

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Парлюк Екатерина Петровна  
Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Дата подписания: 21.08.2023 15:14:11  
Уникальный программный ключ:  
7823a3d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики и  
энергетики имени В.П. Горячкина



Е.П. Парлюк

2023 г.

## Лист актуализации рабочей программы дисциплины

### Б1.В.ДВ.03.02 «Анализ и синтез систем автоматического управления»

для подготовки магистров

Направление: 35.04.06 Агроинженерия

Направленность: Электрооборудование и электротехнологии

Форма обучения: очная.


Год начала подготовки: 2022

Курс 1

Семестр 2

В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2023 г. начала подготовки.

Разработчик: Андреев С.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

« 23 » июля 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина протокол № 15 от «28» июля 2023 г.

Заведующий кафедрой: Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой  
автоматизации и роботизации  
технологических процессов  
имени академика И.Ф. Бородина

Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

« 28 » июля 2023 г.



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов  
имени академика И.Ф. Бородина

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики  
и энергетики имени В.П. Горячкина

И.Ю. Игнаткин

2022 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.ДВ.03.02 «Анализ и синтез систем автоматического управления»**

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 35.04.06 Агроинженерия

Направленность: Электрооборудование и электротехнологии

Курс 1

Семестр 2

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022 г.

Москва, 2022

Разработчик: Андреев С.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, учёное звание)

(подпись)  
« 29 » августа 2022 г.

Рецензент: Загинайлов В.И., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)  
« 29 » августа 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина протокол № 01  
« 29 » августа 2022 г.

Заведующий кафедрой Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

**Согласовано:**

/Председатель учебно-методической  
комиссии института механики и энергетики  
имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Протокол 01 « 30 » августа 2022 г.

Заведующий выпускающей кафедрой  
автоматизации и роботизации  
технологических процессов  
имени академика И.Ф.Бородина Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

« 29 » августа 2022 г.

/Заведующий отделом комплектования ЦНБ Ерминова Л.В.  
(подпись)

## Содержание

Аннотация.....	4
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....</b>	<b>6</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>9</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В СЕМЕСТРЕ.....	9
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	11
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>17</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>20</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	20
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	26
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>26</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	26
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	27
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ.....	27
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	28
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>28</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>29</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>30</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ. .31</b>	<b>31</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	32
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ.....</b>	<b>32</b>
<b>ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>32</b>



## **Аннотация**

### **рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.ДВ.03.02 «Анализ и синтез систем автоматического управления» для подготовки магистров по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии**

**Цель освоения дисциплины:** является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков структурирования и оценки работоспособности систем автоматического управления, исследования параметров автоколебательных режимов в нелинейных САУ, обоснования оптимальных структур управляющих устройств, определения структуры и параметров настройки регуляторов и способности выбирать методики проведения экспериментов для определения характеристик и динамических свойств звеньев систем автоматического управления и их взаимосвязей; применение базовых знаний современных цифровых технологий; развитие технической направленности мышления студентов.

Использование навыков владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др.

Демонстрация умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) Электрооборудование и электротехнологии Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3).

#### **Краткое содержание дисциплины:**

#### **Основы анализа и синтеза систем автоматического управления.**

Цель, задачи и особенности анализа и синтеза систем автоматического управления при исследовании, эксплуатации и проектировании систем автоматического управления сельскохозяйственного назначения. Классификация САУ. Типы и виды схем, используемых для изображения САУ. Разомнутые и замнутые САУ. Классификация воздействий. Формирование управляющего воздействия по отклонению управляемой величины и возмущающим факторам. Статические и динамические звенья САУ. Математическое описание звеньев. Типовые звенья систем. Правила преобразования структурных схем САУ. Определение передаточных функций САУ. Математические методы, используемые в теории автоматического управления. Понятия аналитических функций. обозначение внутренних и внешних воздействий в системах автоматического управления

#### **Анализ линейных систем автоматического управления**

Понятие устойчивости работы САУ. Метод А.М.Ляпунова оценки устойчивости линейных САУ. Методы решения характеристических уравнений замкнутых систем. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ. Причины, приводящие к неустойчивому режиму работы систем автоматического управления. Использование обратных связей для обеспечения устойчивости работы САУ. Определение характера переходного процесса по действительным, мнимым и комплексным корням характеристического уравнения.

### **Анализ нелинейных систем автоматического управления**

Характеристики нелинейных систем автоматического управления. Квазилинейные и дискретно-нелинейные САУ. Автоколебательные режимы работы. Методика определения амплитуды и частоты автоколебаний в дискретно-нелинейных системах автоматического управления. Использование метода фазовых траекторий при определении устойчивости нелинейных систем низкого порядка. Трапецеидальный способ построения кривой переходного процесса нелинейной САУ. Метод оценки абсолютной устойчивости А.С.Попова.

### **Синтез оптимальных систем автоматического управления**

Формализация технологических требований к качеству работы САУ с помощью допустимых значений коэффициентов ошибок. Методика определения математического описания оптимальных систем. Определение структуры и параметров настройки оптимального регулятора. Классификация методов определения структуры и параметров настройки оптимальных управляющих устройств. Особенности. Методика выбора промышленных регуляторов и микропроцессорных устройств для формирования управляющих воздействий

**Общая трудоемкость дисциплины:** 3 зачетных единиц (108 часов/в том числе практическая подготовка 4 часа).

**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой.

## **1. Цель освоения дисциплины**

**Целью освоения дисциплины** «Анализ и синтез систем автоматического управления» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков структурирования и оценки работоспособности систем автоматического управления, исследования параметров автоколебательных режимов в нелинейных САУ, обоснования оптимальных структур управляющих устройств, определения структуры и параметров настройки регуляторов и способности выбирать методики проведения экспериментов для определения характеристик и динамических свойств звеньев систем автоматического управления и их взаимосвязей; применение базовых знаний современных цифровых технологий; развитие технической направленности мышления студентов.

