

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

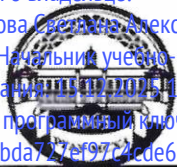
ФИО: Захарова Светлана Алексеевна

Должность: Начальник учебного-методического управления

Дата подписания: 2025.01.14 14:12:07

Уникальный пространственный ключ:

e6b0619a58bda72ef97c4cde613ffa3126c8bd9



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:

Начальник УМУ

С.А. Захарова

« 24 »

2025 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПОВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления»

для подготовки бакалавров

Направление: 35.03.06 Агроинженерия

Направленность: Автоматизация и роботизация технологических процессов

Курс: 3

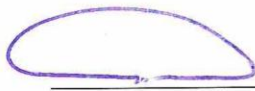
Семестр: 5

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025 г.


Москва, 2025

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


(подпись)

« 20 » июня 2025 г.

Рецензент Нормов Д.А., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)
« 20 » июня 2025 г.

Методические указания обсуждены на заседании кафедры электропривода и электротехнологий от «20» июня 2025г. протокол № 05


И.о. заведующего кафедрой Шабает Е.А., к. т. н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)
« 20 » июня 2025 г.

Согласовано:

И.о. директора института
механики и энергетики

имени В.П. Горячкина Арженовский А.Г., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)
« 20 » июня 2025г.

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



(подпись)
Протокол № 05 от « 20 » июня 2025г.

Бумажный экземпляр и копия электронного варианта получены:
Методический отдел УМУ

« » 2025г

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	4
2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ», СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	6
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	6
5. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	8
6. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	27
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	30
8. МЕТОДИЧЕСКОЕ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	35

Аннотация

курсовой работы учебной дисциплины Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» для подготовки бакалавров по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленность Автоматизация и роботизация технологических процессов

Курсовая работа разрабатывается в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и учебного плана направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия. Она является одним из элементов самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Компьютерное моделирование систем автоматического управления», которая входит в обязательную часть Б1.О.44, Блока 1. «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленности автоматизация и роботизация технологических процессов. Дисциплина формирует профессиональные компетенции для дальнейшей профессиональной деятельности.

Курсовая работа имеет практический характер.

1. Цель и задачи курсовой работы

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Компьютерное моделирование систем автоматического управления», для направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленности Автоматизация и роботизация технологических процессов проводится с целью получения навыков построения компьютерных моделей технических систем и процессов на стадии их проектирования и оптимизации параметров с использованием современных программных средств.

Курсовая работа позволяет через умения решить следующие задачи:

- изучение основных принципов и методов моделирования технических систем и процессов, включая дискретно-событийное, системно-динамическое и агентное моделирование.

- освоение навыков построения компьютерных моделей реальных технических систем в специализированном программном обеспечении.

- развитие умений анализировать результаты моделирования для принятия обоснованных решений в области автоматизированного управления техническими системами.

- развитие умений формулировать задачи моделирования, разрабатывать концептуальные модели и интерпретировать результаты для оптимизации технологических процессов.

2. Перечень планируемых результатов выполнения курсовой работы по дисциплине «Компьютерное моделирование систем автоматического управления», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Реализация в курсовой работе по дисциплине «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» требований ФГОС ВО, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленности Автоматизация и роботизация технологических процессов должна формировать следующие компетенции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам выполнения курсовой работы по учебной дисциплине

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Код и содержание ин- дикатора достижения компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-1;	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий;	ОПК-1.1 Использует основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью профессиональной деятельности	основные компьютерные модели энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок с использованием программ для пусконаладочных работ, соответствующей учебному оборудованию	моделировать режимы основного энергетического и электротехнического оборудования, используемого в сельскохозяйственном производстве, а также производить его наладку и выбор режимов с использованием программы для пусконаладочных работ, соответствующей учебному оборудованию	навыками использования компьютерных моделей основного энергетического и электротехнического оборудования в сельскохозяйственном производстве с использованием программы для пусконаладочных работ, соответствующей учебному оборудованию
			ОПК-1.2 Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии	основные положения по проектированию систем электрификации сельскохозяйственного производства, а также показатели, с помощью которых определяется целесообразность проектного решения систем автоматизации технологических процессов с использованием Microsoft Project	обосновать выбор целесообразного проектного решения систем электрификации и автоматизации технологических процессов в сельскохозяйственном производстве с использованием Microsoft Project	методами компьютерного моделирования показателей для определения целесообразности проектного решения систем электрификации и автоматизации технологических процессов с использованием Microsoft Project

3. Структура курсовой работы

По объему курсовая работа должна быть не менее 20 страниц печатного текста. Примерная структура курсовой работы представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Структура курсовой работы

№ п/п	Элемент структуры курсовой работы	Объем (примерный) страниц
1	Титульный лист (<i>Приложение А</i>)	1
2	Задание	1
3	Аннотация	1
4	Содержание	1
5	Обозначения и сокращения (при наличии)	1
6	Введение	1...2
7	Основная часть	15...20
7.1	Разработка упрощенной принципиальной и функциональной схемы САР (задание 1)	1...2
7.2	Описание и анализ объекта регулирования	2...3
7.3	Выбор технических средств	2...3
7.4	Упрощенная принципиальная схема САР	1...2
7.5	Функциональная схема САР	2...3
7.6	Анализ и синтез САР	1...2
7.7	Описание САР и ее функциональная схема	2...3
7.8	Передаточные функции объекта, элементов САР и ее структурная схема	2...3
7.9	Определение области устойчивости системы методом D разбиения	1...2
7.10	Аналитическое определение статической ошибки системы при ступенчатом изменении возмущающего воздействия	не менее 5 источников
7.11	Компьютерное моделирование САР	по необходимости
8	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	1
9	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	1

Методические указания по выполнению курсовой работы дисциплины «Компьютерное моделирование 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.

4. Порядок выполнения курсовой работы

4.1 Выбор темы

Примерная тематика курсовой работы по дисциплине «Компьютерное моделирование систем автоматического управления», направлена на практическое закрепление знаний теоретических основ дисциплины

«Компьютерное моделирование систем автоматического управления» и увязана с современными требованиями в области электрооборудования.

Для выполнения курсовой работы студенту следует изучить теоретический материал по литературе (учебникам и учебным пособиям) и конспектам лекций. Курсовую работу студенты выполняют во внеурочное время с использованием разнообразных информационных и программных материалов, оформляется работа в текстовом редакторе Microsoft Word и Microsoft Excel для составления таблиц, диаграмм, вычисления простых и сложных функций.

Студент самостоятельно выбирает тему курсовой работы из предлагаемого списка тем, или может предложить свою тему при условии обоснования им её целесообразности. Тема может быть уточнена по согласованию с руководителем курсовой работы.

Примерная тема курсовой работы по дисциплине «Компьютерное моделирование систем автоматического управления»: «Разработка непрерывной, анализ и синтез линейной системы автоматического регулирования».

Тема курсовой работы и номер варианта указываются в журнале регистрации курсовых работ на кафедре.

4.2 Получение индивидуального задания

Приложения Б и В позволяют формировать многовариантные темы курсовых работ различного типа. Например: «По заданному описанию САР, в которой использован П-закон регулирования, необходимо применить ПИД-закон регулирования и определить его рациональные параметры» или «По заданному описанию объекта регулирования необходимо составить упрощенную принципиальную схему САР, в качестве регулятора в которой применен измеритель-регулятор ТРМ с позиционным или ПИД-законом регулирования, и на ее основе необходимо определить рациональные параметры выбранного закона регулирования».

В данном разделе рассмотрены основные методические рекомендации для выполнения курсовой работы применительно к первому типу и приведены общие требования к ее оформлению.

Тема. Определение параметров типового закона регулирования САР...

Задание. Для заданного варианта САР, реализующего П-закон регулирования, выполните компьютерное моделирование системы с помощью ПО SimInTech. В результате моделирования оцените устойчивость и качество САР, определите критический коэффициент передачи усилителя (передаточный коэффициент П-закона регулирования) и период гармонического процесса регулирования на границе устойчивости САР.

По найденным значениям критического коэффициента усиления и периода гармонического процесса регулирования, используя эмпирический метод Циглера–Никольса, определите рациональные параметры ПИД-закона регулирования. Выполните моделирование САР с ПИД-законом регулирования. По результатам моделирования оцените качество процесса регулирования скорректированной САР. Если показатели качества САР не удовлетворяют заданным

требованиям, то посредством вариации параметров закона регулирования добейтесь удовлетворительных показателей качества.

4.3 Составление плана выполнения курсовой работы

Выбрав тему, определив цель, задачи, структуру и содержание курсовой работы необходимо совместно с руководителем составить план-график выполнения курсовой работы с учетом графика учебного процесса (табл. 4).

Таблица 4 – Примерный план-график выполнения курсовой работы

№ п/п	Наименование действий	Сроки, № недели семестра
1	2	3
1	Выбор темы	2
2	Получение задания по курсовой работе	2
3	Уточнение темы и содержания курсовой работы	3
4	Составление библиографического списка	3...4
5	Изучение научной и методической литературы	4...5
6	Сбор материалов, подготовка плана курсовой работы	6
7	Анализ собранного материала	6
8	Предварительное консультирование	7
9	Написание теоретической части	8...9
1	2	3
10	Проведение исследования, получение материалов исследования, обработка данных исследования, обобщение полученных результатов	8...9
11	Представление руководителю первого варианта курсовой работы и обсуждение представленного материала и результатов	10...11
12	Составление окончательного варианта курсовой работы	12
13	Заключительное консультирование	12
14	Рецензирование курсовой работы	13
15	Защита курсовой работы	14

4.4 Требования к разработке структурных элементов курсовой работы

4.4.1 Разработка введения

Рассмотрен пример курсовой работы на тему «Определение параметров типового закона регулирования САР давления в ресивере».

Описание САР. На рис. Р6.4 приведена схема САР давления P в ресивере (воздухосборнике) 1, который является в данной системе объектом регулирования. Давление в ресивере регулируется посредством изменения количества воздуха Q , зависящего от положения заслонки 2, т. е. от его линейного перемещения X_3 , которое можно рассматривать как регулирующее воздействие на входе объекта регулирования. Внешним возмущением, вызывающим отклонение регулируемой величины – давления P , – является изменение расхода сжатого воздуха Q_c .

