

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Е.И.Луковникова

_____ 07 июня _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.02 Многомерные и многосвязные системы управления

Закреплена за кафедрой **Управления в технических системах**

Учебный план b270304_23_УТС.plx

27.03.04 Управление в технических системах

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Контрольная работа 7, Зачет 7,8

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		8 (4.2)		Итого	
	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Неделя	17		13			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	34	34	26	26	60	60
Практические	17	17	13	13	30	30
В том числе инт.	12	12	12	12	24	24
В том числе в форме практ.подготовки	17	17	13	13	30	30
Итого ауд.	51	51	39	39	90	90
Контактная работа	51	51	39	39	90	90
Сам. работа	57	57	33	33	90	90
Итого	108	108	72	72	180	180

Программу составил(и):
к.т.н., доц., Крумин О.К. _____

Рабочая программа дисциплины

Многомерные и многосвязные системы управления

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах (приказ Минобрнауки России от 31.07.2020 г. № 871)

составлена на основании учебного плана:

27.03.04 Управление в технических системах
утвержденного приказом ректора от 17.02.2023 № 72.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Управления в технических системах

Протокол от 19 апреля 2023 г. № 9

Срок действия программы: 2023-2027 уч.г.

Зав. кафедрой Григорьева Т.А.

Председатель МКФ

старший преподаватель Латушкина С.В. 24 апреля 2023 г. № 9

Ответственный за реализацию ОПОП _____ Григорьева Т.А.

Директор библиотеки _____ Сотник Т.Ф.

№ регистрации 32
(методический отдел)

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2024 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Управления в технических системах

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
Управления в технических системах

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Управления в технических системах

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МКФ

_____ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Управления в технических системах

Внесены изменения/дополнения (Приложение _____)

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Изложение базовых принципов математического моделирования многомерных и многосвязных систем для определения общих технических требований и функционального назначения автоматизированных систем управления технологическими процессами.
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:		Б1.В.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Теория автоматического управления	
2.1.2	Электроэнергетические системы и сети	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Производственная (преддипломная) практика	
2.2.2	Автоматизация технологических процессов и производств	
2.2.3	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-1: Способен к исследованию автоматизируемого объекта и подготовке технико-экономического обоснования создания автоматизированной системы управления технологическими процессами

Индикатор 1	ПК-1.2 Знает общие технические требования и функциональное назначение автоматизированных систем управления технологическими процессами.
-------------	---

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	общие технические требования и функциональное назначение многомерных и многосвязных систем управления технологическими процессами.
3.2	Уметь:
3.2.1	исследовать многомерные и многосвязные объекты управления.
3.3	Владеть:
3.3.1	методами исследования многомерных и многосвязных систем управления технологическими процессами.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел	Раздел 1. Понятие многомерной и многосвязной системы						
1.1	Лек	Основные определения	7	2	ПК-1	Л1.1Л2.4 Э1	0	ПК-1.2
1.2	Лек	Качество переходных процессов	7	2	ПК-1	Л1.1Л2.4 Э1	0	ПК-1.2
1.3	Лек	Понятие многосвязности системы	7	4	ПК-1	Л1.1Л2.4 Э1	1	ПК-1.2 лекция с разбором конкретных ситуаций
1.4	Контр.ра б.	Управление качеством переходных процессов в многосвязных системах	7	25	ПК-1	Л3.1 Э1	0	ПК-1.2
1.5	Зачёт		7	4	ПК-1	Л1.1Л2.4	0	ПК-1.2
	Раздел	Раздел 2. Граф системы управления						
2.1	Лек	Структурные схемы и графы	7	5	ПК-1	Л1.2Л2.2 Э1	2	ПК-1.2 лекция с разбором конкретных ситуаций