Использование навыков владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др.

Демонстрация умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Анализ и синтез систем автоматического управления» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) Электрооборудование и электротехнологии Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Дисциплина «Анализ и синтез систем автоматического управления» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Анализ и синтез систем автоматического управления» являются курсы: технические средства управления (1 курс, 1 семестр), основы эффективного управления технологическими процессами в АПК (1 курс, 1 семестр).

Дисциплина «Анализ и синтез систем автоматического управления» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: роботизированные системы управления (2 курс, 3 семестр), автоматизация электротехнологических процессов в АПК (2 курс, 4 семестр).

Знания и умения по дисциплине «Анализ и синтез систем автоматического управления» используются при подготовке магистрами выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

Приобретенные навыки, необходимы для проектирования, эффективного использования и обслуживания систем автоматического управления.

Рабочая программа дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
2.	ПКос-1	Способен выбирать методики проведения экспериментов и испытаний, анализировать их результаты	ПКос-1.1 Знает методики проведения экспериментов и испытаний, методы анализа их результаты	методики проведения экспериментов для определения характеристик и динамических свойств систем автоматического управления и их взаимосвязей; назначение современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	выбирать методики проведения экспериментов для определения характеристик и динамических свойств систем автоматического управления и их взаимосвязей; применять современные цифровые инструменты (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	навыками применения методик проведения экспериментов для определения характеристик и динамических свойств систем автоматического управления и их взаимосвязей; навыками применения современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)
			ПКос-1.2 Умеет выбирать методики проведения экспериментов и испытаний, анализировать их результаты	методы анализа методик проведения экспериментов и испытаний, анализировать их результаты; программное обеспечение: Excel, Word, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart и др.	применять методы анализа методик проведения экспериментов и испытаний, анализировать их результаты; применять программное обеспечение: Excel, Word, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart и др.	навыками применения методов анализа методик проведения экспериментов и испытаний, анализировать их результаты; навыками обработки и интерпретации полученных результатов с помощью программных продуктов Excel, Word,



						Power Point, Mentimeter, Pictochart и др.
			<p>ПКос-1.3 Владеет навыками применения методик проведения экспериментов и испытаний, анализа их результаты</p>	<p>методы анализа современных методик проведения экспериментов и испытаний, анализировать их результаты; программные продукты Excel, Word, Power Point и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom</p>	<p>применять методы анализа современных методик проведения экспериментов и испытаний, анализировать их результаты; применять программные продукты Excel, Word, Power Point и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom</p>	<p>навыками применения методов анализа современных методик проведения экспериментов и испытаний, анализировать их результаты; навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов Excel, Word, Power Point и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom; навыками анализа и представления информации в различных формах: традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители)</p>

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 часов, в том числе практическая подготовка 4 часа), их распределение по видам работ в семестре № 4 представлено в таблице 2.

Таблица 2

#### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость час. всего/*	
	час. всего/*	в т.ч. семестре
		№ 4
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>108/4</b>	<b>108/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>36,35/4</b>	<b>36,35/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>36,35/4</b>	<b>36,35/4</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	12	12
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	24/4	24/4
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>71,65</b>	<b>71,65</b>
<i>контрольная работа</i>	10	10
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям.)</i>	52,65	52,65
<i>Подготовка к зачету с оценкой (контроль)</i>	<b>9</b>	<b>9</b>
Вид промежуточного контроля:	Зачет с оценкой	

\* в том числе практическая подготовка

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

#### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего всего/*	Аудиторная работа				Внеауди- торная работа СР
		Л	ПЗ всего/*	ЛР	ПКР	
Раздел 1 Основы анализа и синтеза систем автоматического управления»	20	2	4			14
Раздел 2 «Анализ линейных систем автоматического управления «	34/2	6	12/2			16
Раздел 3 «Анализ нелинейных систем автоматического управления»	22/2	2	4/2			16
Раздел 4 «Синтез оптимальных систем автоматического управления»	22,65	2	4			16,65
<i>контактная работа на промежуточном</i>	0,35				0,35	

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего всего/*	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа
		Л	ПЗ всего/*	ЛР	ПКР	
контроле (КРА)						
Подготовка к зачету с оценкой (контроль)	9					9
<b>Всего за 2 семестр</b>	108/4	12	24/4		0,35	71,65
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108/4</b>	12	<b>24/4</b>		<b>0,35</b>	<b>71,65</b>

\* в том числе практическая подготовка

## Раздел 1. Основы анализа и синтеза систем автоматического управления

Тема 1. Основы и особенности анализа и синтеза систем автоматического управления.

Рассматриваемые вопросы.

Цель, задачи и особенности анализа и синтеза систем автоматического управления при исследовании, эксплуатации и проектировании систем автоматического управления сельскохозяйственного назначения. Классификация САУ. Типы и виды схем, используемых для изображения САУ. Разомкнутые и замкнутые САУ. Классификация воздействий. Формирование управляющего воздействия по отклонению управляемой величины и **возмущающим факторам**. Статические и динамические звенья САУ. Математическое описание звеньев. Типовые звенья систем. Правила преобразования структурных схем САУ. Определение передаточных функций САУ. Математические методы, используемые в теории автоматического управления. Понятия аналитических функций. Обозначение внутренних и внешних воздействий в системах автоматического управления

## Раздел 2. Анализ линейных систем автоматического управления

Тема 2. Оценка устойчивости и показателей качества работы линейных систем автоматического управления

Рассматриваемые вопросы.