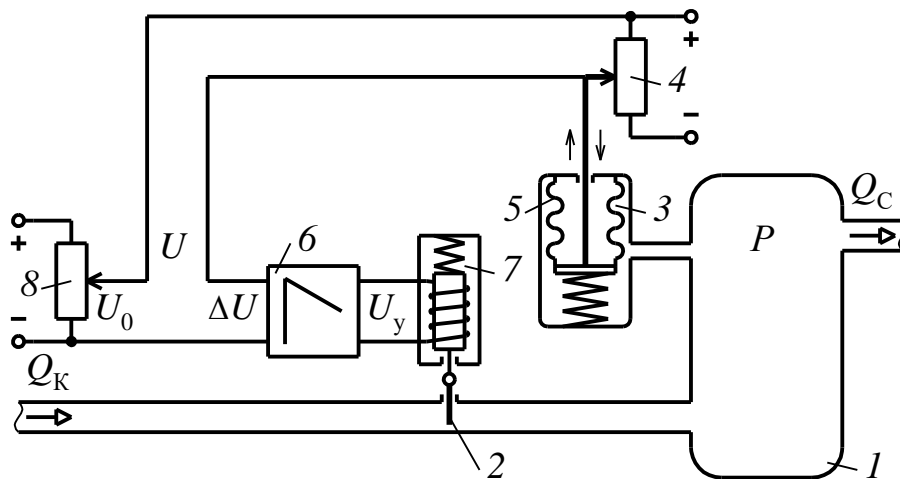


Рис.1.1 Упрощенная принципиальная схема САР давления в ресивере

Давление в данной системе контролируется с помощью сильфонного устройства 3. Перемещение сильфона 5, пропорционально зависящего от давления P , с помощью резистивного потенциометра 4 преобразуется в напряжение U . То есть сильфонное устройство совместно с потенциометром представляют датчик давления с электрическим выходным сигналом. Выходное напряжение датчика U сравнивается с задающим напряжением U_0 , снимаемым с задающего резистора 8, в результате чего формируется сигнал рассогласования $\Delta U = U_0 - U$. Сигнал ΔU после усиления электронным усилителем 8 посредством его выходного напряжения U_y управляет электромагнитным приводом 7 и связанной с ним заслонкой 2 в соответствии с алгоритмом П-закона регулирования.

Составленная на основе принципиальной схемы (рис. Р6.4) функциональная схема САР показана на рис. Р6.5, где: ОР – объект регулирования (ресивер 1); ВО – воспринимающий орган (датчик давления – совокупность сильфонного устройства 3 и резистивного преобразователя 4); СО – сравнивающий орган (схема сравнения напряжений U_0 и U); УО – усилительный орган (электронный усилитель 6); ИО – исполнительный орган (заслонка 2 с электромагнитным приводом 7).

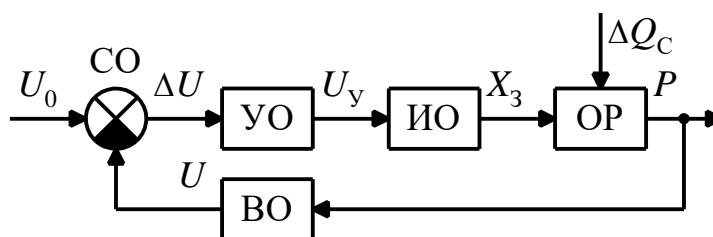


Рис. 4.2 Функциональная схема САР давления в ресивере

Динамические свойства объекта регулирования и элементов САР описываются следующей системой уравнений:

– ОР (ресивер)

$$T_0 \frac{dP}{dt} + P = k_{01} X_3 - k_{02} Q_C; \quad (\text{Р6.1})$$

– ВО (сильфонный датчик)

$$T_C^2 \frac{d^2 U}{dt^2} + 2bT_C \frac{dU}{dt} + U = k_C P; \quad (P6.2)$$

– СО (орган сравнения)

$$\Delta U = U_0 - U; \quad (P6.3)$$

– УО (усилитель)

$$U_y = k_y \Delta U; \quad (P6.4)$$

– ОИ (заслонка совместно с электромагнитным приводом)

$$T_3 \frac{dX_3}{dt} + X_3 = k_3 U_y. \quad (P6.5)$$

Физическая сущность переменных, входящих в уравнения (P6.1)–(P6.5), отражена выше в описании схемы САР. Параметры уравнений (P6.1)–(P6.5):

$T_O = 1,3$ с; $T_C = 0,06$ с; $T_3 = 0,12$ с – постоянные времени, $k_{O1} = 92$ кПа/мм; $k_{O2} = -220$ кПа·с/м³; $k_C = 0,025$ В/кПа; $k_y = 36$; $k_3 = 0,05$ мм/В – коэффициенты передачи и $b = 0,6$ – коэффициент демпфирования. Требуемое номинальное значение давления $P_H = 400 \pm 10$ кПа. Номинальный расход сжатого воздуха из ресивера $Q_{CH} = 1$ м³/с. Максимальное скачкообразное изменение возмущающего воздействия $\Delta Q_C = 1$ м³/с.

Значение задающего воздействия U_0 подбирается в процессе моделирования таким, чтобы при номинальном расходе сжатого воздуха из ресивера $Q_{CH} = 1$ м³/с давление на выходе САР было равно номинальному значению $P_H = 400$ кПа.

Передаточные функции и структурная схема системы. Объект регулирования (рис. P6.5) имеет две входные величины и одну выходную. Следовательно, он будет иметь передаточные функции по каждому каналу: по регулирующему $W_p(s)$ и по возмущающему воздействию $W_B(s)$.

Передаточную функцию объекта регулирования по регулирующему воздействию $W_p(s)$, руководствуясь принципом суперпозиции, определим на основе уравнения (P6.1) при $Q_C = 0$:

$$T_O \frac{dP}{dt} + P = k_{O1} X_3.$$

Преобразовав данное уравнение по Лапласу при нулевых начальных условиях, получим

$$T_O s P(s) + P(s) = k_{O1} X_3(s),$$

где $P(s)$ и $X_3(s)$ – изображения по Лапласу регулируемой величины P и регулирующего воздействия X_3 .

Из последнего выражения (в левой его части) вынесем за скобки $P(s)$,

$$P(s)[T_O s + 1] = k_{O1} X_3(s),$$

и на его основе определим передаточную функцию $W_P(s)$ как отношение изображений по Лапласу $P(s)$ и $X_3(s)$:

$$W_P(s) = \frac{P(s)}{X_3(s)} = \frac{k_{O1}}{T_O s + 1}. \quad (P6.6)$$

Аналогично найдем передаточную функцию объекта регулирования по возмущающему воздействию $W_B(s)$, приняв $X_3 = 0$:

$$\begin{aligned} T_O \frac{dP}{dt} + P &= -k_{O2} Q_C; \\ T_O s P(s) + P(s) &= -k_{O2} Q_C(s); \\ P(s) [T_O s + 1] &= -k_{O2} Q_C(s); \\ W_B(s) = \frac{P(s)}{Q_C(s)} &= \frac{-k_{O2}}{T_O s + 1}. \end{aligned} \quad (P6.7)$$

где $Q_C(s)$ – изображение по Лапласу возмущающего воздействия Q_C .

С учетом передаточных функций (P6.6) и (P6.7) структурную схему объекта регулирования можно представить в виде, показанном на рис. P6.6. Для физической наглядности на данной структурной схеме вместо изображений переменных величин показаны их оригиналы.

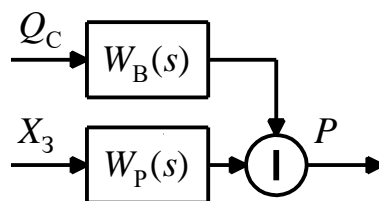


Рис. 4.3 Структурная схема объекта регулирования

Передаточные функции остальных элементов САР, определенные аналогично на основе уравнений (P6.2), (P6.4), (P6.5), имеют следующий вид:

– ВО (сильфонный датчик)

$$W_C(s) = \frac{U(s)}{P(s)} = \frac{k_C}{T_C^2 s^2 + 2bT_C s + 1}; \quad (P6.8)$$

– УО (усилитель)

$$W_Y(s) = \frac{U_Y(s)}{\Delta U(s)} = k_Y; \quad (P6.9)$$

– ОИ (заслонка совместно с электромагнитным приводом)

$$W_3(s) = \frac{X_3(s)}{U_y(s)} = \frac{k_3}{T_3s + 1}. \quad (P6.10)$$

На основе функциональной схемы САР (рис. Р6.5) и найденных передаточных функций путем замены объекта регулирования в этой схеме его структурной схемой (рис. Р6.6) и замещением функциональных обозначений элементов соответствующими им передаточными функциями (Р6.6)–(Р6.10) составим структурную схему системы (рис. Р6.7). Для физической наглядности на данной структурной схеме вместо изображений переменных величин показаны их оригиналы.

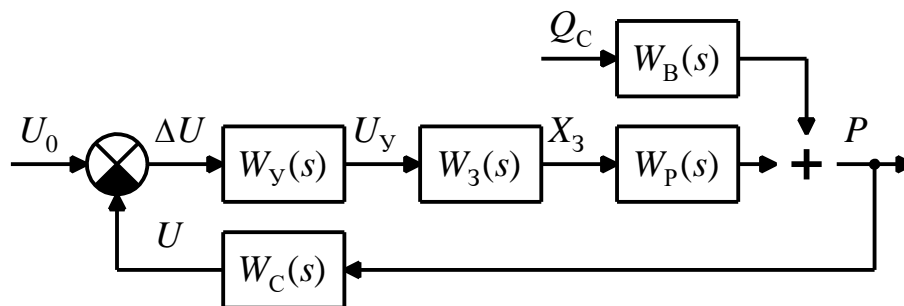


Рис. 4.4. Структурная схема САР давления в ресивере

Параметры передаточных функций (Р6.6)–(Р6.10) звеньев структурной схемы (рис. Р6.7) соответствуют параметрам исходных уравнений (Р6.1), (Р6.2), (Р6.4) и (Р6.5). Структурная схема (рис. Р6.7) является математической моделью, на основе которой выполняется компьютерное моделирование САР в среде SimInTech.

1.1.1 Определение параметров заданного типового закона регулирования

Моделирование исходного варианта САР. В ПО SimInTech, как известно, используется метод структурного моделирования САР, базирующийся на математических моделях САР в виде их структурных схем. Поэтому в первую очередь на основе структурной схемы исходной системы (рис. Р6.7) составим структурную схему моделирования, заменяя в исходной структурной схеме САР звенья соответствующими блоками из *общетехнической* библиотеки SimInTech (см. приложение А).

Для формирования задающего воздействия U_0 воспользуемся блоком *Константа*, а для создания возмущающего воздействия Q_c используем блок *Ступенька* из библиотеки «Источники» (см. п. А.1 приложения А). В результате описанных операций и действий в схемном окне SimInTech сформируется структурная схема моделирования (рис. Р6.8).

