15. Какие типы измерительных шкал Вы знаете?
16. Что относится к основным единицам СИ?
17. Опишите работу Государственного первичного эталона единицы времени и частоты и шкалы времени.
18. Как воспроизводится единица термодинамической температуры?
19. Что такое «квантовая метрология»?
20. Как классифицируются способы получения числового значения измеряемой величины?
21. Что такое метод измерения?
22. Что служит классификационным признаком в разделении методов измерений на метод непосредственной оценки и метод сравнений с мерой?
23. В чем состоят различия между методами противопоставления, замещения и совпадения?
24. Что такое порог обнаружения (чувствительности)?
25. Дайте определение средству измерений.
26. Что такое меры? В чем отличие между многозначными и однозначными мерами?
27. Перечислите группы метрологических характеристик средств измерений.
28. Что такое класс точности средства измерений?
29. Как можно рассчитать интенсивность отказа дискретного элемента?
30. Что такое метрологическая надежность?
31. Как классифицируются режимы работы средств измерений?
32. Как связаны характер измерения и режим работы средства измерения?
33. Чем отличаются частные и полные динамические характеристики средств измерений?
34. Какие испытательные сигналы чаще всего используют на практике?
35. Что такое погрешность средства измерений?
36. Как классифицируются погрешности средств измерений?
37. Перечислите погрешности средств измерений по форме числового выражения.
38. В чем заключается суть погрешности гистерезиса?
39. Чем статическая погрешность отличается от динамической?
40. Назовите основной постулат метрологии.
41. Что такое случайное событие?
42. Как рассчитывается среднеквадратичное отклонение?
43. Что такое доверительный интервал и доверительная вероятность?
44. Сформулируйте «правило трех сигм».
45. Опишите порядок действий при обработке небольшого объема экспериментальных данных с использованием t – распределения Стьюдента.
46. Что такое первичный измерительный преобразователь?
47. Для чего служит защитная арматура?
48. Перечислите группы основных требований к первичным измерительным преобразователям.
49. Что такое методика аппаратных функций?
50. Как производится классификация первичных измерительных преобразователей?
51. Какие недостатки присущи реостатным первичным измерительным преобразователям?
52. Что такое тензочувствительный измерительный преобразователь?

53. Для чего используются полупроводниковые измерительные преобразователи?
54. С помощью каких измерительных преобразователей регистрируются прямолинейные перемещения? В каких диапазонах применяются эти преобразователи?
55. Какие существуют характеристики переменного напряжения?
56. Что такое коэффициенты амплитуды и формы? Для чего они применяются?
57. Назовите два типа противодействующего момента в измерительных механизмах.
58. Что такое логометры?
59. Какие бывают электроизмерительные механизмы?
60. В чем заключается особенность электростатического электроизмерительного механизма?
61. Начертите нелинейный элемент с устройством памяти и объясните принцип его работы.
62. Опишите основные методы преобразования значений непрерывных величин в коды.
63. Что такое методическая погрешность?
64. Опишите динамические погрешности в цифровых измерительных приборах.
65. Чем отличается активная и реактивная мощность?
66. Как чаще всего измеряют активную мощность промышленной частоты?
67. Как можно измерить косинус разности фаз между током и напряжением для определения мощности в диапазоне звуковых и высоких частот?
68. В каком случае используется метод трех вольтметров?
69. На чем основан метод измерения мощности СВЧ сигналов?
70. Каким способом можно точно измерить относительно большую СВЧ мощность?
71. В чем преимущество калориметрических ваттметров циркуляционного типа?
72. Как измеряют малую мощность СВЧ?
73. Что такое термистор?
74. Для чего служат направленные ответвители?

Критерии оценки:

«зачтено»: получены ответы на 50% заданных вопросов.

«не зачтено»: получены ответы менее чем на 50% вопросов

■ Комплект отчетов по лабораторным работам

Лабораторная работа №1 «Основные, дополнительные и производные величины. Размерности физических величин»

Форма отчета по практической работе №1

1. Цель работы - изучить международную систему единиц SI, систему физических величин, правила образования размерностей физических величин. Научиться выражать размерности производных физических величин через размерности основных и дополнительных.

2. Программа работы

1. Решить задачи 1...4 совместно с преподавателем, задачи 5...9 самостоятельно.
2. Получить индивидуальное задание у преподавателя.
3. Выполнить индивидуальное задание.

Порядок выполнения практической части лабораторной работы

Задача 1

Определить размерность производной физической величины объема V , рассчитываемой по формуле $V = a \cdot b \cdot h$, где a, b, h – габаритные размеры длина, ширина и высота соответственно.

Решение задачи 1

$$\text{Dim } V = L \cdot L \cdot L = L^3$$

Задача 2

Определить размерность производной физической величины скорости v , равной первой производной от перемещения по времени.

Решение задачи 2

$$v = dl / dt$$

$$\text{Dim } v = L / T = LT^{-1}$$

Задача 3

Определить размерность производной физической величины угловой скорости ω , равной первой производной от угла поворота по времени.

Решение задачи 3

$$\omega = d\varphi / dt$$

$$\text{Dim } \omega = 1 / T = T^{-1}$$

Задача 4

Определить размерность производной физической величины силы F , являющейся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел и рассчитываемой по II Закону Ньютона $F=ma$, где m – масса тела, a – его ускорение, равное второй производной от перемещения по времени.

Решение задачи 4

$$F = m \cdot dl / d^2t$$

$$\text{Dim } F = M \cdot L / T^2 = M \cdot L \cdot T^{-2}$$

Задача 5

Определить размерность производной физической величины ускорения a , равного первой производной от скорости по времени.

Задача 6

Определить размерность производной физической величины углового ускорения ε , равного первой производной от угловой скорости по времени.

Задача 7

Определить размерность производной физической величины плотности тела ρ , равной отношению массы элемента тела dm к объему этого элемента dV .

Задача 8

Определить размерность производной физической величины давления P , равного отношению силы dF , действующей на элемент поверхности нормально (перпендикулярно) к ней, к площади dS этого элемента.

Задача 9

Определить размерность производной физической величины электрического заряда Q , равного произведению силы тока I на время t , в течение которого шел ток.

3. Результаты, выводы

Практическая работа №2 «Алгоритмы обработки многократных измерений»

Форма отчета по практической работе №2

1. Цель работы - Изучить алгоритмы обработки многократных измерений. Научиться оценивать истинное значение измеряемой величины и среднеквадратичную погрешность при многократном измерении. Научится строить гистограммы и полигоны распределения результатов измерений и по их виду оценивать нормальность распределения результатов наблюдений

2. Программа работы

1. Решить задачи 1,2 совместно с преподавателем.

2. Решить задачи 3...6 самостоятельно.