Понятие устойчивости работы САУ. Метод А.М. Ляпунова оценки устойчивости линейных САУ. Методы решения характеристических уравнений замкнутых систем. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ. Причины, приводящие к неустойчивому режиму работы систем автоматического управления. Использование обратных связей для обеспечения устойчивости работы САУ. Определение характера переходного процесса по действительным, мнимым и комплексным корням характеристического уравнения.

## Раздел 3. Анализ нелинейных систем автоматического управления

Тема 3. Анализ динамических свойств нелинейных систем автоматического управления

Рассматриваемые вопросы

Характеристики нелинейных систем автоматического управления. Квазилинейные и дискретно-нелинейные САУ. Автоколебательные режимы работы. Методика определения амплитуды и частоты автоколебаний в

дискретно-нелинейных системах автоматического управления. Использование метода фазовых траекторий при определении устойчивости нелинейных систем низкого порядка. Трапецеидальный способ построения кривой переходного процесса нелинейной САУ. Метод оценки абсолютной устойчивости А.С.Попова.

#### **Раздел 4. Синтез оптимальных систем автоматического управления**

Тема 4. Синтез оптимальных систем автоматического управления по известным математическим описаниям объектов управления и технологических требований

Рассматриваемые вопросы

Формализация технологических требований к качеству работы САУ с помощью допустимых значений коэффициентов ошибок. Методика определения математического описания оптимальных систем. Определение структуры и параметров настройки оптимального регулятора. Классификация методов определения структуры и параметров настройки оптимальных управляющих устройств. Особенности. Методика выбора промышленных регуляторов и микропроцессорных устройств для формирования управляющих воздействий.

### **4.3 Лекции и практические занятия**

Таблица 4

#### **Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия**

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/из них практическая подготовка
1.	<b>Раздел 1. Основы анализа и синтеза систем автоматического управления</b>				<b>6</b>
	<b>Тема 1. Основы и особенности анализа и синтеза систем автоматического управления</b>	Лекция № 1. Цель, задачи и особенности анализа и синтеза систем автоматического управления при анализе и синтезе систем автоматического управления сельскохозяйственного назначения. Классификация САУ. Типы и виды схем, используемых для изображения САУ. Разомнутые и замнутые САУ.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Классификация воздействий. Формирование управляющего воздействия по отклонению управляемой величины и возмущающим факторам. Статические и динамические звенья САУ. Математическое описание звеньев. Типовые звенья систем. Правила преобразования структурных схем САУ. Определение передаточных функций САУ. (мультимедиа-лекция) Power Point			
		Практическое занятие № 1. Преобразование принципиальных схем САУ в функциональные.. Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос	2
		Практическое занятие № 2. Примеры математического описания элементов систем автоматического управления. Преобразование дифференциальных уравнений в передаточные функции и частотные характеристики. Преобразование структурных схем САУ. Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос	2
2.	<b>Раздел 2. Анализ линейных систем автоматического управления</b>				<b>18/2</b>
	<b>Тема 2. Оценка устойчивости и</b>	Лекция № 2. Понятие устойчивости работы	ПКос-1. (ПКос-1.1,		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	показателей качества работы линейных систем автоматического управления	САУ. Метод А.М.Ляпунова оценки устойчивости линейных САУ. Методы решения характеристических уравнений замкнутых систем. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ. (с мультимедиа элементами)	ПКос-1.2, ПКос-1.3)		
		Практическое занятие № 3. Решение задач на оценку устойчивости САУ методом А.М. Ляпунова Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2/2
		Практическое занятие № 4. Решение задач на оценку устойчивости линейных САУ алгебраическими критериями Вышнеградского, Рауса и Гурвица. Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Лекция № 3 Частотные критерии устойчивости Найквиста и Михайлова. Методика построения частотных характеристик. Построение областей устойчивости линейных САУ. (мультимедиа-лекция) Power Point	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)		2
		Практическое занятие № 5 Решение задач на определение устойчивости линейных САУ с	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях	2



№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		помощью критериев Найквиста и Михайлова. Mentimeter.		ограничения времени	
		Практическое занятие № 6. Примеры определения областей изменения параметров характеристического уравнения, обеспечивающих устойчивое состояния линейных САУ. Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос	2
		Лекция № 4 Показатели качества работы САУ. Методика определения коэффициентов ошибок в установившемся режиме, коэффициента ошибки по скорости и коэффициента ошибки по ускорению. Интегральные критерии оценки качества работы САУ. Определение показателей качества САУ по кривой переходного процесса. Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)		2
		Практическое занятие № 7. Расчет коэффициентов ошибок в замкнутых линейных системах автоматического управления. Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос	2
		Практическое занятие № 8. Построение кривых переходных процессов САУ и определение по ним показателей качества работы.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Mentimeter.			
3.	<b>Раздел 3. Анализ нелинейных систем автоматического управления</b>				<b>6/2</b>
	<b>Тема 3.</b> Анализ динамических свойств нелинейных систем автоматического управления	Лекция № 5. Характеристики нелинейных систем автоматического управления. Квазилинейные и дискретно-нелинейные САУ. Автоколебательные режимы работы. Методика определения амплитуды и частоты автоколебаний в дискретно-нелинейных системах автоматического управления (мультимедиа-лекция) Power Point	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)		2
		Практическое занятие № 9. Решение задач на определение амплитуды и частоты автоколебаний дискретно-нелинейных САУ методом гармонической линеаризации Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2/2
		Практическое занятие № 10. Расчет автоколебаний в САУ. Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос	2
4.	<b>Раздел 4. Синтез оптимальных систем автоматического управления</b>				<b>6</b>
	<b>Тема 4.</b> Синтез оптимальных систем автоматического управления по известным математическим описаниям	Лекция № 6. Формализация технологических требований к качеству работы САУ с помощью допустимых значений коэффициентов	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	объектов управления и технологических требований	ошибок. Методика определения математического описания оптимальных систем. Определение структуры и параметров настройки оптимального регулятора (мультимедиа-лекция) Power Point			
		Практическое занятие № 11. Решение задач на определение математического описания оптимальных систем по заданным технологическим требованиям и передаточным функциям объектов управления Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Практическое занятие № 12. Синтез оптимальных систем автоматического управления по известным математическим описаниям объектов управления и технологических требований. Mentimeter.	ПКос-1. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)	Устный опрос	2

