

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по учебной и воспитательной работе
МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

И. Э. Бученков

«13» августа 2020 г.

Регистрационный № УД-897-20/уч.



ЭЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Учебная программа учреждения высшего образования по
учебной дисциплине для специальности
1-40 05 01-06 Информационные системы и технологии (в экологии);
1-40 05 01-07 Информационные системы и технологии (в здравоохранении)

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-40 05 01-2013, учебного плана 44-14/уч. от 01.09.2014 г. по специальности 1-40 05 01-06 Информационные системы и технологии (в экологии) и учебного плана 43-14/уч. от 01.09.2014 г. по специальности 1-40 05 01-07 Информационные системы и технологии (в здравоохранении).

СОСТАВИТЕЛЬ:

Л. А. Липницкий, доцент кафедры энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 28.06.2020 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 23.06.2020 г.).

Пояснительная записка

Электроника – это область науки и техники, изучающая взаимодействие с электромагнитными полями заряженных частиц, а также использующая методы разработки электронных устройств и приборов. Получение теоретических представлений об основах электроники и их применение для построения современного электронного оборудования позволят обеспечить практические навыки на уровне, позволяющем осуществлять грамотное техническое обслуживание электронного оборудования, находящегося в эксплуатации, а также автоматизированных технологических процессов, применяемых при измерении различных физических величин, имеющих неэлектрическую и электрическую природу происхождения.

Возрастание количества измерений, нарастание сложности аппаратуры, повышение требований к точности, расширение используемых методов обработки результатов измерений и обнаружения ошибок приводит к значительному росту их трудоемкости и стоимости, что требует создания специализированных автоматизированных средств измерений.

Автоматизация производства – это процесс, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам. При полной автоматизации измерений предусматривается передача всех функций снятия измеряемых величин, передача и обработка полученной информации и выработка на их основе управляющих воздействий на автоматические системы управления. Работа операторов сводится только к налаживанию техники и контролю её работы.

Непрерывное развития всех отраслей промышленности и сельского хозяйства невозможно без дальнейшего широкого применения автоматизации производственных процессов, использования автоматизированных систем измерения и управления, электроники и вычислительных процессов. Названные направления требуют обеспечения такой профессиональной подготовки специалистов, при которой они будут располагать системой знаний, умений и навыков в актуальных для них областях электроники и автоматизации измерений.

Цель учебной дисциплины: теоретическая и практическая подготовка инженеров-программистов-экологов и инженеров-программистов в области аналоговой и цифровой электроники, аналоговой и цифровой обработки сигналов в автоматизированных измерительных системах, способных к решению организационных, научных и технических задач при автоматизации измерений.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование четких представлений о принципах действия электронных устройств и автоматизированных измерительных систем, позволяющих участвовать в работе по их эксплуатации в тесном контакте со специалистами в области электротехники и электроники;
- овладение знаниями по принципам действия аналоговых, цифровых и

преобразовательных устройств, а также их использованию в электронных и автоматизированных информационных и управляющих системах установок;

- формулирование задания по разработке электронной и электроизмерительной аппаратуры и оценке их на совместимость с другими устройствами;

- выработка умения оценивать технико-экономическую эффективность применения современной элементной базы электроники в автоматизированных системах и определять их основные параметры;

- квалифицированно формулировать задания на разработку электронной аппаратуры и оценивать ее совместимость с другими устройствами.

Подготовка специалиста в рамках дисциплины «Электроника и автоматизация измерений» должна обеспечить формирование следующих групп компетенций:

- овладение базовыми научно-теоретическими знаниями и умение применять их для решения теоретических и практических задач в области электроники автоматизации измерений;

- овладение основными навыками работы с электронным и автоматизированным измерительным оборудованием;

- усвоение социально-личностных, культурно-ценностных ориентаций, идеологических, нравственных ценностей общества и государства и умения следовать им;

- воспитание профессиональных качеств, включающих способности в области электроники и автоматизации измерений.

В результате усвоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные электротехнические законы и методы анализа электрических и магнитных цепей;

- назначение и принцип действия основных узлов оборудования, содержащих электронные устройства и автоматизированные устройства измерения;

- общие принципы измерения основных электрических величин, связанных с профилем инженерной деятельности;

- роль и назначение первичных преобразователей, процессоров, программно-аппаратных комплексов для автоматизации измерений;

уметь:

- определять электрические и электронные схемы;

- экспериментально определять параметры и характеристики типовых электронных устройств;

- производить измерения электрических величин;

- работать с современной радиоизмерительной аппаратурой;

- работать с современными цифровыми устройствами;

владеть:

- общими принципами измерения основных электрических величин;

- методикой чтения электрических схем и определения характеристик типовых электрических устройств.

