

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

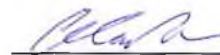
24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

Кабанов Сергей Александрович, д.т.н., профессор

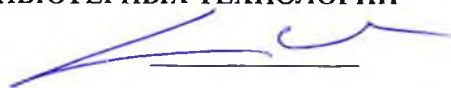


Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Матвеев С.А., к.т.н., доц.



Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Заведующий кафедрой Матвеев С.А., к.т.н., доц.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-3 — способность определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом
--

ПСК-6 — способность разрабатывать варианты решения проблемы, проводить системный анализ этих вариантов, определять оптимальные и компромиссные решения в условиях многокритериальности, неопределенности с учетом ограничений

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-3

знания:

основ оптимального управления системами;

умения:

разрабатывать математические модели и алгоритмы оптимального управления ЛА;

навыки:

умение применять математические модели и алгоритмы для решения задач управления ЛА.

ПСК-6

знания:

основ оптимального управления системами;

умения:

решать задачи анализа и синтеза управления ЛА;

навыки:

умение применять алгоритмы для решения задач управления с учетом ограничений;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА, ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ПК-93 — способен генерировать новые идеи для решения задач цифровой экономики, абстрагироваться от стандартных моделей, перестраивать сложившиеся способы решения задач, выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов
- ПСК-6 — Способен разрабатывать варианты решения проблемы, проводить системный анализ этих вариантов, определять оптимальные и компромиссные решения в условиях многокритериальности, неопределенности с учетом ограничений
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-3	ПСК-6
4	7	Раздел 1. Управляемость. 1.1. Основные принципы механики. 1.2. Фундаментальная матрица системы. 1.3. Управляемость линейных стационарных и нестационарных систем..	28	18	8	10	10	20	20
4	7	Раздел 2. Методы оптимизации. 2.1. Вариационное исчисление. Уравнение Эйлера. Условия Вейерштрасса-Эрдмана. Условие Лежандра. Принцип Лагранжа снятие ограничений: изопериметрическая задача, ограничение в форме равенств. 2.2. Принцип максимума. Принцип максимума при отсутствии ограничений на управление. Учет дополнительных ограничений в форме равенств, изопериметрическая задача. Принцип максимума при наличии ограничений на управление. Понятие игольчатой вариации управления, вариации траектории, конечовой вариации. Метод Ньютона для решения краевой задачи, возникающей из принципа максимума. Метод Крылова-Чернуосько. 2.3. Динамическое программирование. 2.4. Оптимизация по критерию Красовского. алгоритм с прогнозирующей моделью. 2.5. Инвариантные системы. 2.6. Условия оптимальности Кротова. 2.7. Алгоритм последовательной оптимизации. 2.8. Аналитическое конструирование оптимального регулятора.	30	20	10	10	10	30	30
4	7	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления. 3.1 Метод конечных разностей. Метод Ритца. Метод градиента первой вариации. Метод второй вариации. 3.2.Метод параметризации управления.	22	12	8	4	10	20	20
4	7	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления. 4.1. Управление системами с оптимальной коррекцией структуры управления 4.2. Оптимальное управление с самоорганизацией модели.	28	18	8	10	10	30	30
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	100	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Управляемость.	Численные методы интегрирования системы дифференциальных уравнений: примеры 1 и 2	2
2		Численные методы интегрирования системы дифференциальных уравнений: примеры 3 и 4 и 5	2
3		Обратные задачи динамики: система стабилизации ЛА в горизонтальной плоскости; спуск ЛА.	3
4		Управляемость примеры	3
5	Раздел 2. Методы оптимизации.	Управляемость примеры.	2
6		Управление материальной точкой под действием силы: задача Лагранжа, Бойца	2
7		Управление материальной точкой под действием силы: при ограничении на управление Задача Майера	4
8		Управление материальной точкой под действием силы: по критерию Красовского.	2
9	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	Управление материальной точки под действием силы: изопериметрическое ограничение 1.	2
10		Управление материальной точки под действием силы: изопериметрическое ограничение 2; с ограничением на управление и зоной нечувствительности.	2
11	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	Оптимальное управление реактором. Метод Ньютона.	2
12		Модальное управление для системы стабилизации	2
13		Сдача домашнего задания	4
14		Контрольная работа	2
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Управляемость.	Подготовка к практическим занятиям. Подбор литературы по домашнему заданию.	10
2	Раздел 2. Методы оптимизации.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение литературы по разделу.	10
3	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение рекомендуемой литературы.	10
4	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Подготовка к контрольной работе.	10
Всего за 7 семестр			40

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7					Вопр.Диф.Зач	ДР				ДР						ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 70 экз.
2. О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления. М.: Юрайт, 2021, эл. рес.
3. С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997, 55 экз.
4. С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 71 экз.
5. С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих моделей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 33 экз.
6. С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих моделей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. В. Малышев, М. Н. Красильщиков, В. И. Карлов. . Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1989, 3 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://repository.library.voenmeh.ru/jsrui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
4. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
5. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
6. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
2. Проектор.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-3 способность определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом;

ПСК-6 способность разрабатывать варианты решения проблемы, проводить системный анализ этих вариантов, определять оптимальные и компромиссные решения в условиях многокритериальности, неопределенности с учетом ограничений.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с алгоритмами оптимального управления и их практическим применением.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Управляемость.		
Подготовка к практическим занятиям. Подбор литературы по домашнему заданию.	С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях: СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997 (приложение 3) С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (раздел 1.1. 1.2.)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Методы оптимизации.		
Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение литературы по разделу.	С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях: СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997 (раздел 1.1,1.2,1.3, 1.5,1.4, 1.6,1.7,2.8.) С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (приложение А) С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих моделей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (раздел 1) О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (глава 3) О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.: Юрайт, 2021 (часть 1,2)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.		
Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение рекомендуемой литературы.	С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях: СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997 (раздел 1.10) Ф. Л. Черноусько, И. М. Ананьевский, С. А. Решмин. Методы управления нелинейными механическими системами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (глава 3) В. В. Малышев, М. Н. Красильщиков, В. И. Карлов. . Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1989 (глава 3)	10
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.		
Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего	О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.: Юрайт, 2021 (часть 3)	10

задания. Подготовка к контрольной работе.	<p>С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих моделей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (раздел 1)</p> <p>С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (раздел 6.4)</p> <p>С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях: СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997 (раздел 5)</p> <p>О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (раздел 3)</p>	
	Итого по разделу 4	10

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы к дифференцированному зачету

Находятся в УМК дисциплины.

Домашнее задание

Отчет по домашнему заданию должен содержать полное решение согласованной с преподавателем в начале семестра задачи.
Предусмотрена защита домашнего задания в форме ответов на вопросы по его содержанию.
Примеры домашнего задания и типовые задачи представлены в УМК дисциплины.

Дифференцированный зачет

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.
Допуск к зачету осуществляется при выполнении всех контрольных мероприятий в семестре.
Зачтено-отлично ставится при полном выполнении домашнего задания.
Зачтено-хорошо ставится при полном выполнении первой части домашнего задания и неполного решения второй части.
Зачтено-удовлетворительно ставится при выполнении первой части домашнего задания. Или при выполнении всех контрольных мероприятий в семестре в срок.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-3	ПСК-6	
4	7	Раздел 1. Управляемость.	28	18	8	10	10	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 2. Методы оптимизации.	30	20	10	10	10	30	30	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	22	12	8	4	10	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	28	18	8	10	10	30	30	Домашнее задание
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	100	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100	