#### 4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1 «Основы анализа и синтеза систем автоматического управления»</b>		
1.	Тема 1. Основы и особенности анализа	Математические методы, используемые при анализе и синтезе систем автоматического управления. Понятия аналитических

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	и синтеза систем автоматического управления	функций. бозначение внутренних и внешних воздействий в системах автоматического управления ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)
<b>Раздел 2 «Анализ линейных систем автоматического управления»</b>		
2.	Тема 2. Оценка устойчивости и показателей качества работы линейных систем автоматического управления	Причины, приводящие к неустойчивому режиму работы систем автоматического управления. Использование обратных связей для обеспечения устойчивости работы САУ. Определение характера переходного процесса по действительным, мнимым и комплексным корням характеристического уравнения. ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)
<b>Раздел 3 «Анализ нелинейных систем автоматического управления»</b>		
3.	Тема 3. Анализ динамических свойств нелинейных си систем автоматического управления	Использование метода фазовых траекторий при определении устойчивости нелинейных систем низкого порядка. Трапецеидальный способ построения кривой переходного процесса нелинейной САУ. Метод оценки абсолютной устойчивости А.С.Попова. ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)
<b>Раздел 4 «Синтез оптимальных систем автоматического управления»</b>		
4.	Тема 4. Синтез оптимальных систем автоматического управления по известным математическим описаниям объектов управления и технологических требований	Классификация методов определения структуры и параметров настройки оптимальных управляющих устройств. Особенности. Методика выбора промышленных регуляторов и микропроцессорных устройств для формирования управляющих воздействий ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-1.3)

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания применяется, в основном, традиционная (объяснительно-иллюстративная) технология обучения. Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологии:

- основные формы теоретического обучения: лекции, индивидуальные консультации;
- основные формы практического обучения: практические занятия;
- дополнительные формы организации обучения: самостоятельная работа студентов.

– цифровые технологии (проблемное обучение, информационно-коммуникационная технология, проектное обучение, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom).

Кроме этого, при проведении занятий предусмотрено использование современных методов обучения, указанных в таблице 6.

Таблица 6

**Применение активных и интерактивных образовательных технологий**

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Цель, задачи и особенности анализа и синтеза систем автоматического управления сельскохозяйственного назначения. Классификация САУ. Типы и виды схем, используемых для изображения сау. Разомнутые и замнутые САУ. Классификация воздействий. Формирование управляющего воздействия по отклонению управляемой величины и возмущающим факторам. Статические и динамические звенья САУ. Математическое описание звеньев. Типовые звенья систем. Правила преобразования структурных схем САУ. Определение передаточных функций САУ.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
2	Понятие устойчивости работы САУ. Метод А.М.Ляпунова оценки устойчивости линейных САУ. Методы решения характеристических уравнений замкнутых систем. Алгебраические критерии устойчивости линейных САУ.	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
3	Частотные критерии устойчивости Найквиста и Михайлова. Методика построения частотных характеристик. Построение областей устойчивости линейных САУ.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
4	Показатели качества работы САУ. Методика определения	Л	Технология проблемного обучения (лекция-беседа).

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
	<p>коэффициентов ошибок в установившемся режиме, коэффициента ошибки по скорости и коэффициента ошибки по ускорению. Интегральные критерии оценки качества работы САУ. Определение показателей качества САУ по кривой переходного процесса.</p>		
5.	<p>Характеристики нелинейных систем автоматического управления. Квазилинейные и дискретно-нелинейные САУ. Автоколебательные режимы работы. Методика определения амплитуды и частоты автоколебаний в дискретно-нелинейных системах автоматического управления</p>	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
6.	<p>Формализация технологических требований к качеству работы САУ с помощью допустимых значений коэффициентов ошибок. Методика определения математического описания оптимальных систем. Определение структуры и параметров настройки оптимального регулятора</p>	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
7.	<p>Преобразование принципиальных схем САУ в функциональные.</p>	ПЗ	Технология контекстного обучения.
8.	<p>Примеры математического описания элементов систем автоматического управления. Преобразование дифференциальных уравнений в передаточные функции и частотные характеристики. Преобразование структурных схем САУ.</p>	ПЗ	Технология контекстного обучения.
9.	<p>Решение задач на оценку устойчивости САУ методом А.М. Ляпунова.</p>	ПЗ	Технология контекстного обучения.