Порядок выполнения практической части лабораторной работы

Задача 1

Результаты многократного измерения длины стержня (мм) следующие:

18,309	18,312	18,304	18,309	18,308
18,307	18,309	18,306	18,313	18,303

Построить гистограмму и полигон распределения результатов наблюдений, на основании чего оценить степень нормальности распределения. Найти оценку истинного значения длины стержня и точечную оценку СКО длины стержня, исходя из предположения нормальности распределения результатов измерений.

Решение задачи 1

За оценку истинного значения измеряемой величины принимается математическое ожидание результатов наблюдений:

$$M[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} x f_x(x) dx = m_x.$$

Для нормального распределения математическим ожиданием и, соответственно, оценкой истинного значения является среднее арифметическое из результатов отдельных наблюдений X_i ,

$$m_x = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i. \quad \bar{L} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} l_i = 18,308.$$

Истинное значение длины стержня 18,308 мм.

Точечная оценка СКО результата серии измерений определяется по формуле:

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n(n-1)}},$$

где Δ_i – отклонение отдельных измерений от математического ожидания серии из n измерений.

Таблица 4 – Обработка результатов наблюдений

№ наблюдения	Результат наблюдения; l_i , мм	Отклонение наблюдения от математического ожидания; Δ_i , мм	Квадрат отклонения наблюдения от математического ожидания; Δ_i^2 , 10^{-6} мм ²
1	18,309	0,001	1
2	18,307	– 0,001	1
3	18,312	0,004	16
4	18,309	0,001	1
5	18,304	– 0,004	16
6	18,306	– 0,002	4
7	18,309	0,001	1
8	18,313	0,005	25
9	18,308	0,000	0
10	18,303	– 0,005	25
Σ	183,08		90

$$S_L = \sqrt{\frac{90 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 9}} = 10^{-3} = 0,001;$$

Точечная оценка СКО длины стержня 0,001 мм.

Построим гистограмму и полигон распределений, разбив диапазон результатов измерений на 5 равных интервалов.

Диапазон	Кол-во результатов
[18,303 – 18,305]	2
(18,305 – 18,307]	2
(18,307 – 18,309]	4
(18,309 – 18,311]	0
(18,311 – 18,313]	2

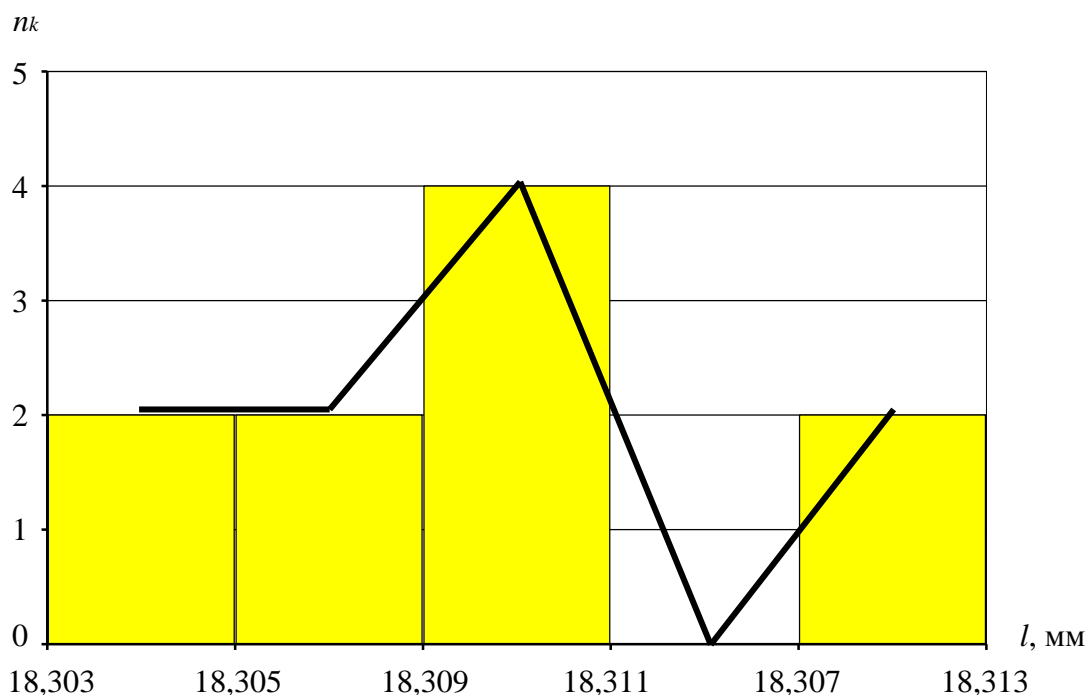


Рисунок 2 – Гистограмма и полигон распределения

Поскольку максимальная относительная частота попаданий совпадает с математическим ожиданием, то возможно сделать предположение о нормальности распределения результатов измерений.

Задача 2

При измерении размера детали были следующие источники погрешности измерений: средства измерений $\Delta_{СИ} = \pm 0,05$ мм, отсчета оператора $\Delta_{оп} = \pm 0,01$ мм. Определите реальную погрешность измерения Δ .

Решение задачи 2

Реальная погрешность измерения Δ складывается из погрешностей средства измерения $\Delta_{СИ}$ и отсчета оператора $\Delta_{оп}$.

$$\Delta = |\Delta_{СИ}| + |\Delta_{оп}| = 0,05 + 0,01 = 0,06;$$

Реальная погрешность измерения $\Delta = \pm 0,06$ мм.

Задача 3

Даны результаты многократных измерений диаметра детали D_i [мм].

5,26	5,28	5,25	5,28	5,28
5,32	5,31	5,28	5,27	5,27
5,28	5,26	5,24	5,26	5,28
5,25	5,30	5,26	5,24	5,23

Предварительно оценить правдоподобность допущения о том, что полученные показания подчиняются нормальному закону распределения вероятности по виду гистограммы, построенной на основании полученных экспериментальных данных. Оценить истинное значение и найти точечную оценку СКО этого диаметра, исходя из предположения нормальности распределения результатов измерений.

Задача 4

При многократном измерении температуры в производственном помещении получены следующие результаты в градусах Цельсия:

20,24°C	20,13°C	20,12°C	20,20°C	20,16°C
20,17°C	20,19°C	20,21°C	20,15°C	20,23°C

Оценить правдоподобность допущения о том, что полученные показания подчиняются нормальному закону распределения вероятности, оценить истинное значение и найти точечную оценку СКО температуры, исходя из предположения нормальности распределения результатов измерений.

Задача 5

При многократном измерении динамометром усилия получены следующие результаты:

29,76	29,74	29,75	29,78	29,78
29,73	29,81	29,78	29,77	29,77
29,78	29,76	29,74	29,76	29,78
29,75	29,80	29,76	29,82	29,78

Оценить правдоподобность допущения о том, что полученные показания подчиняются нормальному закону распределения вероятности, оценить истинное значение и найти точечную оценку СКО усилия, исходя из предположения нормальности распределения результатов измерений.