- методологией выбора электронных изделий для обеспечения функционирования автоматизированных измерительных и управляющих систем;

- навыками практической работы с современными системами схемотехнического моделирования и анализа электронных и автоматизированных измерительных устройств, измерительных преобразователей.

Связь с другими дисциплинам базируется на знаниях, полученных в результате прохождения математического анализа, электричества и магнетизма, основ научных исследований и инновационной деятельности. Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов с рекомендуемой литературой, интернет-источниками и так далее, а также использование современных программных и технических средств при выполнении лабораторных занятий.

Учебным планом по дисциплины предусмотрено 220 ч, из них аудиторных занятий – 120 ч (64 ч – лекции, 56 ч – лабораторные занятия).

Форма текущей аттестации – зачет во 5-ом и 6-ом семестре.

Форма получения высшего образования – очная.

Содержание учебного материала

Тема 1. Введение. Основные понятия

Предмет «Электроника и автоматизация измерений» и его задачи. Структура и содержание разделов курса. История развития электроники.

Электрический заряд. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Электрический потенциал и разность потенциалов. Электрический ток. Пассивные элементы цепи (идеальные и реальные). Сопротивление. Индуктивность. Емкость.

Тема 2. Анализ электрических цепей в режиме постоянного тока

Источники и приемники электрической энергии. Активные и пассивные элементы. Линейная электрическая цепь. Графическое изображение электрической цепи. Идеальный и реальный источник напряжения. Идеальный и реальный источник тока. Элементы электрической цепи.

Тема 3. Расчет электрических цепей в режиме постоянного тока

Первый закон Кирхгофа. Второй закон Кирхгофа. Закон Ома. Энергетический баланс в электрической цепи. Эквивалентные преобразования пассивных участков электрической цепи. Расчет цепей методом эквивалентных преобразований. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов.

Тема 4. Анализ линейных электрических цепей синусоидального тока

Основные определения и понятия переменного и однофазного синусоидального тока. Действующее и среднее значения тока. Сдвигом фаз. Получение синусоидальной ЭДС. Способы представления синусоидальных напряжений и токов. Анализ электрической цепи с пассивным двухполюсником.

Сопротивление, индуктивность и емкость в цепи синусоидального тока. Энергетические соотношения в цепях переменного тока. Активная, реактивная и полная мощность. Коэффициент мощности. Баланс мощностей для цепей синусоидального тока.

Последовательное соединение R-, L-, C-элементов. Анализ цепи при различных соотношениях реактивных сопротивлений. Резонанс напряжений. Параллельное соединение R-, L-, C-элементов и его анализ. Резонанс токов. Смешанное соединение R-, L-, C-элементов и его анализ.

Тема 5. Переходные процессы в линейных цепях

Понятие переходного процесса и коммутации. 1-й и 2-ой законы коммутации. Независимые и зависимые начальные условия. Принужденная и свободная составляющие. Классический метод расчета переходных процессов. Расчет переходного процесса для RL-цепи и RC-цепи. Время переходного процесса и постоянная времени.

Тема 6. Нелинейные электрические цепи

Определение нелинейных элементов. Параметры нелинейных резисторов. Методы расчета нелинейных цепей. Графический метод расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока. Расчет последовательного, параллельного и смешанного соединения.

Тема 7. Магнитные цепи и измерительные трансформаторы

Определение магнитного поля. Индукция, напряжённость, магнитный поток, магнитодвижущая сила. Магнитные свойства вещества. Кривая намагничивания. Петля гистерезиса. Законы магнитных цепей.

Закон непрерывности магнитного потока. Законы Ома и Кирхгофа для магнитной цепи. Аналогия магнитных и электрических цепей.

Принцип действия трансформатора, режимы работы. Измерительные трансформаторы.

Тема 8. Сигналы и их спектральный анализ

Классификация сигналов. Формы представления детерминированных сигналов. Цели и методы обработки физических сигналов. Спектральный анализ периодического и непериодического сигналов.

Тема 9. Преобразование сигналов линейными цепями с постоянными параметрами

Основные понятия линейных электрических цепей. Спектральный анализ цепи с линейными параметрами. RC-цепи интегрирующего типа (фильтры нижних частот). RC-цепи дифференцирующего типа (фильтры верхних частот). Частотно-избирательные цепи.

Тема 10. Электрические измерения и приборы

Виды измерений. Методы измерений. Метрологические характеристики электроизмерительных приборов. Классификация погрешностей. Классификация электроизмерительных приборов.