2.2	Лек	Формула Мейсона	7	5	ПК-1	Л1.2Л2.2 Э1	3	ПК-1.2 лекция с разбором конкретных ситуаций
2.3	Пр	Расчёт нормального режима работы электропередачи	7	5	ПК-1	Л2.3Л3.1 Э1	3	ПК-1.2 работа в малых группах
2.4	Ср		7	6	ПК-1	Л1.2Л2.2	0	ПК-1.2
2.5	Зачёт		7	4	ПК-1	Л1.2Л2.2	0	ПК-1.2
	Раздел	Раздел 3. Моделирование в переменных состояния						
3.1	Лек	Моделирование в переменных состояния	7	8	ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Э1	0	ПК-1.2
3.2	Пр	Построение угловой характеристики активной мощности электропередачи	7	6	ПК-1	Л2.3Л3.1 Э1	0	ПК-1.2
3.3	Ср		7	6	ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.1	0	ПК-1.2
3.4	Зачёт		7	4	ПК-1	Л1.1 Л1.3Л2.1	0	ПК-1.2
	Раздел	Раздел 4. Схемы моделирования для перехода от передаточных функций к векторно- матричным моделям						
4.1	Лек	Схемы моделирования для перехода от передаточных функций к векторно- матричным моделям	7	8	ПК-1	Л1.3Л2.1 Э1	0	ПК-1.2
4.2	Пр	Расчёт частных производных по параметрам регулирования	7	6	ПК-1	Л2.3Л3.1 Э1	3	ПК-1.2 работа в малых группах
4.3	Ср		7	4	ПК-1	Л1.3Л2.1 Э1	0	ПК-1.2
4.4	Зачёт		7	4	ПК-1	Л1.3Л2.1 Э1	0	ПК-1.2
	Раздел	Раздел 5. Решение уравнений состояния						
5.1	Лек	Метод преобразования Лапласа	8	2	ПК-1	Л1.1 Л1.2 Э1	2	ПК-1.2 лекция с разбором конкретных ситуаций
5.2	Лек	Метод разложения в бесконечный ряд	8	2	ПК-1	Л1.1 Л1.2 Э1	2	ПК-1.2 лекция с разбором конкретных ситуаций
5.3	Лек	Передаточные функции	8	3	ПК-1	Л1.1 Л1.2 Э1	0	ПК-1.2
5.4	Пр	Составление дифференциальных уравнений Горева-Парка для электрохимических процессов	8	3	ПК-1	Л2.3Л3.1 Э1	0	ПК-1.2
5.5	Ср		8	5	ПК-1	Л1.1 Л1.2	0	ПК-1.2
5.6	Зачёт		8	4	ПК-1	Л1.1 Л1.2	0	ПК-1.2

	Раздел	Раздел 6. Модели дискретных систем в переменных состояниях						
6.1	Лек	Переменные состояния	8	4	ПК-1	Э1	0	ПК-1.2
6.2	Лек	Решение уравнений состояния	8	4	ПК-1	Э1	0	ПК-1.2
6.3	Пр	Исследование динамических свойств электропередачи без учёта действия АРВ-СД	8	4	ПК-1	Л2.3Л3.1 Э1	4	ПК-1.2 работа в малых группах
6.4	Ср		8	4	ПК-1		0	ПК-1.2
6.5	Зачёт		8	4	ПК-1		0	ПК-1.2
	Раздел	Раздел 7. Управляемость. Наблюдаемость. Вырожденность передаточной функции						
7.1	Лек	Управляемость	8	1	ПК-1	Э1	0	ПК-1.2
7.2	Лек	Наблюдаемость	8	1	ПК-1	Э1	0	ПК-1.2
7.3	Лек	Вырожденность передаточной функции	8	2	ПК-1		2	ПК-1.2 лекция с разбором конкретных ситуаций
7.4	Пр	Исследование динамических свойств электропередачи с учётом действия АРВ-СД	8	3	ПК-1	Л2.3Л3.1 Э1	0	ПК-1.2
7.5	Ср		8	4	ПК-1		0	ПК-1.2
7.6	Зачёт		8	4	ПК-1		0	ПК-1.2
	Раздел	Раздел 8. Критерии качества систем управления						
8.1	Лек	Постановка задачи	8	3	ПК-1	Л1.3 Э1	0	ПК-1.2
8.2	Лек	Оптимальное распределение полюсов системы управления	8	4	ПК-1	Л1.3 Э1	0	ПК-1.2
8.3	Пр	Построение области Д-разбиения	8	3	ПК-1	Л2.3Л3.1 Э1	2	ПК-1.2 работа в малых группах
8.4	Ср		8	4	ПК-1	Л1.3	0	ПК-1.2
8.5	Зачёт		8	4	ПК-1	Л1.3	0	ПК-1.2