Задача 6

При испытании материала на растяжение измерением получены значения силы $F = (903 \pm 12)$ Н и площади поперечного сечения стержня $S = (314 \pm 4)$ м². Укажите предельные границы для истинного значения напряжения, если предел прочности определяется по формуле $\sigma = 4F/S$. Значение погрешности округляется до одной значащей цифры.

3. Результаты, выводы

Практическая работа №3 «Определение доверительного интервала с доверительной вероятностью»

Форма отчета по практической работе №3

1. Цель работы - Изучить алгоритмы обработки многократных измерений. Научиться оценивать истинное значение измеряемой величины при многократном измерении с помощью интервалов

2. Программа работы

1. Решить задачи 1...3 совместно с преподавателем.

2. Решить задачи 4...7 самостоятельно.

Порядок выполнения практической части лабораторной работы

Задача 1

По результатам пяти наблюдений была найдена длина стержня. Итог измерений составляет $L=18,308$ мм, $S_L=0.005$ мм, причем существуют достаточно обоснованные предположения о том, что распределение результатов наблюдений было нормальным. Требуется оценить вероятность того, что истинное значение длины стержня отличается от среднего арифметического из пяти наблюдений не больше чем на 0,01 мм.

Решение задачи 1

Из условия задачи следует, что имеются все основания для применения распределения Стюдента. Вычисляем значение дроби Стюдента:

$$t_p = \frac{\delta_p}{S_L} = \frac{0,01}{0,005} = 2.$$

Определяем число степеней свободы: $k = n - 1 = 5 - 1 = 4$.

Находим значение доверительной вероятности по табличным данным для $k=4$ и $t_p=2$: $P=0,8838$.

Таким образом, вероятность того, что истинное значение длины стержня отличается от среднего арифметического из пяти наблюдений не больше чем на 0,01 мм $P=0,8838$ или составляет 88,38%.

Итог измерений $L = (18,308 \pm 0,010)$ мм, $P=0,8838$.

Задача 2

В условиях предыдущей задачи найти доверительную границу погрешности результата измерений для доверительной вероятности $P=0,99$.

Решение задачи 2

Определяем по табличным данным значение дроби Стюдента для $k=4$ и $P=0,99$: $t_p=5,84$.

Следовательно, доверительная граница:

$$\delta_p = t_p \cdot S_L = 5,84 \cdot 0,005 = 0,0292 \text{ } i \text{ } i .$$

Итог измерений $L = (15,785 \pm 0,0292) i \text{ } i , P = 0,99$.

Задача 3

При измерении температуры T в помещении термометр показывает 26°C . Среднее квадратическое отклонение показаний $\sigma_T = 0,3^\circ\text{C}$. Систематическая погрешность измерения $\Delta_S = +0,5^\circ\text{C}$. Укажите доверительные границы для истинного значения температуры с вероятностью $P = 0,9973$ ($t_p = 3$).

Решение задачи 3

Истинное значение температуры при исключении систематической погрешности:

$$T_{\text{ист}} = \bar{O} - \Delta_S = 26 - (+0,5) = 25,5^\circ\text{C}.$$

Доверительная граница:

$$\delta_p = t_p \cdot \sigma_T = 3 \cdot 0,3 = 0,9^\circ\text{C}.$$

Итог измерений $T = (25,5 \pm 0,9)^\circ\text{C}, P = 0,9973$.

Задача 4

При измерении усилия динамометр показывает 1000 Н, погрешность градуировки равна – 50 Н. Среднее квадратическое отклонение показаний $\sigma_F = 10$ Н. Укажите доверительные границы для истинного значения измеряемого усилия с вероятностью $P = 0,9544$ ($t_p = 2$).

Задача 5

Найти среднее значение расстояния между ориентирами осей здания и доверительный интервал, в котором находится это значение, с доверительной вероятностью 0,99 при следующих измерениях этого расстояния, м: 18,124; 18,127; 18,121; 18,122; 18,131.

Задача 6

Результаты пятикратного измерения диаметра детали $D = 5,27$ мм. Систематическая погрешность, вызванная износом губок штангенциркуля, составляет $+0,07$ мм. СКО результатов измерений $\sigma_D = 0,12$ мм. Записать результат измерения при доверительной вероятности $P = 0,95$.

Задача 7

При определении силы инерции по зависимости $F = m \cdot a$ измерениями получены значения $m = 100$ кг и ускорение $a = 2$ м/с². Средние квадратические отклонения результатов измерений: $\sigma_m = 0,5$ кг, $\sigma_a = 0,01$ м/с². Записать результат определенной силы инерции с вероятностью $P = 0,966$ ($t_p = 2,12$).

3. Результаты, выводы

Практическая работа №4 «Измерение параметров электрического сигнала с помощью осциллографа»


Форма отчета по практической работе №4

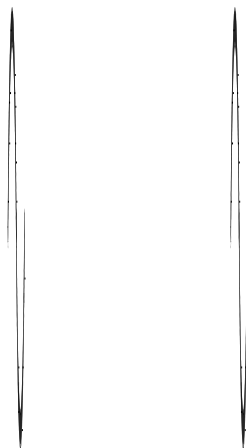
1. Цель работы - Знакомство с приборами для регистрации электрических сигналов и, в частности, с устройством электронно-лучевого осциллографа С1-65, а также приобретение практических навыков определения параметров электрического сигнала с его помощью.

2. Программа работы

1. Ознакомиться с работой электронно-лучевого осциллографа;
2. Получить задание у преподавателя (форма и частота сигнала);
3. Зарисовать осциллограмму и записать масштаб координатной сетки;
4. Определить амплитуду, размах, период и частоту электрического сигнала;
5. Обозначить на осциллограмме основные характеристики электрического сигнала (амплитуду и период);
6. Сделать выводы по работе.

Порядок выполнения практической части лабораторной работы

1. Увидеть четкий сигнал на экране осциллографа;
2. Измерить амплитуду и размах электрического сигнала (напряжения);
- 2.1. Для проведения измерения размаха выполните следующие операции:
 - 2.1.1) подайте сигнал на гнездо «» усилителя Y;
 - 2.1.2) установите переключатель «ВОЛЬТ/ДЕЛ.» так, чтобы сигнал на экране осциллографа занимал пять делений;



2.1.3) установите тумблер «;» в положение «».

2.1.4) ручкой «УРОВЕНЬ» установите устойчивое изображение. Установите переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» в положение, при котором на экране наблюдается несколько периодов исследуемого сигнала;

2.1.5) установите ручку «↑» так, чтобы нижний уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сетки, а верхний уровень находился в пределах рабочей части экрана. Ручкой «↔» сместите изображение таким образом, чтобы верхний уровень сигнала находился на центральной вертикальной линии (рисунок 27;

2.1.6) измерьте расстояние в делениях между крайними точками размаха сигнала. Ручка «ПЛАВНО» должна быть установлена в положение «▼».

Примечание. Этот метод может быть использован для измерения напряжения между двумя любыми точками сигнала, а не только между пиками (размаха);

2.1.7) умножьте расстояние, измеренное в условных единицах (делениях), на показание переключателя «ВОЛЬТ/ДЕЛ.».