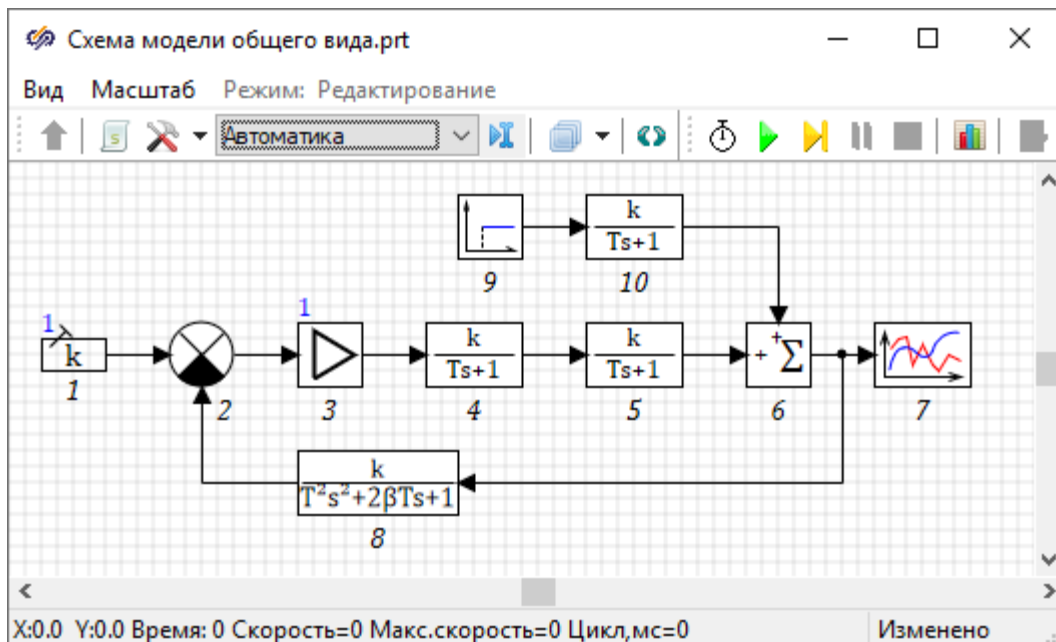


Рис. 4.5 Структурная схема САР давления в ресивере, введенная в схемное окно SimInTech

Руководствуясь методикой подготовки исходных данных (см. раздел 3), выберем метод и зададим параметры интегрирования:

- метод интегрирования «ARK21(Адаптивный 1)»;
- учитывая наибольшую постоянную времени $T_O = 1,3$ с, принимаем первоначальное время интегрирования (конечное время расчета) 10 с, ориентировочно больше ее значения на один порядок;
- ориентируясь на значение минимальной постоянной времени $T_C = 0,06$ с, принимаем первоначальные значения шага интегрирования: максимального – 0,012 с (в 5 раз меньше T_C) минимального – 0,0012 с (в 10 раз меньше максимального шага);
- шаг синхронизации задачи 0,012 с (равен максимальному шагу);
- относительная ошибка $1e-4$, абсолютная ошибка $1e-1$;
- синхронизация с реальным временем отключена (вкладка **Синхронизация** в окне **Параметры проекта**).

При оценке качества процесса регулирования будем исходить из следующих требований:

- статическая ошибка $\Delta P_{СТ} = \pm 10$ кПа;
- время регулирования при пятипроцентной «трубке» $\Delta = \pm 0,05 P_{УСТ}$, $t_P = 1$ с;
- перерегулирование $\sigma \leq 20$ %;

– количество перерегулирований $n \leq 2$.

С учетом числовых значений параметров передаточных функций САР свойства блоков структурной схемы моделирования (рис. Р6.8) должны иметь значения, приведенные в табл. Р6.1. Первоначальное значение задающего воздействия U_0 примем равным 1, а возмущению Q_C зададим номинальное значение $Q_{CH} = 1 \text{ м}^3/\text{с}$. Необходимое значение U_0 определим путем его подбора в процессе моделирования посредством вариации от первоначального единичного значения.

Таблица Р41. Значения свойств блоков структурной схемы (рис. Р6.8)

– Блок	– Свойство	– Значение
– 1	– Значение	– 1
	– Тип данных (для генерации кода)	– double
	– Название	– k
– 2	– Весовые множители для каждого из входов	– [1, -1]
– 3	– Коэффициент усиления	– 36
– 4	– Коэффициенты усиления	– 0.05
	– Постоянные времени	– 0.12
	– Начальные условия	– 0
– 5	– Коэффициенты усиления	– 92
	– Постоянные времени	– 1.3
	– Начальные условия	– 0
– 6	– Весовые множители для каждого из входов	– [1, 1]
– 7	– Количество входных портов	– 1
– 8	– Коэффициенты усиления	– 0.025
	– Постоянные времени	– 0.06
	– Коэффициент демпфирования	– 0.6
	– Начальные условия	– 0
	– Начальные условия по производной	– 0
– 9	– Время срабатывания	– 5
	– Начальное состояние	– 1
	– Конечное состояние	– 2
– 10	– Коэффициенты усиления	– -220
	– Постоянные времени	– 1.3
	– Начальные условия	– 0

В результате моделирования САР в соответствии с данными табл. Р6.1 и скачкообразным изменением возмущающего воздействия $\Delta Q_C = 1 \text{ м}^3/\text{с}$ получен график переходного процесса, показанный на рис. Р6.9.

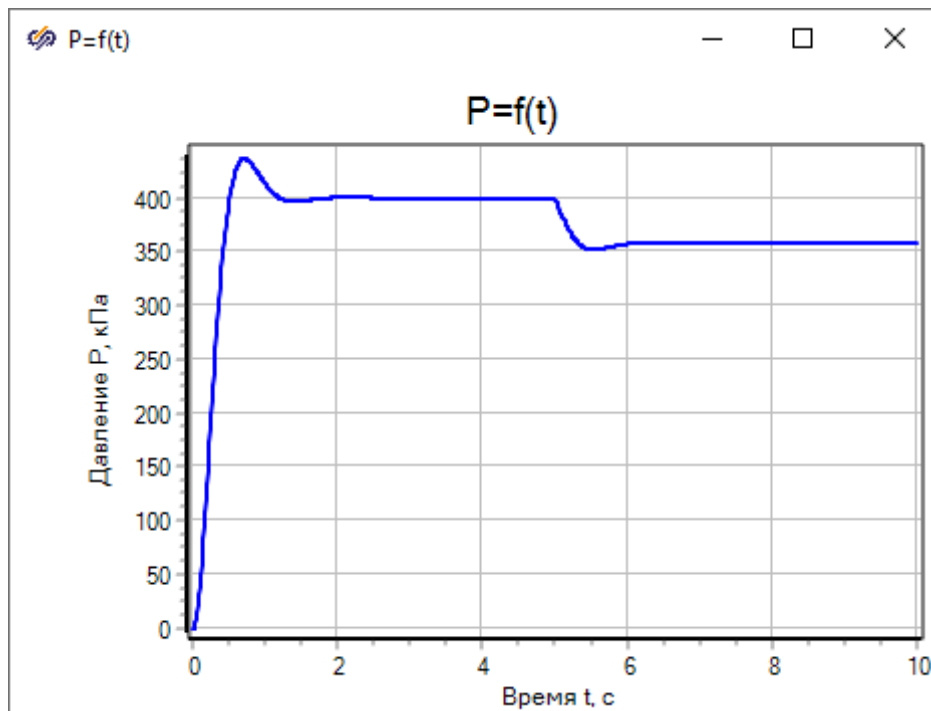


Рис. 4.6 Графическое окно с графиком переходного процесса исходной САР, реализующей алгоритм П-закона регулирования

Посредством *специального курсора*, который запускается с помощью команды **Курсор** контекстного меню (рис. Р6.10), определены числовые данные для расчета фактической статической ошибки $\Delta P_{\text{ст}}$, снятые с графика переходного процесса (рис. Р6.9). Данные, полученные в результате сканирования графика переходного процесса с помощью опции **Курсор** (рис. Р6.11): в точке, соответствующей времени $t = X \approx 4,001$ с ($P_1 = Y \approx 400,001$ кПа); в точке, соответствующей времени $t = X \approx 9,003$ с ($P_2 = Y \approx 357,200$ кПа)

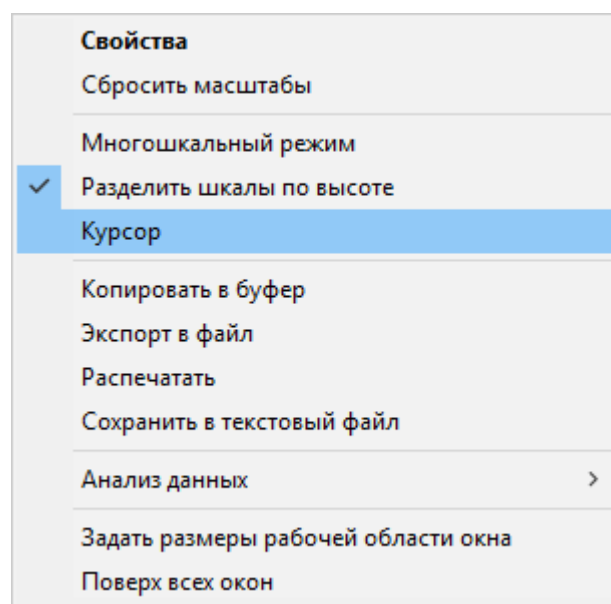


Рис. 4.7 Контекстное меню, вызываемое на поле графического окна

Ближайшие к курсору точки			Ближайшие к курсору точки		
График	X	Y	График	X	Y
График	4.0007951	400.00114	График	9.0032	357.19973

Рис. 4.8 Данные снятые с графика переходного процесса (рис. Р6.9) с помощью опции **Курсор**

Визуальный анализ графика переходного процесса показывает, что САР обеспечивает удовлетворительные динамические показатели качества (σ , n , t_p), но не отвечает требованиям, предъявляемым к значению статической ошибки: фактическая статическая ошибка $\Delta P_{СТ} = P_1 - P_2 = 400,0 - 357,2 = 42,8$ кПа в 4,3 раза больше допустимой $\Delta P_{СТ} = \pm 10$ кПа. Таким образом, для достижения заданных показателей качества процесса регулирования давления в ресивере необходима коррекция САР, которую, исходя из условия курсовой работы, выполним с помощью типового ПИД-закона регулирования.

Расчет параметров типового закона регулирования. Структурная схема скорректированной САР показана на рис. Р6.12.