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология коллективного взаимодействия (работа в малых группах) (самостоятельное изучение обучающимися нового материала посредством сотрудничества в малых группах, дает возможность всем участникам участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения)

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция с разбором конкретных ситуаций)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы к защите практических занятий

Раздел №2. Граф системы управления

1. Приведите принципиальную схему электропередачи (ЭП).

2. Исходя из векторной диаграммы, напишите выражения для определения продольной и поперечной составляющих напряжения генератора.

Раздел №3. Моделирование в переменных состояниях

1. Нарисуйте угловую характеристику активной мощности ЭП и, исходя из неё, дайте определение колебательной

статической устойчивости.

2. Что характеризует точка пересечения мощности турбины P_n и мощности генератора P_g ?

Раздел №4.

1. По какой из частных производных по параметрам регулирования можно судить об устойчивости системы и почему?

Раздел №5. Решение уравнений состояния

1. Запишите линейные дифференциальные уравнения движения в форме Коши.

2. Назовите величины, входящие в формулу Коши, применительно к исследуемой ЭП.

Раздел №6. Модели дискретных систем в переменных состояниях

1. Что характеризует характеристический полином (ХП) системы, каким образом он находится?

2. Что характеризуют частотные характеристики (ЧХ) параметра регулирования?

Раздел №7. Управляемость. Наблюдаемость. Вырожденность передаточной функции

1. Приведите принципиальную схему автоматического регулятора возбуждения сильного действия (АРВ-СД).

2. Каким образом находится значение напряжения на выходе АРВ-СД?

Раздел №8. Критерии качества систем управления

1. Каким образом выполняется построение кривой Д-разбиения, что она показывает?

2. Каким образом выбирается комбинация настроечных коэффициентов, обеспечивающая общую устойчивость исследуемой системы?

Перечень вопросов при защите контрольной работы:

1. Приведите формулы, используемые в контрольной работе (кр), для преобразования электрической системы (ЭС) в простейшую систему (электропередачу) (параллельное соединение элементов, сопротивления эквивалентной звезды, эквивалентная э.д.с. для двух ветвей и т.д.).

2. Приведите принципиальную схему электропередачи, а также исходные данные для расчёта нормального режима.

3. Нарисуйте упрощённую векторную диаграмму синхронного генератора, назовите величины, изображённые на рисунке. Исходя из векторной диаграммы, напишите выражения для определения продольной и поперечной составляющих напряжения генератора.

4. Нарисуйте взаимное расположение векторов э.д.с. и напряжений электропередачи, назовите величины, изображённые на рисунке.

5. Нарисуйте угловую характеристику активной мощности электропередачи и, исходя из неё, дайте определение колебательной статической устойчивости.

6. Приведите типы электрической устойчивости систем. Дайте определение границы и запаса устойчивости.

7. Что характеризует точка пересечения мощности турбины и мощности генератора, что физически выражает $K_{зап.}$, по какой формуле он рассчитывается?

8. Приведите выкладки при составлении системы двух линеаризованных уравнений движения Горева-Парка для электромеханических процессов.

9. По какой из частных производных по параметрам регулирования можно судить об устойчивости системы и почему?