Измерение тока и напряжения. Измерение мощности в цепях постоянного тока. Измерение активной и реактивной мощности в однофазной цепи. Измерение активной и реактивной мощности в трехфазной цепи.

Учет производства и потребления электрической энергии. Электрические измерения неэлектрических величин. Параметрические и генераторные преобразователи. Цифровые измерительные приборы.

Тема 11. Системы схемотехнического моделирования и анализа аналоговых и цифровых схем

OrCAD – средства разработки и анализа аналоговых, цифровых и аналого-цифровых схем. Keil μ Vision2 – интегрированная среда разработки аппаратного и программного обеспечения микроконтроллерных систем. Multisim (Electronics Workbench), MAX PLUS II – средство описания проекта, эмуляции работы устройства и программирования ПЛИС.

Тема 12. Основные понятия автоматизации измерений

Основные понятия автоматизации. Цели и задачи автоматизации. Автоматизация измерительного процесса и этапы развития. Обобщенные структурные схемы процессов измерения и контроля. Основные принципы построения средств автоматизированного контроля.

Тема 13. Измерительные преобразователи

Основные понятия и определения. Классификация измерительных преобразователей. Физический принцип работы генераторных и параметрических датчиков Преобразователи неэлектрических величин в электрические сигналы, принципы работы.

Тема 14. Полупроводниковые приборы

Основные свойства полупроводников. Полупроводники n- и p-типа. Электронно-дырочный переход. Вольтамперная характеристика p-n – перехода. Полупроводниковые диоды. Классификация и отличия различных полупроводниковых диодов.

Биполярные транзисторы: устройство, режимы работы. Активный режим биполярного транзистора. Схемы включения транзисторов. Полевые транзисторы. МОП-транзисторы. Ключевой режим работы транзисторов.

Тема 15. Электронные усилители

Принцип устройства усилителей. Классификация и характеристики усилителей. Параметры многокаскадных усилителей. Усилители на биполярных транзисторах.

Тема 16. Обратная связь в усилителях

Комплексный коэффициент усиления усилителя с обратной связью. Отрицательная и положительная обратная связь. Типы обратной связи. Влияние отрицательной обратной связи на параметры усилителей.

Тема 17. Генерирование электрических колебаний

Основные сведения. Классификация генераторов. Генераторы гармонических колебаний и релаксационные генераторы. Структурная схема автогенератора. Условие возникновения колебаний в генераторах гармонических колебаний.

Тема 18. Представление информации в информационных системах

Системы счисления и коды. Кодирование символов. Перевод чисел из одной системы счисления в другую. Представление отрицательных чисел. Прямой, обратный и дополнительный коды.

Тема 19. Основы булевой алгебры

Булевы функции одной и двух переменных. Логические элементы. Совершенные нормальные формы. Минимизация булевых функций.

Тема 20. Элементная база цифровой электроники

Параметры логических ИС. Структура элементной базы цифровых

устройств. Интегральные схемы транзисторно-транзисторной логики. Логические схемы на МОП-полевых транзисторах. Логические схемы на КМОП-транзисторах.

Тема 21. Комбинационные схемы

Анализ и синтез комбинационных схем. Сумматоры и вычитатели. Схемы сравнения двоичных чисел. Преобразователи кода. Шифраторы и дешифраторы. Мультиплексоры и демультиплексоры.

Тема 22. Цифровые процессоры

Аппаратный и программный принцип реализации логики цифровых процессоров. Архитектура цифровых процессоров. Аппаратное и программное обеспечение. Базовая структура микропроцессорной системы. Шинная организация цифровых процессоров. Структурная схема микропроцессора. Команды микропроцессора. Способы адресации. Процесс выполнения команд.

Тема 23. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи

Характеристики аналого-цифровых преобразователей. Классификация аналого-цифровых преобразователей. Характеристики цифро-аналоговых преобразователей. Методы цифро-аналогового преобразования

Учебно-методическая карта дисциплины (дневная форма получения высшего образования)