Пример. Предположим, что размах вертикального отклонения составляет 4,8 деления с использованием делителя 1:10 и установкой переключателя «ВОЛЬТ/ДЕЛ.» на «0,5».

Напряжение размаха сигнала будет:

$$U_{\text{раз}} = 4,8 [\text{дел.}] \times 0,5 \left[\frac{\text{В}}{\text{дел.}} \right] \times 10 = 24 \text{ В}.$$

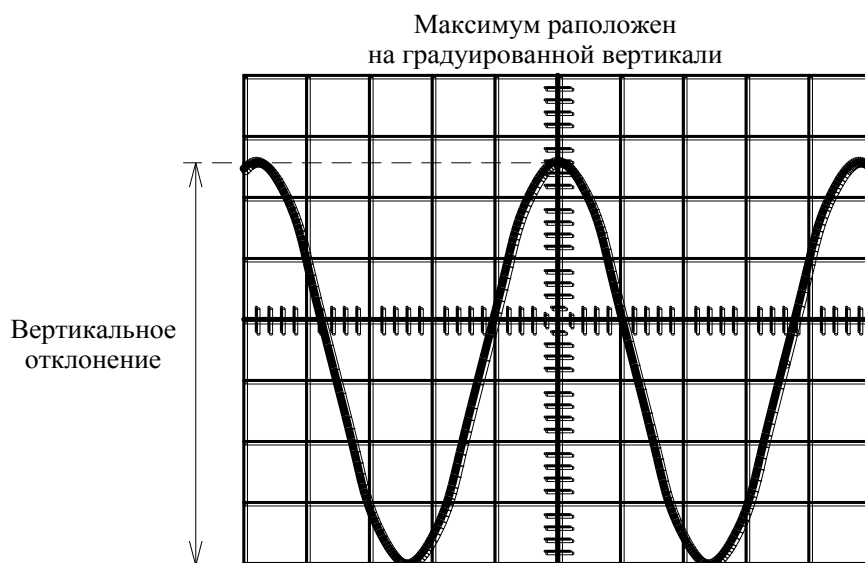


Рисунок 27 – Определение амплитуды сигнала

2.2. Для проведения измерения амплитуды выполните следующие операции:

2.2.1) определите контрольную линию земли переключив в положение « \perp » переключатель « \sim ; \perp ; \sim »;

Примечание. Не следует перемещать ручку « \updownarrow » после определения контрольной линии земли!

2.2.2) измерьте расстояние в делениях между крайней точкой сигнала и контрольной линией земли. Ручка «ПЛАВНО» должна быть установлена в положение « \blacktriangledown »;

2.2.3) умножьте расстояние, измеренное в условных единицах (делениях), на показание переключателя «ВОЛЬТ/ДЕЛ.» (аналогично определению размаха).

3. Измерить период и рассчитать частоту электрического сигнала;

3.1. Для измерения длительности сигнала между двумя его точками произведите следующие операции:

3.1.1) подайте сигнал на гнездо « \oplus » усилителя Y;

3.1.2) установите переключатель «ВОЛЬТ/ДЕЛ.» в такое положение, чтобы изображение на экране составляло около 5 делений;

3.1.3) ручкой «УРОВЕНЬ» установите устойчивое изображение;

3.1.4) установите переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» на наибольшую скорость развертки, при которой расстояние между двумя измеряемыми точками будет меньше 8 делений, т. к. возможна нелинейность изображения в первом и последнем делении шкалы;

3.1.5) ручкой « \updownarrow » переместите изображение, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились на горизонтальной центральной линии;

3.1.6) ручкой « \leftrightarrow » установите изображение так, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились в пределах восьми центральных делений сетки;

3.1.7) измерьте горизонтальное расстояние между измеряемыми точками (Рисунок 28). Ручка «ПЛАВНО» переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» должна быть установлена в положение « \blacktriangledown »;

3.1.8) умножьте расстояние, измеренное в п.3.1.7 на показание переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ.»;

Пример. Допустим, что расстояние между измеряемыми точками составляет 5 делений (рисунок 28), а переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» установлен на 0,1 мс, растяжка (ХОД) не применяется. Длительность времени

$$\Delta t = 5 \left[\frac{\Delta t}{\text{дел}} \right] \times 0,1 \left[\frac{\text{мс}}{\text{дел}} \right] = 0,5 \text{ мс}.$$

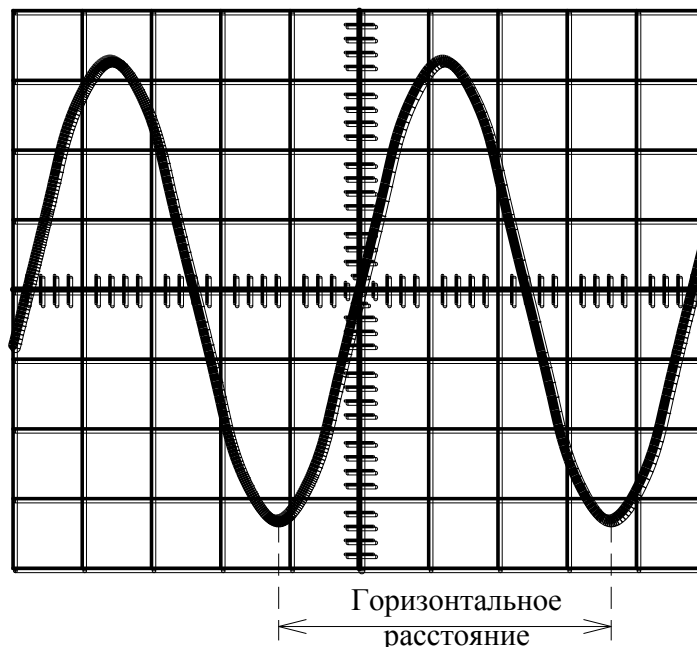


Рисунок 28 – Определение длительности периодического сигнала

3.2. Для расчета частоты периодического сигнала произведите следующие операции:

3.2.1) измерьте длительность времени одного периода сигнала, как это описано в предыдущем случае;

$f=1/T$, где f – частота сигнала, Гц, T – период, сек.

$$\text{равна } f_c = \frac{1}{\tilde{O}} = \frac{1}{0,5 \cdot 10^{-3} [\tilde{n}]} = 2 \hat{e} \tilde{A} \ddot{o}.$$

Практическая работа №5 «Метрологическая калибровка средств измерений»

1. Цель работы - Изучить методы обеспечения единства измерений. Изучить способы нормирования и формы представления метрологических характеристик средств измерения. Приобрести навыки метрологической калибровки средств измерений.