№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
10..	Решение задач на оценку устойчивости линейных САУ алгебраическими критериями Вышнеградского, Рауса и Гурвица.	ПЗ	Технология контекстного обучения.
11.	Решение задач на определение устойчивости линейных САУ с помощью критериев Найквиста и Михайлова.	ПЗ	Технология контекстного обучения.
12.	Примеры определение областей изменения параметров характеристического уравнения, обеспечивающих устойчивое состояния линейных САУ.	ПЗ	Технология контекстного обучения.
13	Расчет коэффициентов ошибок в замкнутых линейных системах автоматического управления.	ПЗ	Технология контекстного обучения.
14	Построение кривых переходных процессов САУ и определение по ним показателей качества работы.	ПЗ	Технология контекстного обучения.
15	Решение задач на определение амплитуды и частоты автоколебаний дискретно-нелинейных САУ методом гармонической линеаризации	ПЗ	Технология контекстного обучения.
16	Расчет автоколебаний в САУ.	ПЗ	Технология контекстного обучения.
17	Решение задач на определение математического описания оптимальных систем по заданным технологическим требованиям и передаточным функциям объектов управления.	ПЗ	Технология контекстного обучения.
18	Синтез оптимальных систем автоматического управления по известным математическим описаниям объектов управления и технологических требований	ПЗ	Технология контекстного обучения.

## **6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

При изучении разделов дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, вопросы к устному опросу студентов на практических занятиях; решение типовых задач, в том числе в условиях ограничения времени; выполнение контрольной работы.

**Промежуточный контроль знаний:** зачет с оценкой.

### **6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

1) При изучении дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы.

Задачей контрольной работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы, а также навыков поиска (применяя электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru), анализа и представления информации в различных формах: традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители).

Для выполнения контрольной работы студенту следует изучить теоретический материал по литературе (учебникам и учебным пособиям), конспектам лекций.

Контрольную работу студенты выполняют во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носят расчетный характер и оформляются работы в текстовом редакторе Microsoft Word и Microsoft Excel для составления таблиц, диаграмм и вычисления простых и сложных функций.

Задачей контрольной работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы.

Примерная тема контрольной работы

Анализ динамических свойств линейных систем автоматического управления

**Задание.** Определить структуру и параметры настройки оптимального регулятора для системы автоматического управления. Система автоматического управления содержит объект управления, регулятор, датчик и

исполнительный механизм. Передаточная функция исполнительного механизма имеет вид:  $W(p) = \frac{35}{4p+1}$

Вариант контрольной работы выдает преподаватель. Исходные данные для своего варианта, которыми являются: передаточная функция объекта управления, допустимые значения коэффициентов ошибок, передаточная функция датчика, приведены в таблице 7.

Таблица 7

Варианты задания к контрольной работе

Номер варианта	Передаточная функция объекта управления	Допустимые значения коэффициентов ошибок	Передаточные функции датчика
1	2	3	4
1	$\frac{23}{2p^2 + 3p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,1$	$\frac{2}{0,8p + 1}$
2	$\frac{4}{p}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,05$	$\frac{3}{4p}$
3	$\frac{7}{2p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0,02$ $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{20}{3,8p^2 + 4,6p + 1}$
4	$\frac{3(p + 1)}{6p + 1}$	$k_{0x} = 0,03$ $k_{1x}$ не регламентируется $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{2}{0,8p + 1}$
5	$\frac{0,6}{27p^2 + 2p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,01$	$\frac{30}{p}$
6	$\frac{12}{p}$	$k_{0x} = 0,01$ $k_{1x}$ не регламентируется $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{0,07}{40p^2 + 5p + 1}$
7	$\frac{6,5}{10p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,06$	$\frac{2}{0,8p + 1}$
8	$\frac{40(p + 1)}{3p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0,02$ $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{0,22}{2p}$
9	$\frac{48}{0,6p^2 + 12p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,07$	$\frac{21}{34p^2 + 78p + 1}$

10	$\frac{3}{p}$	$k_{0x} = 0,04$ $k_{1x}$ не регламентируется $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{5,5}{0,01p + 1}$
11	$\frac{8}{88p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,08$	$\frac{1}{p}$
12	$\frac{10(p + 1)}{3p + 1}$	$k_{0x} = 0,2$ $k_{1x}$ не регламентируется $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{1}{0,5p^2 + 11p + 1}$
13	$\frac{4,5}{0,7p^2 + 2p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,05$	$\frac{16}{33p + 1}$
14	$\frac{7,5}{p}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0,02$ $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{50}{25p}$
15	$\frac{3,8}{22p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,04$	$\frac{66}{2p^2 + 0,6p + 1}$
16	$\frac{50(p + 1)}{2p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,07$	$\frac{0,4}{12p + 1}$
17	$\frac{19}{25p^2 + 0,2p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0,09$ $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{2}{p}$
18	$\frac{22}{p}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,04$	$\frac{1,7}{44p^2 + 45p + 1}$
19	$\frac{0,01}{200p + 1}$	$k_{0x} = 0,03$ $k_{1x}$ не регламентируется $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{46}{3,5 - p + 1}$
20	$\frac{3,2(p + 1)}{32p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,1$	$\frac{17}{4p}$

21	$\frac{1500}{7p^2 + 0,02p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0,08$ $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{0,01}{300p^2 + 14,8p + 1}$
22	$\frac{17}{p}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0,06$ $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{2}{0,8p + 1}$
23	$\frac{40}{6p + 1}$	$k_{0x} = 0,1$ $k_{1x}$ не регламентируется $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{5}{0,4p}$
24	$\frac{9,8(p + 1)}{30p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0$ $k_{2x}^2 = 0,02$	$\frac{1,9}{5p^2 + 0,6p + 1}$
25	$\frac{50}{4,4p^2 + 8,2p + 1}$	$k_{0x} = 0$ $k_{1x} = 0,02$ $k_{2x}^2$ не регламентируется	$\frac{2}{0,8p + 1}$

2) Пример перечня вопросов для устного опроса студентов для текущего контроля знаний обучающихся:

**По разделу 1 «Основы анализа и синтеза систем автоматического управления»  
Теме 1. Основы и особенности анализа и синтеза систем автоматического управления**

Практическое занятие № 1. Преобразование принципиальных схем САУ в функциональные.