Номер темы	Наименование темы и (или) содержание	Количество аудиторных часов				Номер методического средства	Учебно-методические материалы	Номер формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа			
Семестр 5								
1	Введение. Основные понятия	2	–	–	–	1, 2, 3	[1], [4]	1, 2
2	Анализ электрических цепей в режиме постоянного тока	2	–	4	–	1, 2, 3, 4	[1], [4]	1, 2, 4, 5
3	Расчет электрических цепей в режиме постоянного тока	2	–	4	–	1, 2, 3, 4	[1], [4]	1, 2, 4, 5
4	Анализ линейных электрических цепей синусоидального тока	6	–	8	–	1, 2, 3, 4	[1], [4]	1, 2, 4, 5
5	Переходные процессы в линейных цепях	2	–	4	–	1, 2, 3, 4	[1], [4]	1, 2, 4, 5
6	Нелинейные электрические цепи	2	–	–	–	1, 2, 3	[1], [4]	1, 2
7	Магнитные цепи и измерительные трансформаторы	4	–	–	–	1, 2, 3	[1], [4]	1, 2
8	Сигналы и их спектральный анализ	4	–	4	–	1, 2, 3, 4	[1], [2]	1, 2, 4, 5
9	Преобразование сигналов линейными цепями с постоянными параметрами	2	–	–	–	1, 2, 3	[1], [2]	1, 2
10	Электрические измерения и приборы	6	–	4	–	1, 2, 3, 4	[1], [2]	1, 2, 4, 5

11	Системы схемотехнического моделирования и анализа аналоговых и цифровых схем	2	–	–	–	1, 2, 3	[2], [4]	1, 2
-	ИТОГО	34		28				
Семестр 6								
12	Основные понятия автоматизации измерений	2	–	4	–	1, 2, 3, 4	[2], [4]	1, 2, 4, 5
13	Измерительные преобразователи	4	–	–	–	1, 2, 3	[2], [4]	1, 2
14	Полупроводниковые приборы	4	–	–	–	1, 2, 3	[2], [4]	1, 2
15	Электронные усилители	2	–	8	–	1, 2, 3, 4	[2], [4]	1, 2, 4, 5
16	Обратная связь в усилителях	2	–	4	–	1, 2, 3, 4	[2], [4]	1, 2, 4, 5
17	Генерирование электрических колебаний	2	–	–	–	1, 2, 3	[2], [4]	1, 2
18	Представление информации в информационных системах	2	–	–	–	1, 2, 3	[2], [4]	1, 2
19	Основы булевой алгебры	2	–	–	–	1, 2, 3	[2], [4]	1, 2
20	Элементная база цифровой электроники	2	–	4	–	1, 2, 3, 4	[2], [4]	1, 2, 4, 5
21	Комбинационные схемы	2	–	8	–	1, 2, 3, 4	[2], [4]	1, 2, 4, 5
22	Цифровые процессоры	4	–	–	–	1, 2, 3	[2], [4]	1, 2
23	Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи	2	–	–	–	1, 2, 3	[2], [4]	1, 2
	ИТОГО	30		28				

Информационно-методическая часть

Инновационные подходы и методы к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие инженерной культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Перечень лабораторных и практических работ и их содержание

№ п/п	Наименование тем	Содержание
1	Лабораторное занятие № 1. Моделирование и анализ электронных цепей с помощью программы OrCAD	1. Основные свойства и законы линейных электрических цепей постоянного тока 2. Анализ схем по постоянному току с помощью программы автоматизированного проектирования OrCAD 3. Вольтамперные характеристики элементов цепи
2	Лабораторное занятие № 2. Методы эквивалентных преобразований цепей	1. Преобразование с применением законов Кирхгофа 2. Преобразование смешанных соединений элементов 3. Преобразование соединений треугольника в звезду 4. Преобразование методом контурных токов 5. Преобразование методом узловых потенциалов
3	Лабораторное занятие № 3. Источники электрической энергии	1. Идеальный и реальные источники напряжения 2. Идеальный и реальные источники постоянного тока
4	Лабораторное занятие № 4. Моделирование цепей переменного тока	1. Моделирования цепей переменного тока с активным сопротивлением, емкостным и индуктивным элементами 2. Получение временных диаграмм напряжения, тока и мощности и фазового сдвига между током и напряжением 3. Построение векторных диаграмм токов и напряжений 4. Анализ мгновенной, полной, активной и реактивной мощностей в сопротивлении, емкости и индуктивности
5	Лабораторное занятие № 5. Моделирование цепей синусоидального тока с последовательным соединением активных и реактивных элементами	1. Моделирование цепи с последовательным соединением активных и реактивных элементов 2. Определение и анализ активного, реактивного и полного сопротивления цепи 3. Анализ влияния частоты напряжения на изменение сопротивления и тока цепи 4. Получение зависимости величины тока и его фазового сдвига относительно напряжения в зависимости от частоты