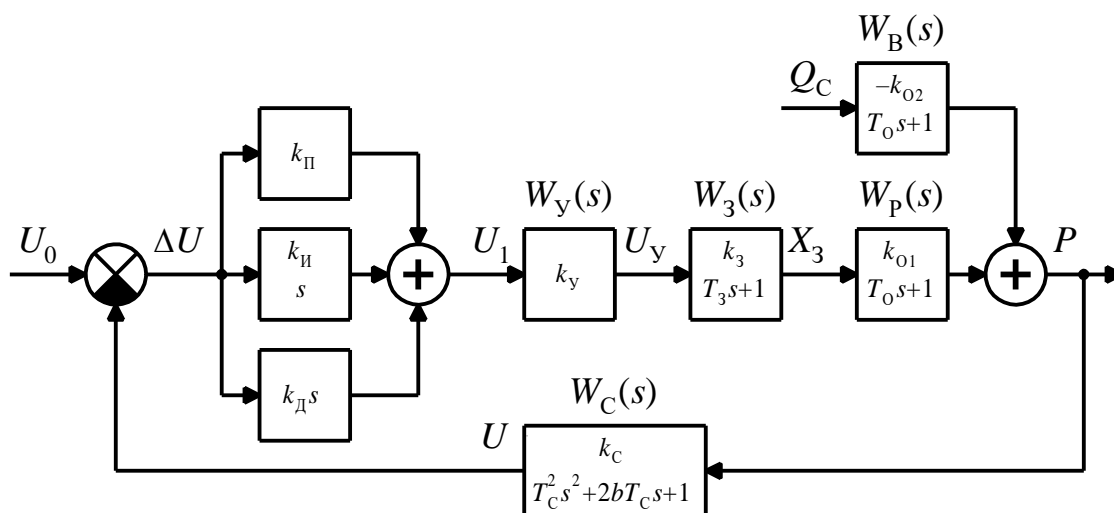


Рис. 4.9 Структурная схема САР давления в ресивере с ПИД-регулятором

Посредством вариации параметров k_P , k_I и k_D ПИД-закона регулирования можно добиться желаемого (заданного) процесса регулирования. С целью исключения существенных временных затрат на вариационный поиск рациональных значений данных параметров целесообразно использовать эмпирический метод Циглера–Никольса. Для расчетов на его основе необходимо располагать числовым значением критического коэффициента $k_{П\text{кр}}$ и числовым значением периода $T_{\text{кр}}$ незатухающего гармонического процесса регулирования САР (рис. Р6.12) в режиме П-регулирования на границе устойчивости. Для их определения выполним компьютерное моделирование процесса регулирования на границе устойчивости скорректированной САР, структурная модель которой в среде SimInTech показана на рис. Р6.13, где дополнительные блоки 11–15

отображают соответствующие звенья ПИД-закона регулирования. Для этого выполним следующее:

- в блоки 2–8 и 10 введем свойства, соответствующие табл. Р6.1;
- первоначально коэффициент усиления блока 11 примем равным 1;
- для отключения дифференцирующей и интегрирующей составляющих ПИД-закона регулирования коэффициентам усиления блоков 12 и 13 зададим нулевые значения;
- в блок 1 введем значение задающего воздействия, которое использовалось при моделировании процесса регулирования исходной САР (рис. Р6.8, Р6.9), т. е. число 13,744;
- блоку 9 зададим свойства аналогичные свойствам такого же блока при моделировании процесса регулирования исходной САР (рис. Р6.8): 5; 1; 1, что соответствует случаю, когда возмущение на модель системы соответствует номинальному расходу воздуха $Q_{CH} = 1 \text{ м}^3/\text{с}$ и оно остается неизменным до завершения конечного времени расчета (процесса моделирования);
- параметры расчета оставим такими же, как и при моделировании исходной САР (рис. Р6.8, Р6.9).

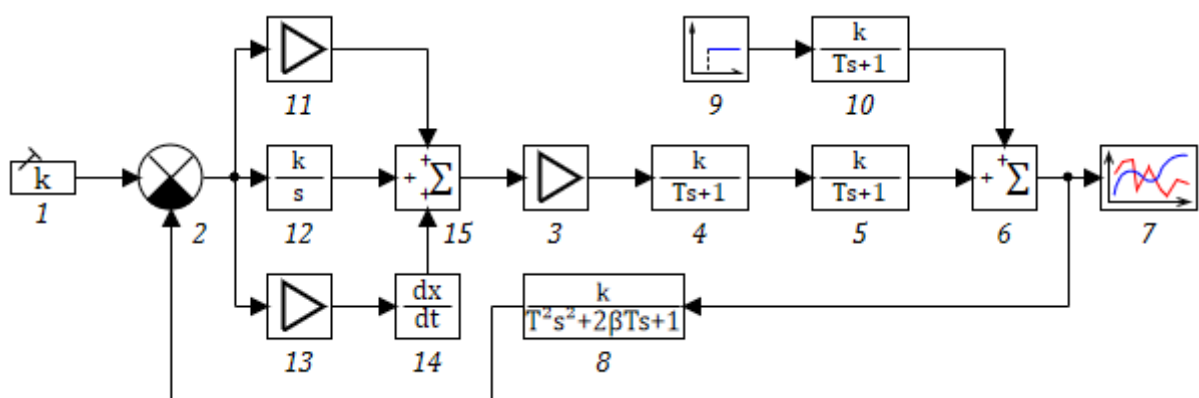


Рис. 4.10 Структурная схема моделирования в среде SimInTech скорректированной САР давления в ресивере с ПИД-регулятором

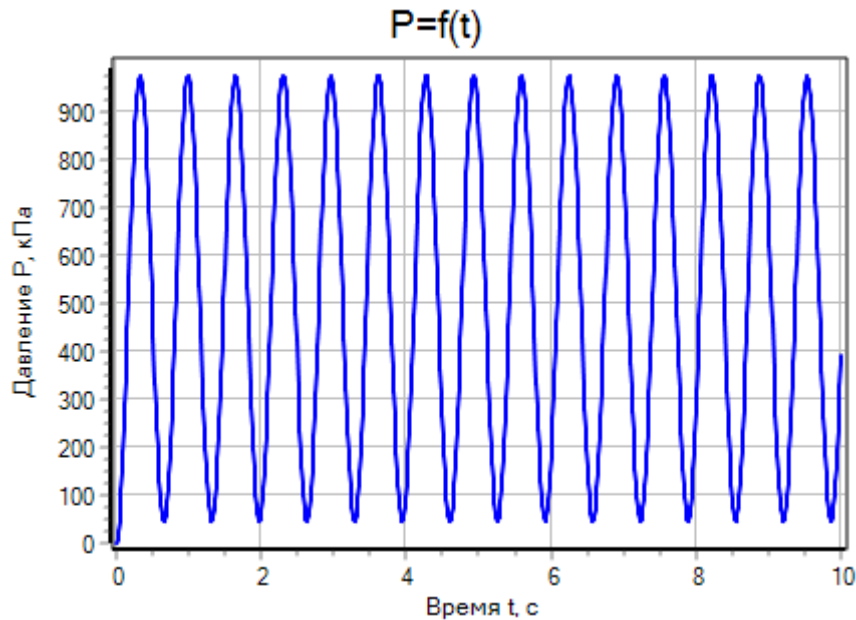


Рис. 4.11 График гармонического процесса регулирования САР на границе устойчивости

В результате моделирования на основе структурной схемы (рис. Р6.13) получен график процесса регулирования САР на границе устойчивости (рис. Р6.14). Значения критического коэффициента $k_{П\text{ КР}}$ и периода $T_{\text{КР}}$ гармонических колебаний регулируемой величины, найденные по результатам моделирования, следующие: $k_{П\text{ КР}} = 4,402$; $T_{\text{КР}} = 0,6576$ с.

Для расчета параметров $k_{\text{П}}$, $k_{\text{И}}$ и $k_{\text{Д}}$ воспользуемся формулами Циглера–Никольса применительно к ПИД-закону регулирования:

$$k_{\text{П}} = 0,6k_{\text{П КР}};$$

$$k_{\text{И}} = \frac{1,2 k_{\text{П КР}}}{T_{\text{КР}}};$$

$$k_{\text{Д}} = 0,075k_{\text{П КР}}T_{\text{КР}}.$$

Используя последние формулы с учетом значений $k_{\text{П КР}}$ и $T_{\text{КР}}$, получим:

$$k_{\text{П}} = 0,6 \cdot 4,402 = 2,6412;$$

$$k_{\text{И}} = 1,2 \cdot 4,402 / 0,6576 = 8,0328;$$

$$k_{\text{Д}} = 0,075 \cdot 4,402 \cdot 0,6576 = 0,2171.$$

Компьютерное моделирование скорректированной САР. Моделирование скорректированной САР проведем на основе использованной выше компьютерной модели (рис. Р6.13) после введения в блоки 11–13 параметров (свойств), рассчитанных с помощью формул Циглера–Никольса (табл. Р6.2). Свойства остальных блоков компьютерной модели соответствуют табл. Р6.1, значение задающего воздействия $U_0 = 10$.

Таблица 4.2. Значения свойств дополнительных блоков структурной схемы (рис. Р6.13)

– Блок	– Свойство	– Значение
– 11	– Коэффициент усиления	– 2.6412
– 12	– Коэффициенты усиления	– 8.0328
	– Начальные условия	– 0
– 13	– Коэффициенты усиления	– 0.2171
– 14	– Начальные условия	– 0
– 15	– Весовые множители для каждого из входов	– [1, 1, 1]

На рис. 4.11 показано графическое окно SimInTech с переходным процессом скорректированной САР, а на рис. Р6.16 обработанный график этого переходного процесса.