Вопросы к устному опросу

1. В чем заключается принцип автоматического управления по отклонению управляемой величины?
2. Почему принцип управления «по возмущению» обычно применяется в комбинации с другими принципами?
3. Какие виды принципиальных схем используются для графического изображения систем автоматического управления?
4. Что понимается под аналитической функцией?
5. Какие технические средства используются для формирования управляющего воздействия в разомкнутых системах?

3) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся (решение задач на ПК в режиме ограничения времени):

**По разделу 2. Анализ линейных систем автоматического управления  
Теме 2. Оценка устойчивости и показателей качества работы линейных систем автоматического управления**

С учетом элементов практической подготовки – связанных с будущей профессиональной деятельностью  
(Решение задач на ПК в режиме ограничения времени)

**Практическое занятие № 3.** Решение задач на оценку устойчивости САУ методом А.М. Ляпунова.

**Задача 1.** Определить устойчивость системы автоматического управления по методу А.М. Ляпунова при известном характеристическом уравнении вида  $76p^2 + 10p + 2 = 0$

**Задача 2.** Определить устойчивость САУ по корням характеристического уравнения, если передаточная функция замкнутой структуры имеет вид:

$$W(p) = \frac{76p+8}{13p^2+64p+1}$$

**Задача 3.** Определить устойчивость САУ по ее характеристическому уравнению

$$2p^3 + 4p^2 + 10p + 3 = 0, \text{ пользуясь критерием Вышнеградского.}$$

**Задача 4.**

Определить устойчивость САУ, обладающей передаточной функцией

$$W(p) = \frac{43p^3+18p^2+5p+6}{21p^4+8p^3+10p^2+p}, \text{ с помощью критерия Гурвица}$$

4) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой):

1. Определение и классификация систем автоматического управления.
2. Типы и виды схем САУ.
3. Принцип управления «по отклонению»
4. Принцип управления «по возмущению»
5. Классификация воздействий в САУ.
6. Обобщенная функциональная схема САУ.
7. Статические звенья САУ.
8. Линейные статические звенья.
9. Квазилинейные статические звенья и их математическое описание.
10. Дискретно-нелинейные статические звенья и их математическое описание.
11. Динамические звенья САУ.
12. Способы математического описания динамических звеньев.
13. Составление дифференциальных уравнений динамических звеньев.
14. Составление передаточных функций динамических звеньев.
15. Графики переходных процессов.
16. Графики весовых функций.
17. Фазовые траектории.



18. Частотные характеристики динамических звеньев САУ.
19. Амплитудно-частотные характеристики.
20. Фазо-частотные характеристики.
21. Амплитудно-фазо-частотные характеристики.
22. Логарифмические амплитудно- и фазочастотные характеристики.
23. Типовые звенья САУ и их передаточные функции.
24. Характеристики безынерционного усилительного звена.
25. Характеристики идеального интегрирующего звена.
26. Характеристики апериодического звена первого порядка.
27. Характеристики идеального дифференцирующего звена.
28. Характеристики реального интегрирующего звена.
29. Характеристики реального дифференцирующего звена.
30. Характеристики апериодического звена второго порядка.
31. Характеристики колебательного звена.
32. Правила преобразования структурных схем.
33. Определение передаточной функции последовательно соединенных звеньев.
34. Определение передаточной функции параллельно соединенных звеньев.
35. Определение передаточных функций систем по задающему и возмущающему воздействиям.
36. Линейные и нелинейные САУ.
37. Понятия устойчивости работы САУ и методы ее оценки.
38. Метод А.М. Ляпунова определения устойчивости линейных САУ.
39. Определение вида графика переходного процесса по корням характеристического уравнения.
40. Алгебраический критерий устойчивости Вышнеградского.
41. Алгебраический критерий устойчивости Рауса.
42. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица.
43. Частотный критерий устойчивости Найквиста.
44. Частотный критерий устойчивости Михайлова.
45. Критерий абсолютной устойчивости А.С. Попова.
46. Определение областей устойчивого состояния САУ.
47. Методы построения графиков переходных процессов.
48. Показатели качества работы САУ, определяемые по графикам переходных процессов.
49. Интегральные критерии качества.
50. Определение передаточной функции САУ по ошибке.
51. Коэффициент ошибки в установившемся режиме.
52. Коэффициент ошибки по скорости.
53. Коэффициент ошибки по ускорению.
54. Структурная коррекция САУ.
55. Параметрическая коррекция САУ.
56. Автоколебательный режим работы системы автоматического управления.
57. Определение параметров автоколебаний методом гармонической линеаризации.

58. Определение параметров автоколебаний методом дискретных преобразований.
59. Определение передаточных функций оптимальных САУВ.
60. Определение структуры и параметров настройки оптимальных регуляторов.

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Анализ и синтез систем автоматического управления» применяется **традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Критерии выставления оценок по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» представлены в таблице 8.