1. Провести метрологическую калибровку вольтметра;

3. Сравнить реальные значения погрешности с максимально допустимыми и сделать вывод о пригодности вольтметра к применению;

Порядок выполнения практической части лабораторной работы

2. Включить питание лабораторного стенда, при помощи тумблера 1 (рисунок 35);

4. Провести опробование вольтметра;

5. Определить невозвращение стрелки к нулевой отметке по формуле 5;

6. Проверить установку уровня положения образцового вольтметра (рисунок 36); Воздушный пузырек, выполняющий функцию индикатора уровня, должен находиться строго по центру окружности, обозначающей линию горизонта.

7. Установить последовательно значение напряжения по калибруемому вольтметру от нижнего до верхнего пределов измерения с шагом 5 В с помощью ручек 6 «грубо» и 7 «плавно» (рисунк 35);

8. Для каждого установленного значения напряжения записать показания образцового вольтметра в таблицу 13 при увеличении и при уменьшении напряжения. Показания с образцового вольтметра снимаются с максимально возможной точностью, пересечения диагональной линии шкалы с горизонтальными (рисунок 36) дополнительно делят расстояние между двумя соседними вертикальными штрихами шкалы на пять равных интервалов, в результате чего цена деления указанного вольтметра 0,2 В.

Примечание: При увеличении напряжения стрелку калибруемого вольтметра подводить к значению слева, при уменьшении – справа.

[illegible]

9. Определить погрешности и вариацию показаний калибруемого вольтметра по формулам 1...4;
 10. Сравнить реальные значения погрешности с максимально допустимыми и сделать вывод о пригодности вольтметра к применению;
 11. Сделать выводы по работе.
3. Результаты, выводы

Практическая работа №6 «Измерение деталей с помощью штангенциркуля»

Форма отчета по практической работе №6

1. Цель работы - приобретение навыка измерения размеров детали с помощью штангенциркуля, а также проверки годности размеров
2. Задание на работу

Измерить штангенциркулем указанные преподавателем размеры и сделать заключение о годности детали по каждому из размеров.

3. Порядок выполнения работы
 - 3.1. Выполнить эскиз детали и проставить буквенные обозначения указанных преподавателем размеров, например b_1, \dots, b_4 .
 - 3.2. В бланке отчета записать обозначение размера по чертежу, номинальный размер и обозначение его поля допуска и найденные из ГОСТа 25347-82 предельные отклонения размера. Например, для размера $b_1=42h10_{(-0,1)} \text{ мм}$.
 - 3.3. Рассчитать предельные размеры. Например, для размера b_1

$$b_{1\max} = b_1 + es = 42 + 0 = 42,0 \text{ мм}$$

$$b_{1\min} = b_1 + ei = 42 + (-0,1) = 41,9 \text{ мм}$$

- 3.4. Измерить штангенциркулем указанные размеры детали и записать их в таблицу бланка отчета в графу "результаты измерений" (для размера b_1 результат измерения - 42,10 мм).
- 3.5. Сделать заключение о годности детали по каждому из размеров.

Условие годности размера для b_i

$$b_{i\min} \leq b \leq b_{i\max},$$

где $b_{i\min}$ и $b_{i\max}$ - предельные размеры,

b - действительный размер детали, установленный путем измерений.

Для рассматриваемого примера деталь имеет брак исправимый, так как $b_1 > b_{1\max}$ (42,10 > 42,00 мм).

4. Результаты, выводы

Практическая работа №7 «Методы поверки электромеханических измерительных приборов»

Форма отчета по практической работе №7

1. Цель работы – изучить методы поверки электромеханических измерительных приборов. Различают несколько методов поверки средств измерений. Метод совпадений.

В основе поверки методом совпадения лежит одновременное измерение одной и той же величины поверяемым прибором и образцовым средством измерения. Соотношение пределов допускаемых абсолютных основных погрешностей образцовых средств измерений и поверяемых приборов для каждой поверяемой отметки шкалы должно быть не более 1/5 при поверке всех классов точности.

При определении основной погрешности указатель поверяемого прибора необходимо последовательно устанавливать на поверяемые отметки шкалы с начала при плавном увеличении измеряемой величины, а затем на те же отметки при плавном уменьшении измеряемой величины. Для всех поверя-

емых отметок по образцовому средству измерений определяют действительные значения измеряемой величины (рис. 4.1 и 4.2).

Две независимые величины X и X_k включаются встречно. Схема сравнения (СС) выделяет разность $X - X_k$, которая подаётся на нуль-индикатор. Значение X_k изменяется до тех пор, пока нуль-индикатор не покажет ноль. Тогда $X = X_k$.

При измерении напряжения компенсационным методом встречно включаются два напряжения: воспроизводимое мерой и измеряемое. В качестве нуль-индикатора используется стрелочный магнитоэлектрический гальванометр.

Принцип действия потенциометра постоянного тока. На рис. 4.4 показана принципиальная схема потенциометра.

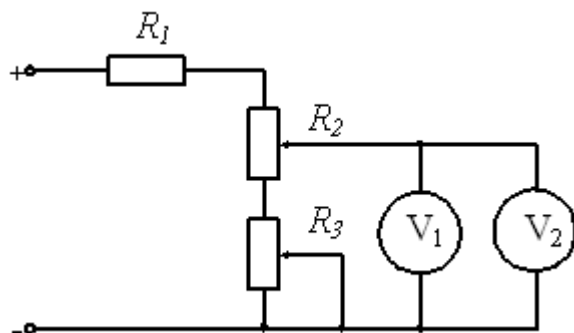


Рис. 4.1. Схема поверки вольтметра методом совпадений

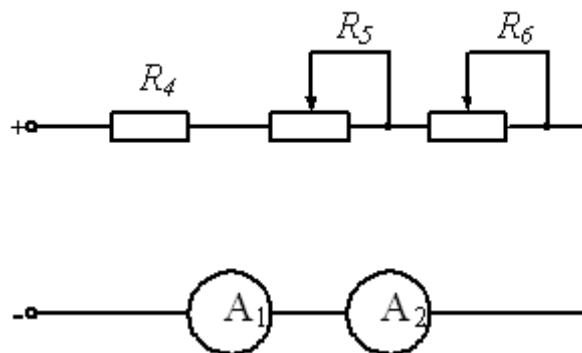


Рис. 4.2. Схема поверки миллиамперметра методом совпадений

Нулевой или компенсационный метод.

Работа потенциометра основана на компенсационном методе измерения, который заключается в следующем (рис. 4.3).