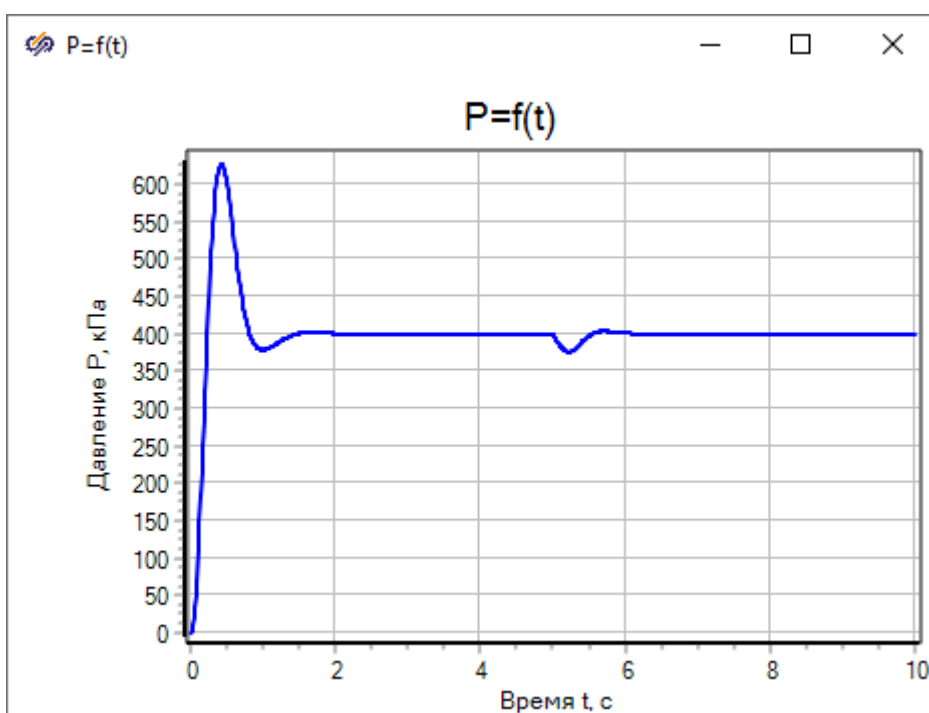


Рис. 4.12 Графическое окно с графиком переходного процесса САР с ПИД-законом регулирования ($k_P = 2,6412$; $k_I = 8,0328$; $k_D = 0,2171$)

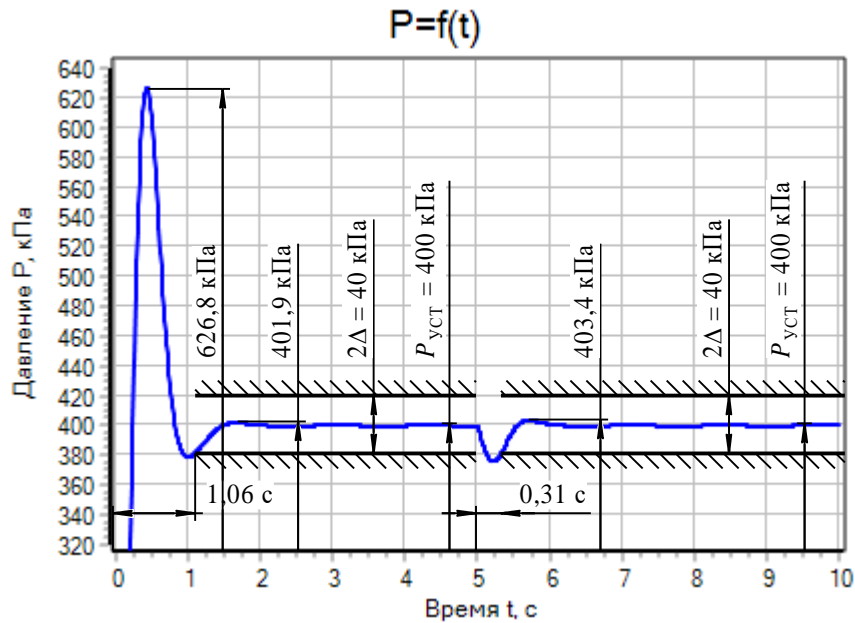


Рис. 4.13 Обработанный увеличенный график переходного процесса САР

$$(k_{\Pi} = 2,6412; k_{\text{И}} = 8,0328; k_{\text{Д}} = 0,2171)$$

Показатели качества САР, полученные на основе обработки увеличенного графика (рис. Р6.16) следующие.

По заданному воздействию:

– статическая ошибка $\Delta P_{\text{СТ}} = 0$;

– время регулирования $t_{\text{Р}} = 1,06$ с;

– перерегулирование $\sigma = \frac{626,8 - 400}{400} 100 \% = 56,7 \% ;$

– количество перерегулирований $n = 1$;

– степень затухания $\varphi = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1} 100 \% ,$

где $\Delta P_1 = P_1 - P_{\text{УСТ}} = 626,8 - 400 = 226,8$ кПа;

$\Delta P_2 = P_2 - P_{\text{УСТ}} = 401,9 - 400 = 1,9$ кПа,

$$\varphi = \frac{226,8 - 1,9}{226,8} 100 \% = 99,2 \% .$$

По возмущающему воздействию:

– статическая ошибка $\Delta P_{\text{СТ}} = 0$;

– время регулирования $t_{\text{Р}} = 0,31$ с;

– перерегулирование $\sigma = \frac{403,4 - 400}{400} 100 \% = 0,9 \% ;$

– количество перерегулирований $n = 0$;

– степень затухания $\varphi = 100 \%$.

Из анализа полученных показателей качества САР следует, что процесс регулирования при отработке задающего воздействия не удовлетворителен по перерегулированию, так σ , равное $56,7 \%$, превышает его допустимое значение ($\sigma_{\text{доп}} \leq 20 \%$), и по времени регулирования $t_p = 1,06$ с, которое больше заданной величины 1 с. Что касается процесса регулирования по возмущению, то он удовлетворяет требуемым показателям качества.

Известно, что метод Циглера–Никольса, с помощью которого были рассчитаны параметры ПИД-закона регулирования, не гарантирует оптимальных показателей качества процесса регулирования. Улучшенные или оптимальные показатели качества САР можно достичь либо подбором варьируемых параметров (k_P , k_I и k_D), либо их оптимизацией. В среде SimInTech для этого есть специальный блок *Оптимизатор* из библиотеки «Анализ и оптимизация», который обеспечивает параметрическую оптимизацию САР.

На рис. Р6.17 показан результат моделирования САР при $k_P = 2,36$, $k_I = 2,13$ и $k_D = 0,152$, которые были определены подбором. Здесь следует отметить, что значения этих параметров являются не единственными, так как при других вариациях значениями k_P , k_I и k_D возможны так же переходные процессы с удовлетворительными показателями качества, соответствующими заданным условиям.

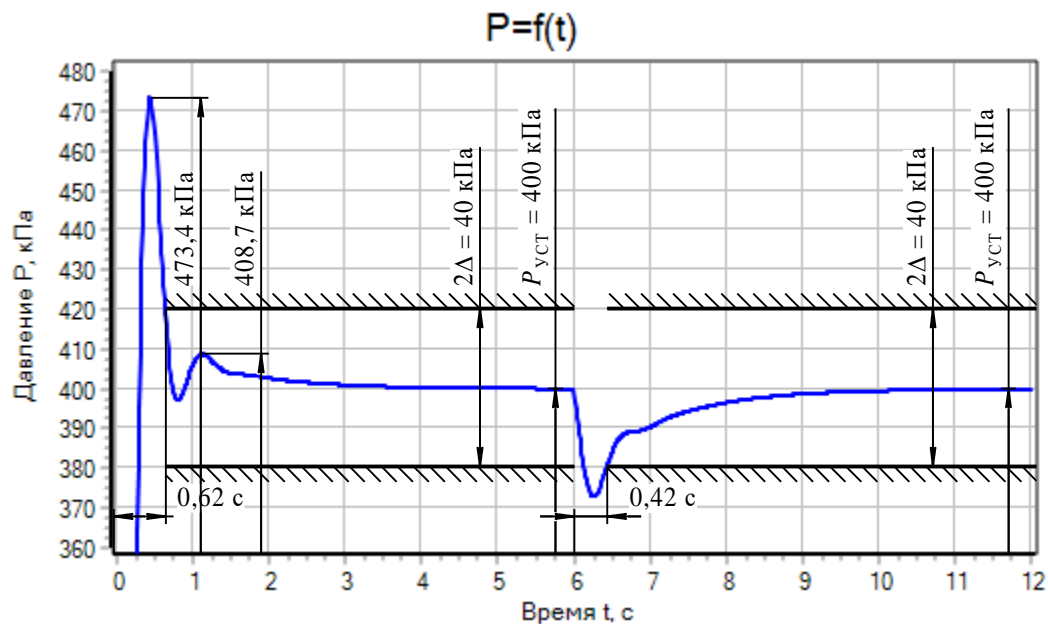


Рис. 4.14 Обработанный увеличенный график переходного процесса САР при

$$k_P = 2,36; k_I = 2,13; k_D = 0,152$$

Показатели качества САР, полученные на основе обработки графика (рис. Р6.17) следующие.

По заданному воздействию:

- статическая ошибка $\Delta P_{\text{ст}} = 0$;
- время регулирования $t_p = 0,62$ с;

– перерегулирование $\sigma = \frac{473,4 - 400}{400} 100 \% = 18,4 \% ;$

– количество перерегулирований $n = 1;$

– степень затухания $\varphi = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1} 100 \% ,$

где $\Delta P_1 = P_1 - P_{уст} = 473,4 - 400 = 73,4$ кПа;

$\Delta P_2 = P_2 - P_{уст} = 408,7 - 400 = 8,7$ кПа,

$$\varphi = \frac{73,4 - 8,7}{73,4} 100 \% = 88,1 \% .$$

По возмущающему воздействию:

– статическая ошибка $\Delta P_{ст} = 0;$

– время регулирования $t_p = 0,42$ с;

– перерегулирование $\sigma = 0;$

– количество перерегулирований $n = 0.$

Из анализа полученных показателей качества следует, что процесс регулирования САР с ПИД-законом регулирования удовлетворяет заданным показателям качества.

1.1.2 Выводы по работе

В курсовой работе решены следующие задачи и получен ряд результатов:

– составлена функциональная схема САР;

– определены передаточные функции объекта регулирования и элементов системы;

– составлена структурная схема исходной САР, на основе которой выполнено ее компьютерное моделирование;

– результаты моделирования САР показали, что П-закон регулирования не обеспечивает удовлетворительных показателей качества процесса регулирования;

– в ходе моделирования исходного варианта САР определены параметры процесса регулирования на границе устойчивости системы: $k_{пкр}$ – критический коэффициент П-закона регулирования и $T_{кр}$ – период гармонических колебаний ($k_{пкр} = 4,402$; $T_{кр} = 0,6576$ с);

– в соответствии с заданием для коррекции САР принят ПИД-закон регулирования, параметры которого (k_p , k_i и k_d) рассчитаны с помощью инженерного

метода Циглера–Никольса ($k_{\text{П}} = 2,6412$; $k_{\text{И}} = 8,0328$; $k_{\text{Д}} = 0,2171$);

- результаты моделирования скорректированной САР с помощью метода Циглера–Никольса показали, что она обеспечивает хорошие показатели качества процесса регулирования по возмущению, но не удовлетворяет требованиям к качеству по задающему воздействию;
- посредством подбора параметров ПИД-закона регулирования определены их значения ($k_{\text{П}} = 2,36$; $k_{\text{И}} = 2,13$; $k_{\text{Д}} = 0,152$), при которых САР обеспечивает требуемые показатели качества процесса регулирования как по задающему, так и возмущающему воздействию.

5. Требования к оформлению курсовой работы

5.1 Оформление текстового материала (ГОСТ 7.0.11 – 2011)

1. Курсовая работа должна быть выполнена печатным способом с использованием компьютера и принтера на одной стороне белой бумаги формата А4 (210x297 мм).