10. Запишите линейные дифференциальные уравнения движения в форме Коши. Назовите величины, входящие в это выражение, применительно к исследуемой электропередаче.

11. Приведите выражения для определения характеристического определителя (ХО), ХП и ПФ параметров регулирования разомкнутой системы.

12. Что характеризует ХП системы, каким образом он находится. На корневой характеристике показать аperiodическую и колебательную составляющие собственного движения.

6.2. Темы письменных работ

Учебным планом предусмотрена контрольная работа по теме "Управление качеством переходных процессов в многосвязных системах".

6.3. Фонд оценочных средств

Вопросы к зачёту

Раздел 1. Понятия многомерной и многосвязной системы

1.1 Основные определения курса «Многомерные и многосвязные системы управления».

1.2 Качество переходных процессов.

1.3 Пример регулирования многосвязного объекта.

1.4 Понятие многосвязности системы.

Раздел 2. Граф системы управления

2.1 Структурные схемы и графы.

2.2 Правило Крамера.

2.3 Понятие узла-источника, узла-стока, пути, замкнутого контура, коэффициента передачи.

2.4 Формула Мейсона.

Раздел 3. Моделирование в переменных состояниях

3.1 Стандартная форма уравнений состояния.

3.2 Векторно-матричные модели.

3.3 Свойства векторно-матричных моделей.

Раздел 4. Схемы моделирования для перехода от передаточной функции к векторно-матричной модели

4.1 Основной элемент схемы моделирования – интегратор.

4.2 Общий принцип построения схем моделирования.

4.3 Схемы моделирования канонических форм управляемости и наблюдаемости.

4.4 Процедура перехода от схемы моделирования к векторно-матричной модели. Пример.

Раздел 5. Решение уравнений состояния

- 5.1 Метод преобразования Лапласа. Переходная матрица состояния.
 5.2 Метод преобразования Лапласа. Полное решение уравнений состояния.
 5.3 Метод разложения в бесконечный ряд.
 5.4 Процедура перехода от векторно-матричной модели к передаточной функции.
 Раздел 6. Модели дискретных систем в переменных состояния
 6.1 Понятие о моделях дискретных систем в переменных состояния. Каноническая форма программирования цифровых фильтров.
 6.2 Общий вид уравнений состояния для дискретной системы.
 6.3 Итерационный метод решения уравнений состояния дискретных систем.
 Раздел 7. Управляемость. Наблюдаемость. Вырожденность передаточной функции
 7.1 Управляемость. Критерий управляемости.
 7.2 Наблюдаемость. Критерий наблюдаемости.
 7.3 Вырожденность передаточной функции. Условие разрешимости.
 Раздел 8. Критерии качества систем управления
 8.1 Критерии качества систем управления. Постановка задачи.
 8.2 Оптимальное распределение полюсов системы управления.
 8.3 Показатели качества переходной характеристики.
 8.4 Характеристики наиболее распространенных на практике распределений.

6.4. Перечень видов оценочных средств

Контрольная работа, вопросы к зачёту.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1. 1	Душин С.Е., Зотов Н.С., Имаев Д.Х., Яковлев В.Б.	Теория автоматического управления: Учебник для вузов	Москва: Высшая школа, 2005	31	
Л1. 2	Мирошник И.В.	Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы: учебное пособие	Санкт- Петербург: Питер, 2006	16	
Л1. 3	Ерофеев А.А.	Теория автоматического управления: Учебник для вузов	Санкт- Петербург: Политехника, 2005	25	

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 1	Ротач В.Я.	Теория автоматического управления: Учебник для вузов	Москва: МЭИ, 2005	20	
Л2. 2	Востриков А.С., Французова Г.А.	Теория автоматического регулирования: Учеб. пособие для вузов	Москва: Высшая школа, 2006	14	
Л2. 3	Дойников А.Н., Игнатъев И.В., Круммин О.К.	Многомерные и многосвязные системы. Управление качеством переходных процессов: учебное пособие	Братск: БрГУ, 2009	65	
Л2. 4	Воропай Н.И.	Теория систем для электроэнергетиков: Учебное пособие для вузов	Новосибирск: Наука, 2000	15	