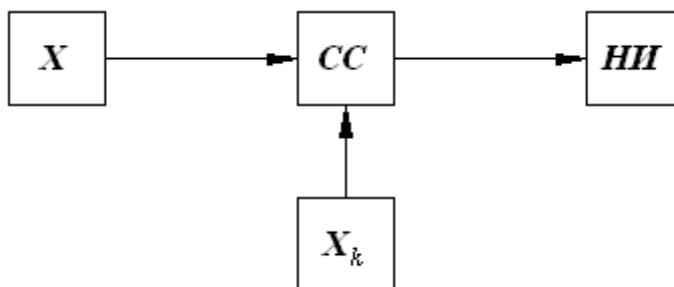


Рис. 4.3. Структурная схема потенциометра

Образцовые резисторы R_V , R_{II} , R_P и $E_{всп}$ образуют рабочую цепь потенциометра. Измерение напряжения осуществляется в следующем порядке: переключатель гальванометра устанавливают в положение «нормальный элемент». Переключатель расположен в левом нижнем углу на панели прибора. На схеме соответственно в левое положение (рис. 4.4). Изменяя значение R_P , добиваются нулевого показания гальванометра. Четыре рукоятки сопротивления R_P расположены в левом верхнем углу на панели потенциометра. В этом случае происходит компенсация эдс нормального элемента падением напряжения на сопротивлении

$$E_N = R_V \cdot I \quad \text{или} \quad I = \frac{E_N}{R_V},$$

т. е. устанавливается рабочее значение тока. Рукоятка сопротивления R_V находится на панели рядом с переключателем. Сопротивление имеет регулируемую часть для поправки значения эдс E_N на температуру окружающей среды. На этом первый этап заканчивается.

Затем переключатель Π переводят в положение X_I . Рабочий ток на сопротивлении R_{II} создаёт падение напряжения $R_{II} \cdot I$, направленное встречно измеряемому напряжению. Изменением значения R_{II} добиваются нулевого показания гальванометра. При этом

$$U_X = R_{II} \cdot I \quad \text{или} \quad U_X = E_N \cdot \frac{R_{II}}{R_Y}.$$

Таким образом, измеряемое напряжение пропорционально значению части R_{II} при постоянстве рабочего тока, поэтому сопротивление градуируется в значениях измеряемого напряжения (шесть больших рукояток магазина сопротивлений).

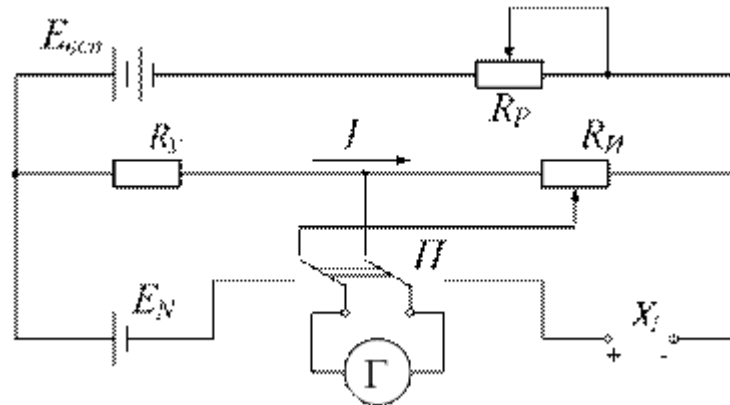


Рис. 4.4. Принципиальная схема потенциометра: E_N – нормальный элемент; $E_{всп}$ – вспомогательная батарея; R_Y – установочное сопротивление; R_{II} – измерительное сопротивление; R_P – регулировочное сопротивление

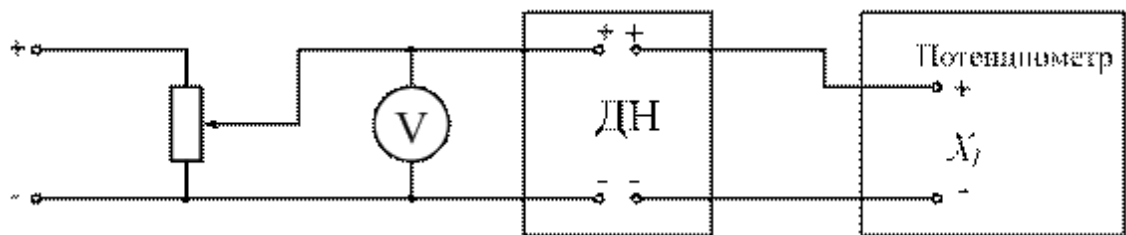


Рис. 4.5. Схема проверки потенциометра

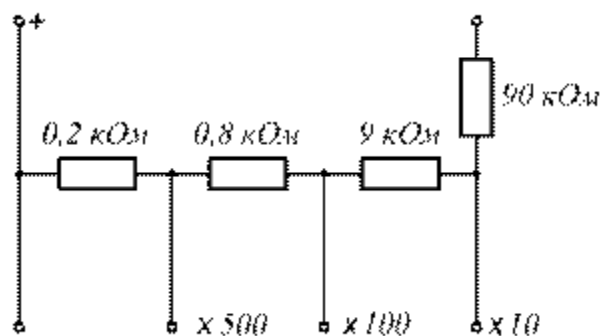


Рис. 4.6. Делитель напряжения

Непосредственно потенциометром можно измерить значение напряжения до 2 В. Для расширения предела измерения применяется специальные делители напряжения (рис. 4.6).

Задание к выполнению.

1. Собрать поочередно схемы (рис. 4.1, 4.2, 4.5). Произвести проверку лабораторного вольтметра и миллиамперметра:

- проверку производить при регулировке напряжения и тока от начальной точки шкалы вольтметра и миллиамперметра до конечной и обратно по всем оцифрованным отметкам;
- определить внутреннее сопротивление вольтметра и миллиамперметра;
- результаты наблюдений и вычислений занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результаты расчёта и наблюдений

Показания вольтметра	Показания потенциометра		U_0	ΔU	K	ϵ	δ	γ_{np}
	Увеличение напряжения	Уменьшение напряжения						
В	В	В	В	В	В	%	%	%

Примечание. U_0 – действительное значение измеряемого напряжения (определяется как среднее значение показаний потенциометра); $\Delta U = U - U_0$ – абсолютная погрешность вольтметра; $k = -\Delta U$ – поправка к показанию вольтметра; $\delta = \left(\frac{\Delta U}{U}\right) 100\%$ – относительная погрешность вольтметра; $\gamma_{np} = \left(\frac{\Delta U_M}{U_H}\right) 100\%$ – относительная приведённая погрешность вольтметра; U_H – номинальное напряжение поверяемого вольтметра; U_M – максимальная абсолютная погрешность по модулю; $\epsilon = \left(\frac{U_{0,ле} - U_{0,пр}}{U_H}\right) 100\%$ – вариация показаний.

2. В отчёте должны быть представлены схемы (рис. 4.1, 4.2, 4.4, 4.5, 4.6), кривая поправок и вывод о результатах поверки вольтметра.

3. Результаты, выводы

Практическая работа №8 «Измерение мощности в трехфазной цепи»

Форма отчета по практической работе №8

1. Цель работы

В лабораторной работе исследованы некоторые методы измерения мощности. Остальные методы необходимо освоить студентам по учебнику (конспекту лекций). Применение метода зависит от вида соединения и симметрии трехфазной цепи.