2. Поля: с левой стороны - 25 мм; с правой - 10 мм; в верхней части - 20 мм; в нижней - 20 мм.

3. Тип шрифта: *Times New Roman Cyr*. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Шрифт заголовков разделов (глав): полужирный, размер 16 пт. Шрифт заголовков подразделов: полужирный, размер 14 пт. Цвет шрифта должен быть черным. Межсимвольный интервал – обычный. Межстрочный интервал – полуторный. Абзацный отступ – 1,25 см.

4. Страницы должны быть пронумерованы. Порядковый номер ставится в **середине верхнего поля**. Первой страницей считается титульный лист, но номер страницы на нем не проставляется. Рецензия - страница 2, затем 3 и т.д.

5. Главы имеют **сквозную нумерацию** в пределах работы и обозначаются арабскими цифрами. **В конце заголовка точка не ставится**. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. **Переносы слов в заголовках не допускаются**.

6. Номер подраздела (параграфа) включает номер раздела (главы) и порядковый номер подраздела (параграфа), разделенные точкой. Пример – 1.1, 1.2 и т.д.

7. Главы работы по объему должны быть пропорциональными. Каждая глава начинается с новой страницы.

8. В работе необходимо чётко и логично излагать свои мысли, следует избегать повторений и отступлений от основной темы. Не следует загромождать текст длинными описательными материалами.

9. На последней странице курсовой работы ставятся дата окончания работы и подпись автора.

10. Законченную работу следует переплести в папку.

Написанную и оформленную в соответствии с требованиями курсовую

работу обучающийся регистрирует на кафедре. Срок рецензирования – не более 7 дней.

5.2 Оформление ссылок (ГОСТР 7.0.5)

При написании курсовой работы необходимо давать краткие внутри текстовые библиографические ссылки. Если делается ссылка на источник в целом, то необходимо после упоминания автора или авторского коллектива, а также после приведенной цитаты работы, указать в квадратных скобках номер этого источника в библиографическом списке. Например: по мнению Ван Штраалена, существуют по крайней мере три случая, когда биоиндикация становится незаменимой [7].

Допускается внутри текстовую библиографическую ссылку заключать в круглые скобки, с указанием авторов и года издания объекта ссылки. Например, (Черников, Соколов 2018).

Если ссылку приводят на конкретный фрагмент текста документа, в ней указывают порядковый номер и страницы, на которых помещен объект ссылки. Сведения разделяют запятой, заключая в квадратные скобки. Например, [10, с. 81]. Допускается оправданное сокращение цитаты. В данном случае пропущенные слова заменяются многоточием.

5.3 Оформление иллюстраций (ГОСТ 2.105-95)

На все рисунки в тексте должны быть даны ссылки. Рисунки должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Рисунки нумеруются арабскими цифрами, при этом нумерация сквозная, но допускается нумеровать и в пределах раздела (главы). В последнем случае, номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой (*например*: Рисунок 1.1).

Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Слово «Рисунок» пишется полностью. В этом случае подпись должна выглядеть так: Рисунок 2 – Ввод проводов в здание

Точка в конце названия не ставится.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рис. 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рис. 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Независимо от того, какая представлена иллюстрация - в виде схемы, графика, диаграммы - подпись всегда должна быть «Рисунок». Подписи типа «Схема 1.2», «Диагр. 1.5» не допускаются.

Схемы, графики, диаграммы (если они не внесены в приложения) должны размещаться сразу после ссылки на них в тексте курсовой работы. Допускается размещение иллюстраций через определенный промежуток текста в том случае, если размещение иллюстрации непосредственно после ссылки на нее приведет к разрыву и переносу ее на следующую страницу.

Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке, за исключением повторяющихся позиций, а для

электрических элементов позиционные обозначения, установленные в схемах данного изделия.

Исключение составляют электрические элементы, являющиеся органами регулировки или настройки, для которых (кроме номера позиции) дополнительно указывают в подрисуночном тексте назначение каждой регулировки и настройки, позиционное обозначение и надписи на соответствующей планке или панели.

Допускается, при необходимости, номер, присвоенный составной части изделия на иллюстрации, сохранять в пределах документа.

5.4 Общие правила представления формул (ГОСТ 2.105-95)

Формулы должны быть оформлены в редакторе формул *Equation Editor* и вставлены в документ как объект.

Большие, длинные и громоздкие формулы, которые имеют в составе знаки суммы, произведения, дифференцирования, интегрирования, размещают на отдельных строках. Это касается также и всех нумеруемых формул. Для экономии места несколько коротких однотипных формул, отделенных от текста, можно подать в одной строке, а не одну под одну. Небольшие и несложные формулы, которые не имеют самостоятельного значения, вписывают внутри строк текста.

Объяснение значений символов и числовых коэффициентов нужно подавать непосредственно под формулой в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента нужно подавать с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Уравнения и формулы нужно выделять из текста свободными строками. Выше и ниже каждой формулы нужно оставить не меньше одной свободной строки. Если уравнение не вмещается в одну строку, его следует перенести после знака равенства (=), или после знаков плюс (+), минус (-), умножение.

Нумеровать следует лишь те формулы, на которые есть ссылка в следующем тексте.

Порядковые номера помечают арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы без точек от формулы к ее номеру. Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой (Например, 4.2). Номер, который не вмещается в строке с формулой, переносят ниже формулы. Номер формулы при ее перенесении вмещают на уровне последней строки. Если формула взята в рамку, то номер такой формулы записывают снаружи рамки с правой стороны напротив основной строки формулы. Номер формулы-дроби подают на уровне основной горизонтальной черточки формулы.

Номер группы формул, размещенных на отдельных строках и объединенных фигурной скобкой, помещается справа от острия парантеза, которое находится в середине группы формул и направлено в сторону номера.

Общее правило пунктуации в тексте с формулами такое: формула входит в предложение как его равноправный элемент. Поэтому в конце формул и в

тексте перед ними знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации.

Двоеточие перед формулой ставят лишь в случаях, предусмотренных правилами пунктуации: а) в тексте перед формулой обобщающее слово; б) этого требует построение текста, который предшествует формуле.

Знаками препинания между формулами, которые идут одна под одной и не отделены текстом, могут быть запятая или точка с запятой непосредственно за формулой к ее номеру.

Пример: Потеря напряжения определяется по формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{Cs}, \quad (4.2)$$

где, М – момент нагрузки, кВт*м;

С – коэффициент, учитывающий систему сети, род тока и материал проводника;

S – сечение провода, мм².

Определяем момент нагрузки в самой удалённой точке сети (см. план помещения).

При ссылке на формулу в тексте ее номер ставят в круглых скобках.

Например: Из формулы (4.2) следует...

5.5 Оформление таблиц (ГОСТ 2.105-95)

На все таблицы в тексте должны быть ссылки. Таблица должна располагаться непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Все таблицы нумеруются (нумерация сквозная, либо в пределах раздела – в последнем случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой (*например:* Таблица 1.2)). Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением обозначения приложения (*например:* Приложение 2, табл. 2). Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзачного отступа в одну строку с ее номером через тире (*например:* Таблица 6 – Результаты измерений и заключение).

При переносе таблицы на следующую страницу название помещают только над первой частью. Над другими частями также слева пишут слово «Продолжение» или «Окончание» и указывают номер таблицы (*например:* Продолжение таблицы 6).

Таблицы, занимающие страницу и более, обычно помещают в приложение. Таблицу с большим количеством столбцов допускается размещать в альбомной ориентации. В таблице допускается применять размер шрифта 12, интервал 1,0.

Заголовки столбцов и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки столбцов – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков столбцов и строк точки не ставят.

Разделять заголовки и подзаголовки боковых столбцов диагональными линиями не допускается. Заголовки столбцов, как правило, записывают параллельно строкам таблицы, но при необходимости допускается их перпендикулярное расположение.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Но заголовок столбцов и строк таблицы должны быть отделены линией от остальной части таблицы.

При заимствовании таблиц из какого-либо источника, после нее оформляется сноска на источник в соответствии с требованиями к оформлению сносок.

Пример:

Таблица 7.1 - Допустимый длительный ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки на провода, А					
	Проложенные открыто	Проложенные в одной трубе				
		Два одножильных	Три одножильных	Четыре одножильных	Один двухжильный	Один трехжильный
1	2	3	4	5	6	7
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
7	62	54	51	46	48	43
8	80	70	60	50	55	50

-----разрыв страницы-----

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7
9	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50

5.6 Оформление библиографического списка (ГОСТ 7.1)

Оформление книг

с 1 автором

1. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин [Текст]: учебник для вузов/ И.П. Копылов [и др.].— 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Юрайт, 2012. — 767 с. — (Бакалавр. Углубленный курс).

с 2-3 авторами

1. Вольдек, А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы [Текст]: учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб.: Питер, 2007. – 320 с.

2. Забудский, Е.И. Электрические машины [Текст]: уч. пособие для вузов. Ч.3. Синхронные машины / Е.И. Забудский. – 2-е изд., перераб. и доп., в четырех частях. – Москва: Мегapolis, 2019. – 295 с.

3. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин [Текст]: учебник для вузов/ И.П. Копылов [и др.]. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2012. – 767 с. – (Бакалавр. Углубленный курс).

с 4 и более авторами

1. Вольдек, А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы [Текст]: учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб.: Питер, 2007. – 320 с.

2. Забудский, Е.И. Электрические машины [Текст]: уч. пособие для вузов. Ч.1. Трансформаторы / Е.И. Забудский. – М.: МГАУ имени В.П. Горячкина, 2002. – 167 с.

3. Забудский, Е.И. Электрические машины [Текст]: уч. пособие для вузов. Ч.3. Синхронные машины / Е.И. Забудский. – 2-е изд., перераб. и доп., в четырех частях. – Москва: Мегapolis, 2019. – 295 с.

4. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин [Текст]: учебник для вузов/ И.П. Копылов [и др.]. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2012. – 767 с. – (Бакалавр. Углубленный курс).

Оформление учебников и учебных пособий

Забудский, Е.И. Электрические машины [Текст]: уч. пособие для вузов. Ч.4. Машины постоянного тока / Е.И. Забудский. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2014. – 160 с.

Оформление учебников и учебных пособий под редакцией

Копылов, И.П. Электрические машины [Текст]: уч. пособие / И.П. Копылов, С.И. Копылов; под ред. И.П. Копылова. – М.: Юрайт, 2014. – 180 с.

Для многотомных книг

Забудский, Е.И. Электрические машины Т.2. Асинхронные машины / Е.И. Забудский. – М.: Юрайт, 2014. – 123 с.

Словари и энциклопедии

Ожегов, С.И. Толковый словарь русского языка / С.И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – М.: Азбуковник, 2000. – 940 с.