Таблица 8

### Критерии оценивания результатов обучения (зачет с оценкой)

Оценка	Критерии оценивания
<b>Высокий уровень «5» (отлично)</b>	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – высокий.</b>
<b>Средний уровень «4» (хорошо)</b>	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
<b>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</b>	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – достаточный.</b>
<b>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</b>	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## 7.1 Основная литература

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления [Электронный ресурс]: учебник для вузов / И. Ф. Бородин, С. А. Андреев. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. дан.col. –Москва: Юрайт, 2022. – 386 с. - (Высшее образование). – Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. – URL: <https://urait.ru/bcode/471866> (дата обращения: 10.09.2021).
2. Судник, Ю.А. Системы автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Судник, В. В. Солдатов; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). - Электрон. текстовые дан. – Москва: [б. и.], 2022. – 490 с. – URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/s29122022SUDNIK.pdf>. Режим доступа:
3. Юревич, Е. И. Теория автоматического управления [Текст]: для студентов и аспирантов технических вузов / Е.И. Юревич. – 4-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2020. – 560 с.
4. Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления: классические и современные разделы [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов / Б. А. Федосенков. - Кемерово: КемГУ, 2018. – 322 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/107707> - ISBN 978-5-8353-2207-7

## 7.2 Дополнительная литература

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления [Текст]: учебник для вузов / И. Ф. Бородин, С.А. Андреев. - 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2019. – 386 с.
2. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления [Текст]: учебник для вузов / И. Ф. Бородин, С. А. Андреев С.А. – М. : КолосС, 2005. – 351 с. - (Учебники и учеб. пособия для сред. спец. учеб. заведений).
3. Пупков, К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления [Текст]: / авт. ред. К.А. Пупков; авт.: Н.Д. Егупов , А.И. Баркин – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004 – с.
4. Рогов, В.А. Средства автоматизации и управления [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. А. Рогов, А. Д. Чудаков. - 2-е изд., испр. и доп. – Электрон. дан.col. – Москва: Юрайт, 2021. – 352 с. - (Высшее образование). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. – URL: <https://urait.ru/bcode/470798> (дата обращения: 10.09.2021).
5. Рогов, В.А. Средства автоматизации и управления [Текст] : учебник для академического бакалавриата / В. А. Рогов, А. Д. Чудаков. - 2-е изд., испр. и доп. – Электрон. дан.col. – Москва: Юрайт, 2019. – 352 с.
6. Федоренко, В.Ф. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития [Текст]: научное издание / В.Ф. Федоренко В.Ф., Н.П. Мишуоров, Д.С.

Булгакин, В.Я. Гольпякин, И.Г. Голубев – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2019. – 314 с.

### **7.3 Нормативные правовые акты**

1. ГОСТ Р МЭК 60204.1–99. Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Ч. 1. Общие требования.
2. ГОСТ 14254–96 (МЭК 529-89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP).
3. ГОСТ 2.710–81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
4. ГОСТ 2.755–87 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
5. ГОСТ 2.709–89 ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических системах.
6. ГОСТ 2.759–82. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники.
7. Правила устройства электроустановок [Текст]: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. 6-е изд. и 7-е изд. – Новосибирск: Норматика, 2019. – 462 с.
8. СНиП23-05-95. Естественное и искусственное освещение (СП 52.13330.2010)
9. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*

### **7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Анализ и синтез систем автоматического управления» являются лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции и практические занятия проводятся в группах.

На лекциях излагается теоретический материал, практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

В учебном процессе рекомендуется использовать следующее программное обеспечение: Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др., электронные ресурсы технических библиотек, а также интернет-ресурсы:

1. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ).
2. <http://www.electrolibrary.info> (электронная электротехническая библиотека) (открытый доступ).

3. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (открытый доступ).

4. <http://www.rsl.ru> (официальный сайт Российской государственной библиотеки) (открытый доступ).

5. <http://www.cnshb.ru/elbib.shtm> (электронная библиотека ЦНСХБ) (открытый доступ).

6. Центральная научная библиотека им. Н.И. Железнова [www.library.timacad.ru/](http://www.library.timacad.ru/) (открытый доступ).

7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/> (открытый доступ).

– <https://psytests.org/iq/shtur/shturA-run.html>

– <https://portal.timacad.ru>

– <https://onlinetestpad.com/vmptgicdboani>

– <https://www.mentimeter.com/>

Определяются преподавателем при организации самостоятельной работы студента в процессе решения конкретных задач.

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1. Основы анализа и синтеза систем автоматического управления	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2016
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2016
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования	Autodesk	2020
		Power Point Mentimeter	(САПР) Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Microsoft	2016 2014
2.	Раздел 2 «Анализ линейных систем автоматического управления»	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2016
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2016
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования	Autodesk	2020
		Power Point Mentimeter	(САПР) Презентация <a href="https://">https://</a>	Microsoft	2016 2014

			<a href="http://www.mentimeter.com/">www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени		
3.	Раздел 3. «Анализ нелинейных систем автоматического управления»	Microsoft Word Microsoft Excel  AutoCad  Power Point Mentimeter	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Microsoft Microsoft  Autodesc  Microsoft	2016 2016  2020  2016 2014
4.	Раздел 4 «Синтез оптимальных систем автоматического управления»	Microsoft Word Microsoft Excel  AutoCad  Power Point Mentimeter	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Microsoft Microsoft  Autodesc  Microsoft	2016 2016  2020  2016 2014

**10.** Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

**Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями**

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Корпус № 24, аудитория № 304	Компьютерный класс:

	<p>11 компьютеров с инвентарными номерами:</p> <p>1) 210134000002649</p> <p>2) 210134000003202</p> <p>3) 210134000003200</p> <p>4) 210134000002928</p> <p>5) 210134000003201</p> <p>6) 210134000003204</p> <p>7) 210134000003208</p> <p>8) 210134000003206</p> <p>9) 210134000003203</p> <p>10) 210134000003207</p> <p>11) 210134000003205</p>
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет – доступом.	
Общежития № 4 и № 5. Комнаты для самоподготовки.	