2. Программа работы

Измерение активной мощности. Метод двух ваттметров применяется независимо от схемы соединений нагрузки и её симметрии (рис. 7.1). В лабораторной работе необходимо исследовать метод с применением измерительных трансформаторов тока.

Активная мощность нагрузки определяется как алгебраическая сумма показаний ваттметров

$$P = (P_1 + P_2) \cdot K_{IH} = (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot C_{Bm} \cdot K_{IH},$$

где α_1 и α_2 – углы отклонения стрелок приборов, в делениях; $C_{Bm} = U_H \cdot I_H / \alpha_H$ – цена деления (постоянная прибора), Вт/дел; K_{IH} – коэффициент трансформации тока $\left(K_{IH} = I_{1H} / I_{2H}\right)$.

По показаниям приборов определяется средний по фазам нагрузки $\tan \varphi$:

$$\tan \varphi = \sqrt{3} \cdot \frac{P_2 - P_1}{P_1 + P_2}.$$

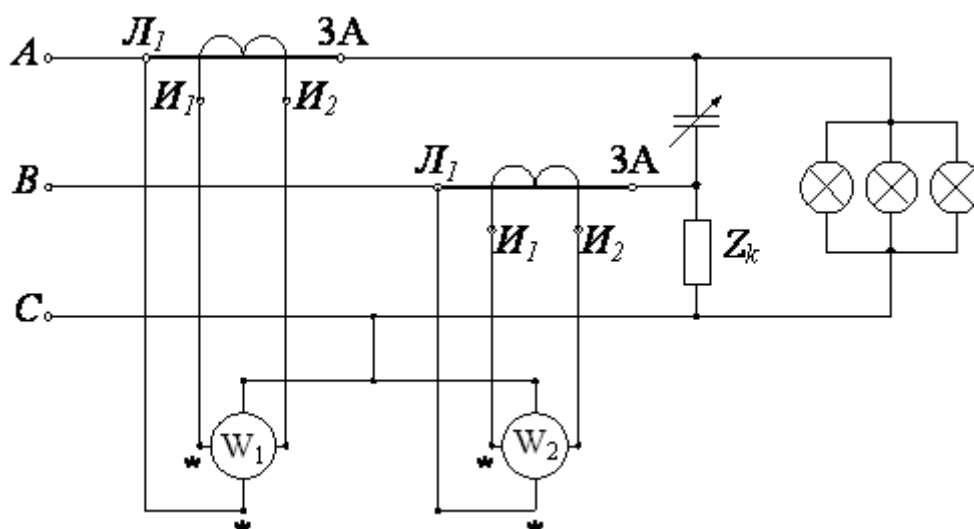


Рис. 7.1. Схема измерения активной мощности двумя ваттметрами

Измерение реактивной мощности осуществляется при помощи ваттметров, включённых по специальным схемам.

При полной симметрии трёхфазной цепи реактивную мощность можно измерить одним ваттметром, включённым по схеме рис. 7.2.

Векторная диаграмма цепи имеет вид, представленный на рис. 7.3.

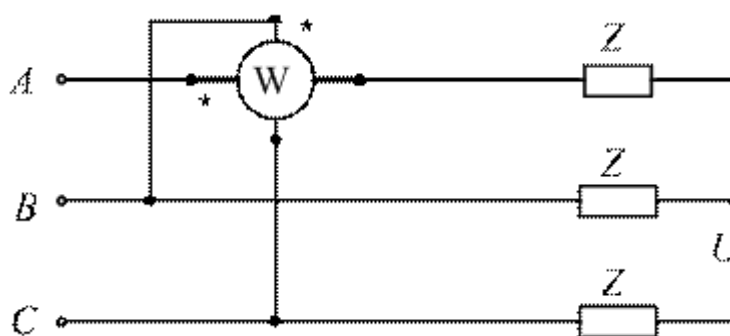


Рис. 7.2. Схема включения ваттметра для измерения реактивной мощности

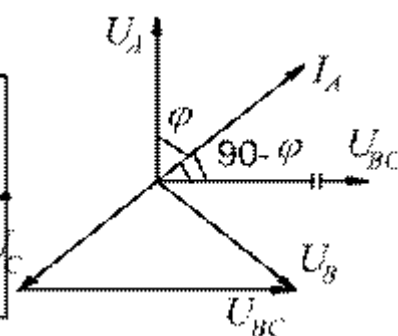


Рис. 7.3. Векторная диаграмма

Показание ваттметра, с учётом векторной диаграммы, будет

$$P_w = U_{BC} \cdot I_A \cdot \cos(90^\circ - \varphi) = U_o \cdot I_o \cdot \sin \varphi.$$

Для получения реактивной мощности показание ваттметра умножается на $\sqrt{3}$.

Задание к выполнению.

1. Собрать схему рис. 7.1. Изменяя величину емкостной нагрузки, получить положительные, нулевое и отрицательные значения одного из ваттметров. Второй ваттметр будет давать только положительные значения.

В отчёте представить векторную диаграмму трёхфазной цепи для произвольного значения нагрузки. На диаграмме изобразить векторы токов и напряжений обмоток обоих ваттметров, а также углы между ними:

- вычислить значения активной мощности и $\tan \varphi$;
- результаты измерений и вычислений занести в табл. 7.1.

2. Собрать схему рис. 7.4. На схеме параллельно асинхронному двигателю АД включается ламповый реостат R .

Таблица 7.1

Результаты измерений и вычислений

Номер исследов.	α_1 , дел.	α_2 , дел.	$C_{вт}$, ВТ/дел.	P_1 , Вт	P_2 , Вт	P , Вт	$tg\varphi$
1							
2							
3							

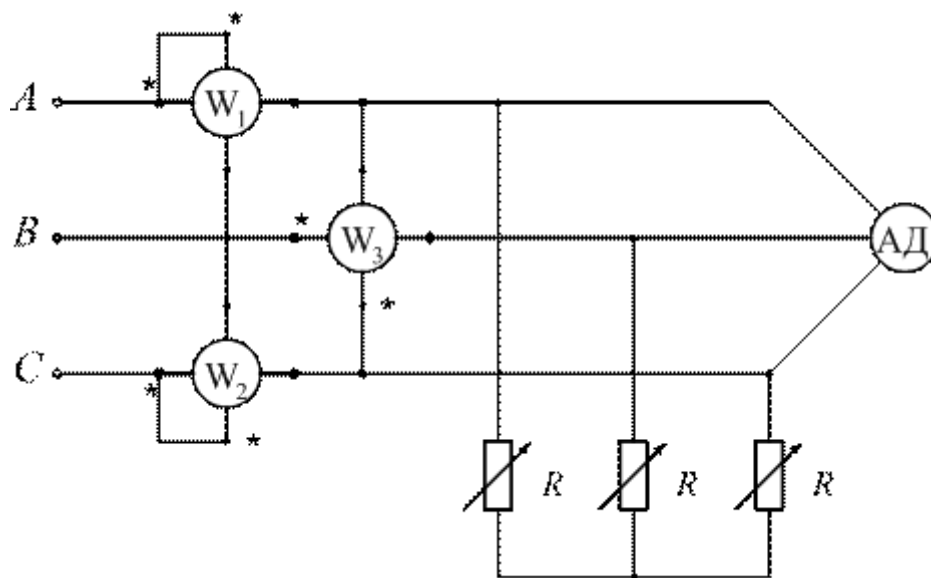


Рис. 7.4. Схема включения ваттметров для измерения активной и реактивной мощностей

Измерить активную и реактивную мощность холостого хода асинхронного двигателя. Изменяя симметрично нагрузку лампового реостата, снять показания ваттметров. Объяснить зависимость между их показаниями. Вычислить активную, реактивную мощности и $tg\varphi$.