Оформление статей из журналов и периодических сборников

Забудский, Е.И. Стабилизация напряжения распределительной электросети на основе однокристалльной микроЭВМ // International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" Vol. 11, Number 1, ITHEA, Sofia (Bulgaria), June 2017, pp.73-99.
<http://zabudsky.ru/Bolgar2017p1-2 72-99 100.pdf>

Диссертация

Кабдин, Н.Е. Повышение эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей в сельскохозяйственном производстве // Н.Е. Кабдин. – Дисс. ... канд.техн.наук. Москва, 2002. – 240с.

Автореферат диссертации

Кабдин, Н.Е. Повышение эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей в сельскохозяйственном производстве: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.02– М.: 2002. – 21с.

Описание нормативно-технических и технических документов

1. ГОСТ 27471–87. Машины электрические вращающиеся. Термины и определения.
2. ГОСТ Р 52776–2007. Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и характеристики.
3. ГОСТ 31606–2012. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные мощностью от 0,12 до 400 кВт включительно. Общие технические требования.
4. ГОСТ 9630–80. Двигатели трехфазные асинхронные напряжением свыше 1000 В Общие технические условия.
5. ГОСТ 7217–87. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний.

Описание официальных изданий

Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года. – М.: Эксмо, 2013. – 63 с.

Депонированные научные работы

1. Крылов, А.В. Гетерофазная кристаллизация бромида серебра/ А.В. Крылов, В.В. Бабкин; Редкол. «Журн. прикладной химии». – Л., 1982. – 11 с. – Деп. в ВИНТИ 24.03.82; № 1286-82.
2. Кузнецов, Ю.С. Изменение скорости звука в холодильных расплавах / Ю.С. Кузнецов; Моск. хим.-технол. ун-т. – М., 1982. – 10 с. – Деп. в ВИНТИ 27.05.82; № 2641.

Электронные ресурсы

1. Забудский, Е.И. Математическое моделирование управляемых электромагнитных реакторов[Электронный ресурс]: Монография / Е.И. Забудский – Москва: ООО "Мегаполис", 2018. – 356 с. Color.–

Режим доступа: http://zabudsky.ru/Monograph_March_2018site.pdf

2. Защита персональных данных пользователей и сотрудников библиотеки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nbrkomi.ru>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 14.04.2014).

5.7 Оформление графических материалов

Графическая часть выполняется на одной стороне белой чертёжной бумаги в соответствии с требованиями ГОСТ 2.301-68 формата А1 (594х841). В обоснованных случаях для отдельных листов допускается применение других форматов.

Требования к оформлению графической части изложены в стандартах ЕСКД: ГОСТ 2.302-68* «Масштабы»; ГОСТ 2.303-68* «Линии»; ГОСТ 2.304-81* «Шрифты», ГОСТ 2.305-68** «Изображения – виды, разрезы, сечения» и т. д. Основная надпись на чертежах выполняется по ГОСТ 2.104-68*. Оформление основной надписи графической части выполняется в соответствии с ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС.

Чертежи должны быть оформлены в полном соответствии с государственными стандартами: «Единой системы конструкторской документации» (ЕСКД); «Системы проектной документации для строительства» (СПДС (ГОСТ 21)) и других нормативных документов. На каждом листе тонкими линиями отмечается внешняя рамка по размеру формата листа, причем вдоль короткой стороны слева оставляется поле шириной 25 мм для подшивки листа. В правом нижнем углу располагается основная подпись установленной формы, приложение Г.

5.8 Оформление приложений (ГОСТ 2.105-95)

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. Допускается использование для обозначения приложений арабских цифр. После слова "Приложение" следует буква (или цифра), обозначающая его последовательность.

Приложения, как правило, оформляют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А2, А1 по ГОСТ 2.301.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

5.9 Требования к лингвистическому оформлению курсовой работы

Курсовая работа должна быть написана логически последовательно, литературным языком. Повторное употребление одного и того же слова, если это возможно, допустимо через 50 – 100 слов. Не должны употребляться как излишне пространные и сложно построенные предложения, так и чрезмерно краткие лаконичные фразы, слабо между собой связанные, допускающие двойные толкования и т. д.

При написании курсовой работы не рекомендуется вести изложение от первого лица единственного числа: «я наблюдал», «я считаю», «, по моему мнению,» и т.д. Корректнее использовать местоимение «мы». Допускаются обороты с сохранением первого лица множественного числа, в которых исключается местоимение «мы», то есть фразы строятся с употреблением слов «наблюдаем», «устанавливаем», «имеем». Можно использовать выражения «на наш взгляд», «,

по нашему мнению,», однако предпочтительнее выражать ту же мысль в безличной форме, например:

- *изучение педагогического опыта свидетельствует о том, что ...*,
- *на основе выполненного анализа можно утверждать ...*,
- *проведенные исследования подтвердили...*;
- *представляется целесообразным отметить*;
- *установлено, что*;
- *делается вывод о...*;
- *следует подчеркнуть, выделить*;
- *можно сделать вывод о том, что*;
- *необходимо рассмотреть, изучить, дополнить*;
- *в работе рассматриваются, анализируются...*

При написании курсовой работы необходимо пользоваться языком научного изложения. Здесь могут быть использованы следующие слова и выражения:

- для указания на последовательность развития мысли и временную соотнесенность:
 - *прежде всего, сначала, в первую очередь*;
 - *во – первых, во – вторых и т. д.*;
 - *затем, далее, в заключение, итак, наконец*;
 - *до сих пор, ранее, в предыдущих исследованиях, до настоящего времени*;
 - *в последние годы, десятилетия*;
- для сопоставления и противопоставления:
 - *однако, в то время как, тем не менее, но, вместе с тем*;
 - *как..., так и...*;
 - *с одной стороны..., с другой стороны, не только..., но и*;
 - *по сравнению, в отличие, в противоположность*;
- для указания на следствие, причинность:
 - *таким образом, следовательно, итак, в связи с этим*;
 - *отсюда следует, понятно, ясно*;
 - *это позволяет сделать вывод, заключение*;
 - *свидетельствует, говорит, дает возможность*;
 - *в результате*;
- для дополнения и уточнения:
 - *помимо этого, кроме того, также и, наряду с..., в частности*;
 - *главным образом, особенно, именно*;
- для иллюстрации сказанного:
 - *например, так*;
 - *проиллюстрируем сказанное следующим примером, приведем пример*;
 - *подтверждением выше сказанного является*;
- для ссылки на предыдущие высказывания, мнения, исследования и т.д.:
 - *было установлено, рассмотрено, выявлено, проанализировано*;
 - *как говорилось, отмечалось, подчеркивалось*;
 - *аналогичный, подобный, идентичный анализ, результат*;
 - *по мнению X, как отмечает X, согласно теории X*;
- для введения новой информации:

- *рассмотрим следующие случаи, дополнительные примеры;*
- *перейдем к рассмотрению, анализу, описанию;*
- *остановимся более детально на...;*
- *следующим вопросом является...;*
- *еще одним важнейшим аспектом изучаемой проблемы является...;*
- для выражения логических связей между частями высказывания:
 - *как показал анализ, как было сказано выше;*
 - *на основании полученных данных;*
 - *проведенное исследование позволяет сделать вывод;*
 - *резюмируя сказанное;*
 - *дальнейшие перспективы исследования связаны с....*

Письменная речь требует использования в тексте большого числа развернутых предложений, включающих придаточные предложения, причастные и деепричастные обороты. В связи с этим часто употребляются составные подчинительные союзы и клише:

- *поскольку, благодаря тому, что, в соответствии с...;*
- *в связи, в результате;*
- *при условии, что, несмотря на...;*
- *наряду с..., в течение, в ходе, по мере.*

Необходимо определить основные понятия по теме исследования, чтобы использование их в тексте курсовой работы было однозначным. Это означает: то или иное понятие, которое разными учеными может трактоваться по-разному, должно во всем тексте данной работы от начала до конца иметь лишь одно, четко определенное автором курсовой работы значение.

В курсовой работе должно быть соблюдено единство стиля изложения, обеспечена орфографическая, синтаксическая и стилистическая грамотность в соответствии с нормами современного русского языка.

6. Порядок защиты курсовой работы

Ответственность за организацию и проведение защиты курсовой работы возлагается на заведующего кафедрой и руководителя выполнения курсовой работы. Заведующий кафедрой формирует состав комиссии по защите курсовых работ, утвержденный протоколом заседания кафедры. Руководитель информирует обучающихся о дне и месте проведения защиты курсовых работ, обеспечивает работу комиссии необходимым оборудованием, проверяет соответствие тем представленных курсовых работ примерной тематике, готовит к заседанию комиссии экзаменационную ведомость с включением в нее тем курсовых работ обучающихся, дает краткую информацию о порядке проведения защиты курсовых работ, обобщает информацию об итогах проведения защиты курсовых работ на заседание кафедры.

К защите могут быть представлены только работы, которые получили положительную рецензию. Не зачтенная работа должна быть доработана в соответствии с замечаниями руководителя в установленные сроки и сдана на проверку повторно.

Защита курсовых работ проводится до начала экзаменационной сессии. Защита курсовой работы включает:

- краткое сообщение автора продолжительностью 5-7 минут об актуальности работы, целях, объекте исследования, результатах и рекомендациях по совершенствованию деятельности анализируемой организации в рамках темы исследования;

- вопросы к автору работы и ответы на них;
- отзыв руководителя.

Защита курсовой работы производится публично (в присутствии обучающихся, защищающих работы в этот день) членам комиссии.

Если при проверке курсовой работы или защите выяснится, что обучающийся не является ее автором, то защита прекращается. Обучающийся будет обязан написать курсовую работу по другой теме.

При оценке курсовой работы учитывается:

- степень самостоятельности выполнения работы;
- актуальность и новизна работы;
- сложность и глубина разработки темы;
- знание современных подходов на исследуемую проблему;
- использование периодических изданий по теме;
- качество оформления;
- четкость изложения доклада на защите;
- правильность ответов на вопросы.

В соответствии с установленными правилами курсовая работа оценивается по следующей шкале:

- на **"отлично"** оценивается работа, в которой студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки отсутствуют. Оформление курсовой работы соответствует предъявляемым требованиям. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков. При защите курсовой работы студент отвечает на вопросы;

- на **"хорошо"** оценивается работа, в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, выполнены с неточностями. Имеются замечания к оформлению курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован средний уровень развития профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков. При защите курсовой работы студент владеет материалом, но отвечает не на все поставленные вопросы.