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Учебная дисциплина «Анализ и синтез систем автоматического управления» является одной из основных в направлении 35.04.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии. В этом курсе студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при анализе линейных и нелинейных систем автоматического управления, а также о синтезе оптимальных систем автоматического управления.

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

- лекции (занятия лекционного типа);
- практические занятия (занятия семинарского типа);
- индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;
- самостоятельная работа обучающихся;
- занятия иных видов.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» сводятся к

следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на **лекциях**. Самостоятельно производить расчеты элементов электротехнологического оборудования с использованием электронных таблиц, математических пакетов и моделирующих программ. Используя информационные технологии, знакомиться с существующими электронными системами. Организовать электронное хранилище информации по своей направленности и заносить туда собранную информацию и выполненные работы.

2. На **практических занятиях** обдуманно выполнять задания, самостоятельно производить расчеты, анализировать полученные результаты.

3. **Самостоятельная работа** студентов предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение домашнего задания (контрольной работы)

При самостоятельной работе студентам следует рекомендовать использовать электронные учебные пособия, компьютерное тестирование по разделам дисциплин.

**Контрольную работу** выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

Регулярно посещать тематические выставки, например «Агропродмаш», «Золотая осень», «Электро 20...» и др.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и ответить в устной форме на вопросы, задаваемые преподавателем по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему, решить задачи и ответить в устной форме на вопросы, задаваемые преподавателем по теме практического занятия.

### **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Анализ и синтез систем автоматического управления», согласно структуре, являются лекции, практические занятия, консультации и самостоятельная работа студентов.

Чтение лекций осуществляется в аудитории, оборудованной аппаратурой для компьютерной презентации.

**Лекции** содержат теоретический материал в них: даётся оценка роли дисциплины в учебном процессе, рассматриваются основные понятия и определения. Чтение лекций осуществляется в аудитории, оборудованной аппаратурой для компьютерной презентации. На лекциях излагается



теоретический материал: даётся оценка роли дисциплины в учебном процессе, рассматриваются основные понятия и определения. Рассматриваются общие вопросы по динамическим свойствам линейных и нелинейных САУ, математическому описанию звеньев и систем, преобразованию структурных схем САУ, оценке устойчивости и качества работы САУ, а также определению параметров автоколебаний дискретно-нелинейных систем и синтезу оптимальных систем автоматического управления.

Чтение лекций целесообразно сопровождать демонстрацией презентаций, видеоклипов и т.п. Для этого в лекционной аудитории рекомендуется иметь проекционное оборудование, интерактивную доску и т.п.

**Практические занятия** проводятся в виде устного опроса и решения задач.

Использование компьютерной техники подразумевает применение программного обеспечения и специальных программ для аудиторного обучения и самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины. Для этого кафедре следует обеспечить преимущественно сертифицированное программное обеспечение для всех форм занятий по дисциплине.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме. Например, при проведении практических занятий первый час занятия – в форме показа преподавателем методики решения типовой задачи. Второй час занятия проводится в интерактивной форме. Для этого предложить студентам решить индивидуальные задания. Преподаватель оценивает решения и проводит анализ результатов.

дит анализ результатов.

По наиболее сложным темам и возникшим при этом вопросам, на практическом занятии могут быть проведены собеседования и консультации.

Использование компьютерной техники подразумевает применение программного обеспечения и специальных программ для аудиторного обучения и самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины. Для этого кафедре следует обеспечить преимущественно сертифицированное программное обеспечение для всех форм занятий по дисциплине.

Для успешного аудиторного и самостоятельного изучения дисциплины на занятиях целесообразно информировать студентов о наличии и возможности использования различных отраслевых баз данных, информационно-справочных и поисковых ресурсов по автоматизации электротехнологического оборудования, средствам механизации и электрификации технологических процессов.

Рекомендуется посещение тематических и агропромышленных выставок с последующей групповой дискуссией по результатам посещения.

**Программу разработал:**

Андреев С.А., к.т.н., доцент



\_\_\_\_\_

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.ДВ.03.02 «Анализ и синтез систем автоматического управления» ОПОП ВО по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии (квалификация выпускника – магистр)

Загинайловым Владимиром Ильичем, профессором кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктором технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» в АПК» ОПОП ВО по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии (квалификация выпускника – магистр) разработанной в институте механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина (разработчик – Андреев Сергей Андреевич, доцент, кандидат технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 35.04.06 Агроинженерия. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) Электрооборудование и электротехнологии Блока 1 Дисциплины (модули) учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 35.04.06 Агроинженерия.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Автоматизация электротехнологических процессов в АПК» закреплена 1 компетенция (3 индикатора достижения компетенции). Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» составляет 3 зачётные единицы (108 часов/ из них практическая подготовка 4 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Анализ и синтез систем автоматического управления» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.04.06 Агроинженерия и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 35.04.06 Агроинженерия.



10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, решение типовых задач, выполнение контрольной работы), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины включенной в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) Электрооборудование и электротехнологии Блока 1 Дисциплины (модули) учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 35.04.06 *Агроинженерия*.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 4 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 6 наименований, периодическими изданиями – 4 источника со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 7 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 35.04.06 *Агроинженерия*.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Анализ и синтез систем автоматического управления».

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Анализ и синтез систем автоматического управления» ОПОП ВО по направлению 35.04.06 *Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии* (квалификация выпускника – магистр), разработанная Андреевым С.А., доцентом, кандидатом технических наук, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Загинайлов В.И., профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор технических наук

\_\_\_\_\_ « 29 » августа 2022 г.  
(подпись)