Результаты измерений и вычислений занести в табл. 7.2.

Представить векторную диаграмму, на которой изобразить векторы тока и напряжения обмоток ваттметра W_3 , а также угол между ними.

Таблица 7.2

Результаты измерений и вычислений										
Номер исследов.	α_1 , дел.	α_2 , дел.	α_3 , дел.	$C_{вт}$, Вт/дел	P_1 , Вт	P_2 , Вт	P_3 , Вт	P , Вт	Q , ВАр	$tg\varphi$
1										
2										
3										

Примечание: $P = P_1 + P_2$, $Q = \sqrt{3}P_3$.

3. Результаты, выводы

Требования к оформлению отчета

Формат текста – Microsoft Word (*.doc, *.docx);

Формат страницы: А4 (210х297 мм);

Ориентация - книжная;

Поля (верхнее, нижнее, левое, правое) по 20 мм;

Шрифт: размер (кегель) — 14;

Тип шрифта: Times New Roman;

Межстрочный интервал – полуторный.

Процедура оценивания

Работы оцениваются после демонстрации выполненного задания на мониторе ПК и сдачи отчёта преподавателям. При этом обращается внимание как на содержательную часть, так и на оформление работы. Окончательная оценка работы производится после оценки ответов на контрольные вопросы и защиту студентом результатов своих практических исследований.

Критерии оценки:

Критерии оценки лабораторных работ №1,2,3.

7-8 баллов: все задания лабораторного занятия выполнены в полном объеме и самостоятельно, ошибки не значительны и не влияют на общее понимание темы работы; 4-6 баллов: все задания лабораторного занятия выполнены, в основном самостоятельно, ошибки не значительны и не влияют на общее понимание темы работы; 2-3 балла: задания лабораторного занятия выполнены частично (более 50%), в основном самостоятельно, однако с существенными ошибками; 1 балл: задания лабораторного занятия выполнены частично (менее 50%), с существенными ошибками; 0 баллов: задания не выполнены.

Критерии оценки лабораторных работ №4,5,6,7,8.

10-12 баллов: все задания лабораторного занятия выполнены в полном объеме и самостоятельно, ошибки не значительны и не влияют на общее понимание темы работы; 7-9 баллов: все задания лабораторного занятия выполнены, в основном самостоятельно, ошибки не значительны и не влияют на общее понимание темы работы; 4-6 балла: задания лабораторного занятия выполнены частично (более 50%), в основном самостоятельно, однако с существенными ошибками; 1-3 балла: задания лабораторного занятия выполнены частично (менее 50%), с существенными ошибками; 0 баллов: задания не выполнены.

10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины (учебного курса)

Для изучения дисциплины применяются следующие технологии:

- технологии традиционного обучения (обзорная лекция, обобщающая лекция, лабораторное занятие, самостоятельная работа), направленные на теоретическую подготовку студентов

- интерактивные технологии, на которых студенты учатся формулировать собственное мнение, правильно выражать мысли, строить доказательства своей точки зрения, вести дискуссию, слушать другого человека, уважать альтернативное мнение.

11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)

11.1. Обязательная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
1	Основы стандартизации, метрологии и сертификации [Электронный ресурс] : [учебник] / А. В. Архипов [и др.] ; под ред. В. М. Мишина. - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2015. - 447 с. - ISBN 978-5-238-01173-8	Учебник	ЭБС «IPRbooks»
2	Пелевин В. Ф. Метрология и средства измерений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Ф. Пелевин. - Минск : Новое знание, 2017 ; Москва : ИНФРА-М, 2017. - 273 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-006769-8	Учебное пособие	ЭБС "ZNANIUM.COM"
3	Воробьева Г. Н. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. Н. Воробьева, И. В. Муравьева. - Москва : МИ-СиС, 2015. - 108 с. - ISBN 978-5-87623-876-4	Учебное пособие	ЭБС "Лань"

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

«_____» _____ 20__ г.

МП

(подпись)

А.М. Асаева

(И.О. Фамилия)

11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Количество в библиотеке
1	Антипов Д. В. Метрология, стандартизация и сертификация : лаб. практикум / Д. В. Антипов, С. А. Пионтовская, М. А. Пьянов; ТГУ ; Ин-т финансов,	Практикум	49

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое по- собие, практикум, аудио-, видеопосо- бия и др.)	Количество в библиотеке
	экономики и управления ; каф. "Менеджмент организации". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2011. - 103 с. : ил. - Библиогр.: с. 103		
2	Латышенко К. П. Сборник задач и вопросов по метрологии и измерительной технике [Электронный ресурс] / К. П. Латышенко. - Саратов : Вузовское образование, 2013. - 209 с. - (Высшее образование).	-	ЭБС «IPRbooks»
3	Бисерова В. А. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. А. Бисерова, Н. В. Демидова, А. С. Якорева. - Саратов : Научная книга, 2012. - 159 с.	Учебное пособие	ЭБС «IPRbooks»
4	Голуб О. В. Стандартизация, метрология и сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О. В. Голуб, И. В. Сурков, В. М. Позняковский. - Саратов : Вузовское образование, 2014. - 334 с. - (Высшее образование)	Учебное пособие	ЭБС «IPRbooks»

11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- Web of Science [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: Clarivate Analytics, 2016. – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.;
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004. – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Springer Link [Электронный ресурс] : [база данных].– Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Science Direct [Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа : sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Cambridge university press [Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridge university press, 2018 . – Режим доступа : cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- NEICON [Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. – Москва : НЭИКОН, 2002. – Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

11.4. Перечень программного обеспечения

п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standart	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно

1.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых	Столы ученические двухместные (моноблок), стол преподавательский., стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), вводной автомат электроэнергии, проектор, экран.	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул. Ушакова, 57, позиция по ТП № 9, 7 этаж, (Э-702)	71,1	60

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.				
2	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы-моноблоки двухместные, стол преподавательский, стул преподавательский. Доска меловая.	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул. Ушакова, 57, позиция по ТП № 22а, 7 этаж, (Э-711)	33,9	28
3	Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет	445020 Самарская область, г. Тольятти, Центральный р-н, ул. Белорусская, д.14, позиция по ТП № 48, 4 этаж, (Г-401)	84,8	16