- на **"удовлетворительно"** оценивается работа, в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы выполнены с ошибками. Студентом не сделаны собственные выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы; слабое владение специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки. При защите курсовой работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы

- на **"неудовлетворительно"** оценивается работа, выполненная не в соответствии с утвержденным планом, в которой не раскрыто содержание вопроса;

допущены грубые ошибки в расчетах, таблицах. Студентом не сделаны выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы. На защите курсовой работы студент показал поверхностные знания по теме, не правильно отвечал на вопросы.

По итогам защиты за курсовую работу выставляется оценка на титульный лист работы, в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение курсовой работы

7.1 Основная литература

1. Маликов, Р. Ф. Компьютерное моделирование динамических систем в среде Rand Model Designer : учебник для вузов / Р. Ф. Маликов. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 219 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14575-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/569574>.

2. Алтухов, И. В. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации : учебное пособие : в 2 книгах / И. В. Алтухов, А. Д. Епифанов, А. Г. Черных. — 2-е изд., испр. и доп. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2012 — Книга 1 — 2012. — 208 с. — ISBN 978-5-91777-072-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133349>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Алтухов, И. В. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации : учебное пособие : в 2 книгах / И. В. Алтухов, А. Д. Епифанов, А. Г. Черных. — 2-е изд., испр. и доп. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2012 — Книга 2 — 2012. — 235 с. — ISBN 978-5-91777-072-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133350>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Гурьянов, Д. В. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации : учебное пособие / Д. В. Гурьянов, А. Ю. Астапов. — Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2020. — 135 с. — ISBN 978-5-94664-368-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/253541> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2 Дополнительная литература

1. Подвигалкин, В. Я. Робот в технологическом модуле: монография / В. Я. Подвигалкин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 140 с. — ISBN 978-5-507-52182-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/439868>.

2. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации. Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ : учебное пособие / составители И. Р. Нафиков [и др.]. — Казань : КГАУ, 2022. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/296540>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации : учебное пособие / составители С. Н. Кушнарев [и др.]. — Улан-Удэ : Бурятская ГСХА им. В.Р.

Филиппова, 2019. — 144 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/226067>. — Режим доступа: для авториз. пользователей..

4. Воробьев, В. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации : учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. А. Воробьев. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2020. — 398 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13776-7. — Текст: электронный//Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/466876>.

5. Совертков, П. И. Компьютерное моделирование / П. И. Совертков. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 424 с. — ISBN 978-5-507-46708-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/339761> (дата обращения: 09.11.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 6. Башилов, А.М. Современные средства монтажа электрооборудования [Текст]: учебное пособие /А.М. Башилов, В.А. Королев, Е.А. Овсянникова.— М.: МГАУ, 2011. — 56 с.

6. 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. Методическое, программное обеспечение курсовой работы

8.1 Методические указания и методические материалы к курсовой работе

Методические рекомендации для успешного освоения студентом курсовой работы по дисциплине «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на **лекциях**. Самостоятельно производить расчеты по выбору защитной аппаратуры. Организовать электронное хранилище информации по своей специальности и заносить туда собранную информацию и выполненные работы.

2. Курсовую работу выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего материала дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

8.2 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем для выполнения курсовой работы

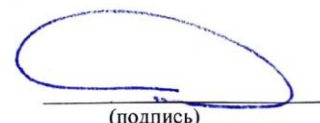
Таблица 6 – Перечень программного обеспечения

Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
Power Point	Презентация	Microsoft	2010

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. <http://www.rsl.ru> (официальный сайт российской государственной библиотеки) (открытый доступ);
4. <http://www.cnsb.ru/elbib.shtm> (электронная библиотека ЦНСХБ) (открытый доступ);
5. <http://electrolibrary.by.ru> — Интернет-магазин электротехнической книги (открытый доступ);
6. <http://www.remhouse.spb.ru/gost00> — ПУЭ, СНИП'ы, ГОСТ'ы (открытый доступ) (открытый доступ);
7. www.electro-mpo.ru — Электротехническая продукция МПО «Электромонтаж» (открытый доступ);
8. www.iek.ru — Электротехническая продукция ООО «Интерэлектрокомплект» (открытый доступ);
9. ЕТИМ Каталог Электротехническая продукция [Электронный ресурс] // Каталог продукции компании EKF. — Режим доступа: www. URL: https://etim.ekfgroup.com/;
10. Элементная база EKF для популярного программного обеспечения [Электронный ресурс] // BIM & CAD библиотеки. — Режим доступа: www. URL: https://ekfgroup.com/ru/support/libraries.
11. Низковольтное оборудование EKF. [Электронный ресурс] // Каталог продукции компании EKF. — Режим доступа: www. URL: https://ekf-ru.com/nizkovoltное-oborudovanie-ekf/.
12. ОВЕН. Оборудование для автоматизации (Электронный ресурс) // Режим доступа: <https://owen.ru/>.
13. Образовательный сайт по электротехнике. Устройство, проектирование, монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт электрооборудования [Электронный ресурс], - Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat>.
14. Каталог продукции [Электронный ресурс] // Электронный каталог фирмы KIP-PRIBOR / Режим доступа: [www. URL: http://www.kippribor.ru/?id=282](http://www.kippribor.ru/?id=282).
15. Каталоги электрооборудования, проводов и кабелей, приборов, электромонтажного инструмента фирм производителей. Профессиональный инструмент для электромонтажных работ. [Электронный ресурс], - Режим доступа: <http:// https://kvt.su/prod/electrical-tools/?ysclid=lvs6km5ffl548763275>
16. Справочник кабельно-проводниковой продукции, [Электронный ресурс], - Режим доступа: <http:// www.farial.ru>.

Методические указания разработал:

Четвериков, к.т.н., доцент



(подпись)

Приложение А

Пример оформления титульного листа курсовой работы



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

Учебная дисциплина «Монтаж электрооборудования»

КУРСОВАЯ РАБОТА

на тему:

Выполнил
обучающийся ... курса... группы

ФИО
Дата регистрации КР
на кафедре _____

Допущен (а) к защите

Руководитель:

ученая степень, ученое звание, ФИО

Члены комиссии:

ученая степень, ученое звание, ФИО подпись

ученая степень, ученое звание, ФИО подпись

ученая степень, ученое звание, ФИО подпись

Оценка _____

Дата защиты _____

Москва, 20__

Приложение Б
Примерная форма задания

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева

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

ЗАДАНИЕ
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ (КР)

Обучающийся _____

Тема КР _____

Исходные данные к работе _____

Перечень подлежащих разработке в работе вопросов:

Перечень дополнительного материала _____

Дата выдачи задания «__» _____ 202__ г.

Руководитель (подпись, ФИО) _____

Задание принял к исполнению (подпись обучающегося) _____

«__» _____ 202__ г.

Приложение В
Примерная форма рецензии на курсовую работу

РЕЦЕНЗИЯ

на курсовую работу обучающегося
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»

Обучающийся _____
Учебная дисциплина _____
Тема курсовой работы _____

**Полнота раскрытия
темы:** _____

Оформление: _____

Замечания: _____

Курсовая работа отвечает предъявляемым к ней требованиям и
заслуживает _____ оценки.
(отличной, хорошей, удовлетворительной, не удовлетворительной)

Рецензент _____
(фамилия, имя, отчество, уч.степень, уч.звание, должность, место работы)

Дата: « ____ » _____ 20 ____ г.

Подпись: _____

185

11x5=55

- в графе 1 - обозначение шифра документа, в том числе: код кафедры, номер учебной группы, год оформления графического документа, номер графического документа. Например - шифр документа – 27-471-15-01, где, 27 - кода кафедры, 471 - номера учебной группы, 15 - год оформления графического документа, 01- номер графического документа;

- Наименования спецификаций и других таблиц, а также текстовых указаний, относящихся к изображениям, в графе 4 не указывают (кроме случаев, когда спецификации или таблицы выполнены на отдельных листах).

- в графе 6 - порядковый номер листа документа.;
- в графе 7 - общее количество листов документа;
- в графе 8 - наименование учебного заведения и его подразделения, разработавшей документ.

27-471-15-07

						27-471-15-07			
						Благоустройство производственной зоны с использованием строительных отходов на примере промышленного предприятия в Нижегородской области			
Должность	Фамилия	Подпись	Дата			Экономическая часть	Стадия	Лист	Листов
Разработчик	Вабишвили О.А.						БР	7	7
Руководит.	Соломин И.А.								
Зав. вып. каф.	Сметанин В.И.								
Норм. конт.	Шибалова Г.В.					Основные показатели проекта	ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева кафедра ОТСОП		

РЕЦЕНЗИЯ

**на методические указания к написанию курсовой работы по дисциплине
Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического
управления» ОПОП ВО по направлению 35.03.06 - Агроинженерия,
направленности Автоматизация и роботизация технологических процессов
(квалификация выпускника – бакалавр)**

Нормовым Дмитрием Александровичем, 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 методических указаний к написанию курсовой работы по дисциплине Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» по направлению **35.03.06 - Агроинженерия, направленности Автоматизация и роботизация технологических процессов (квалификация выпускника – бакалавр)** разработанной Четвериковым Е.А., к.т.н., доцентом кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородин института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

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

1. Предъявленные методические указания к написанию курсовой работы по дисциплине Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» соответствуют требованиям ФГОС ВО по направлению 35.03.06 - Агроинженерия, направленности Автоматизация и роботизация технологических процессов.

2. Цели методических указаний к написанию курсовой работы по дисциплине Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» соответствуют целям дисциплины и ФГОС ВО направления 35.03.06 - Агроинженерия.

3. Методические указания к написанию курсовой работы по дисциплине Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» способны реализовать закрепленные компетенции в объявленных требованиях.

4. Методические указания к написанию курсовой работы в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления».

5. Методические указания к написанию курсовой работы по дисциплине Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» взаимосвязаны с программой дисциплины Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» и дополняют ее.

6. Форма и критерии оценки при защите курсовой работы, представленные в методических указаниях к написанию курсовой работы по дисциплине Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления», соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины Б1.О.44 «Компьютерное моделирование систем автоматического управления», указанное в методических указаниях к написанию курсовой работы представлено: основной литературой – 4 источника, дополнительной литературой – 7 наименований, Интернет-ресурсы – 12 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 35.03.06 - Агроинженерия.

В основной части показаны примеры оформления иллюстрационного материала, ссылок, формул, таблиц, литературы.

В приложениях представлены примеры оформления титульного листа, задания, рецензии на курсовую работу.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание методических указаний к написанию курсовой работы по дисциплине «Компьютерное моделирование систем автоматического управления» ОПОП ВО по направлению 35.03.06 - Агроинженерия, направленности Автоматизация и роботизация технологических процессов (квалификация выпускника – бакалавр), разработанных Четвериковым Евгением Александровичем, к.т.н., доцентом кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина, соответствуют требованиям ФГОС ВО и позволят при их реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Нормов Д.А., 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



« 20 » июня 2025г.