7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л3. 1	Дойников А.Н., Круммин О.К.	Управление качеством переходных процессов в многосвязных системах: Методические указания	Братск: БрГУ, 2008	89	

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронная библиотека БрГУ	http://ecat.brstu.ru/catalog
----	-----------------------------	---

7.3.1 Перечень программного обеспечения

7.3.1.1	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level
7.3.1.2	MATLAB Academic new Product Concurrent Licenses

7.3.2 Перечень информационных справочных систем	
7.3.2.1	Издательство "Лань" электронно-библиотечная система
7.3.2.2	«Университетская библиотека online»
7.3.2.3	Электронный каталог библиотеки БрГУ
7.3.2.4	Электронная библиотека БрГУ
7.3.2.5	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
7.3.2.6	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
7.3.2.7	Национальная электронная библиотека НЭБ
7.3.2.8	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория	Назначение	Оснащение аудитории	Вид занятия
A1210	Учебная аудитория (мультимедийный класс)	Основное оборудование: -Интерактивная доска SMART Board X885ix со встроенным проектором UX60 (Персональный компьютер i5-2500/H67/4Gb /500 Gb. Монитор TFT19 Samsung E 1920NR; акустическая система Jb-118) Дополнительно: - маркерная доска – 1 шт. Учебная мебель: -комплект мебели (посадочных мест) – 25 шт. -комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя – 1/1 шт.	Лек
A1210	Учебная аудитория (мультимедийный класс)	Основное оборудование: -Интерактивная доска SMART Board X885ix со встроенным проектором UX60 (Персональный компьютер i5-2500/H67/4Gb /500 Gb. Монитор TFT19 Samsung E 1920NR; акустическая система Jb-118) Дополнительно: - маркерная доска – 1 шт. Учебная мебель: -комплект мебели (посадочных мест) – 25 шт. -комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя – 1/1 шт.	Пр
2201	читальный зал №1	Комплект мебели (посадочных мест) Стеллажи Комплект мебели (посадочных мест) для библиотекаря Выставочные шкафы ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung) (10шт.); принтер HP Laser Jet P2055D (1шт.)	Ср

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Материал лекции учитывается при подготовке к практическим занятиям, зачёту и выполнении контрольной работы. Для освоения обучающимися дисциплины и достижения запланированных результатов обучения учебным планом предусмотрены лекции, практические занятия, контрольная работа, самостоятельная работа обучающегося, подготовка и сдача зачёта. В условиях рейтинговой системы контроля результаты текущего оценивания обучающегося используются как показатель его текущего рейтинга. К сдаче зачёта допускаются обучающиеся, которые выполнили контрольную работу.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра в ходе учебной работы. Данный вид контроля стимулирует у обучающегося стремление к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины. Обучающийся, пользуясь рабочей программой, основной и дополнительной литературой, информационными справочными системами сам организует процесс изучения дисциплины. Контрольная работа закрепляет знания, полученные при выполнении практических занятий и чтении лекций.

Самостоятельная работа способствует:

- сознательному усвоению, углублению и расширению теоретических знаний;
- формирует необходимые профессиональные умения и навыки и совершенствует имеющиеся;
- способствует более глубокому осмыслению методов научного и творческого познания конкретной дисциплины.

Основными формами такой работы являются:

- конспектирование лекций и прочитанного источника;
- проработка материалов прослушанной лекции;
- самостоятельное изучение программных вопросов, указанных преподавателем на лекциях;
- обзор и обобщение литературы по интересующему вопросу;
- подготовка к практическим занятиям, зачёту.