6	Лабораторная работа № 6. Спектральный анализ и синтез сигналов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ амплитудного и фазового спектров гармонического, сигнала, сигналов треугольной и прямоугольной формы 2. Проведение спектрального анализа с использованием метода Фурье 3. Синтез периодических сигналов
7	Лабораторное занятие № 7. Электрические измерения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Измерительные генераторы, электронные вольтметры, электронные осциллографы 2. Осциллографические измерения постоянных и переменных напряжений, частоты и фазы периодических сигналов 3. Измерение входных и выходных сопротивлений электронных устройств
8	Лабораторное занятие № 8. Исследование цепи интегрирующего типа	<ol style="list-style-type: none"> 1. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики RC-цепей интегрирующего типов 2. Переходная характеристика RC-цепей интегрирующего типов 3. Прохождение прямоугольных импульсов через RC-цепь интегрирующего типа 4. Последовательный и параллельный колебательный контур
9	Лабораторное занятие № 9. Исследование цепи дифференцирующего типа	<ol style="list-style-type: none"> 1. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики RC-цепей дифференцирующего типов 2. Переходная характеристика RC-цепей интегрирующего типов 3. Прохождение прямоугольных импульсов через RC-цепь интегрирующего типа
10	Лабораторное занятие № 10. Исследование последовательного колебательного контура	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристик контура 2. Влияние величины сопротивления на добротность контура 3. Исследование работы контура на резонансной частоте
11	Лабораторное занятие № 11. Обратные связи в усилителях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Последовательная отрицательная обратная связь по току в усилительном каскаде с ОЭ 2. Параллельная отрицательная обратная связь по напряжению в усилительном каскаде с ОЭ
12	Лабораторное занятие № 12. Моделирование логических элементов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Статическое и динамическое моделирование логических элементов 2. Таблицы истинности и получение структурных формул 3. Создание кодовых комбинаций 4. Логические элементы НЕ, 2И-НЕ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
13	Лабораторное занятие № 13. Минимизация и синтез схем из функциональных элементов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Совершенные дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы 2. Минимизация булевых функций с помощью карт Карно 3. Построение минимизированной комбинационной схемы из базовых элементов 4. Получите временной диаграммы и таблицы истинности комбинационной схемы

14	Лабораторное занятие № 14 Анализ комбинационных схем	1. Генерирование сигналов для анализа схемы 2. Построение комбинационных схем 3. Дешифраторы, мультиплексоры и демультимплексоры
----	---	--

Перечень методических средств (наглядных и других пособий, методических указаний, специального программного обеспечения и т.д.)

№ п.п.	Наименование или назначение	Вид
1	Проектор, компьютер, экран	Компьютерная мультимедийная проекционная система
2	Microsoft Windows	Операционная система
3	Microsoft Office	Прикладное программное обеспечение
4	OrCAD	Система автоматизированного проектирования

Формы контроля знаний

№ п/п	Форма
1	Выборочный контроль на лекциях
2	Проверка конспектов лекций студентов
3	Проведение контрольных работ на потоке
4	Тестирование перед проведением лабораторных занятий
5	Собеседование при защите отчетов по лабораторным занятиям
6	Аттестация по индивидуальной работе
7	Проведение зачета по курсу

Рекомендуемая литература

Основная

1. Синдеев, Ю. Г. Электротехника с основами электроники: учеб. пособие / Ю. Г. Синдеев. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2018. – 407 с.
2. Миловзоров, О. В. Электроника: учебник для прикл. бакалавриата / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков – Москва: Юрайт, 2019. – 334 с.
3. Шишмарёв В. Ю. Электрорадиоизмерения: учеб. для акад. бакалавриата / В. Ю. Шишмарёв, В. И. Шанин – Москва: Юрайт, 2019. – 336 с.
4. Яновский, В. П. Ядерная электроника и электротехника: учеб. пособие / В. П. Яновский. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 608 с.

Дополнительная

5. Алехин, В. А. OrCAD 17.2. Анализ и проектирование электронных устройств: учеб. пособие для вузов / В. А. Алехин. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2019. – 328 с.

6. Латышенко К. П. Автоматизация измерений, контроля и испытаний / К. П. Латышенко – Саратов: Вузовское образование, 2013. — 166 с.
7. Лурье, М. С. Электротехника и электроника: курс лекций / М. С. Лурье, О. М. Лурье. – Красноярск: СибГТУ, 2012. – 417 с.
8. Автоматизация измерений и контроля: Письменные лекции / Р. Н. Парахуда, В.И. Шевцов. – Санкт-Петербург: СЗТУ, 2002. – 75 с.

**Протокол согласования учебной программы
с другими дисциплинами специальности**

Название дисциплины, изучение которой связано с дисциплиной рабочей программы	Кафедра, обеспечивающая изучение этой дисциплины	Предложения кафедры об изменениях в содержании рабочей программы	Решение кафедры, разработавшей рабочую программу (с указанием даты и номера протокола)

Данная программа не требует согласования с другими дисциплинами

Зав. кафедрой энергоэффективных технологий

В.А. Пашинский