

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 13.11.2023 11:32:41
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДЕНО

Декан факультета

Информационных технологий

Д.Г. Демидов / Демидов Д.Г. /

«27» апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Модельно-ориентированное проектирование динамики БПЛА»

Направление подготовки

27.04.04 «Управление в технических системах»

Образовательная программа (профиль подготовки)

«Беспилотная робототехника и эргономика»

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

Очная

Год приема – 2022

Москва 2022 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К **основным целям** освоения дисциплины «Модельно-ориентированное проектирование динамики БПЛА» относятся:

- знакомство студентов с методами и подходами концепции модельно-ориентированного проектирования современных робототехнических систем с использованием современного программного обеспечения, в частности MATLAB/Simulink;
- формирование навыков создания математических моделей кинематики подвижных механизмов, динамики движения объектов по поверхности земли и в атмосфере;
- формирование у студентов навыков моделирования электрических, гидравлических и прочих механических систем подвижных робототехнических объектов с помощью аналитических и эмпирических настраиваемых моделей;
- закрепление получаемых в семестре знаний и навыков на практике;
- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра.

К **основным задачам** дисциплины «Модельно-ориентированное проектирование динамики БПЛА» относятся:

- ознакомление студента с подходом модельно-ориентированного проектирования робототехнических систем с помощью современного ПО MATLAB/Simulink;
- формирование у студента навыков моделирования объектов, используя современные подходы к проектированию;
- ознакомление студента с синтезом и настройкой систем управления объектами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «Модельно-ориентированное проектирование динамики БПЛА» относится к числу профессиональных учебных дисциплин по выбору студента образовательной программы магистратуры и реализуется на 1 курсе.

Дисциплина «Модельно-ориентированное проектирование динамики БПЛА» взаимосвязана логически и содержательно-методически со всеми остальными дисциплинами и практиками ООП.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций.

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1	Способностью осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	<p>ЗНАТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Процедуры критического анализа; • Методики анализа результатов исследования и разработки стратегий проведения исследований; организации процесса принятия решения; <p>УМЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Принимать конкретные решения для повышения эффективности процедур анализа проблем, принятия решений и разработки стратегий; <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них; • Методиками постановки цели и определения способов ее достижения; методиками разработки стратегий действий при проблемных ситуациях.
ПК-2	Способностью проектирования АСУП	<p>ЗНАТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Основные понятия в области автоматизированных систем управления производством; цели проектирования АСУП; основные алгоритмы и методы решения задач АСУП; • Прикладные программы управления проектами: наименования, возможности и порядок работы в них; • Методы планирования и организации работ в организации; • Прикладные компьютерные программы для вычислений: наименования, возможности и порядок работы в них; • Требования к структуре, содержанию и оформлению технического задания на создание

		<p>АСУП;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методики расчета технико-экономического обоснования необходимости создания АСУП <p>УМЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выявлять элементы системы управления, нуждающиеся в автоматизации; • Устанавливать цели при проектировании АСУП; • Выделять основные задачи при проектировании АСУП; • Разрабатывать концепцию АСУП организации; составлять план создания и внедрения АСУП, определять сроки выполнения работ, определять назначенные ресурсы с использованием прикладных программ управления проектами <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методами разработки вариантов концепции АСУП и выбор варианта концепции, удовлетворяющего требованиям пользователей; • Методами расчета экономической эффективности внедрения АСУП; • Методами определения планируемых свойств АСУП (эффективности, совместимости, адаптивности, надежности, живучести); • Методами разработки технического задания на создание АСУП; • Методами выбора типовых решений компонентов АСУП или обоснование необходимости разработки оригинальных решений; • Методами разработки плана создания и внедрения АСУП; • Методами проектирования информационной модели интегрированной АСУП
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, т.е. 144 академических часов (из них 110 часов – самостоятельная работа студентов).

На первом курсе, первом семестре, выделяется 4 зачетных единицы, т.е. 144 академических часа (из них 110 часов – самостоятельная работа студентов).

Структура и содержание дисциплины по срокам и видам работы отражены в приложении.

Содержание дисциплины

Тема 1. Общие положения

Общие положения МОП. «V» структура разработки встраиваемых систем и систем управления в частности. Обзор инструментария и современного программного обеспечения для реализации концепции МОП.

Тема 2. Верификация и тестирование

Понятие верификации и тестирования систем на всех этапах разработки, быстрое прототипирование, SIL, PIL подходы.

Тема 3. Полунатурное моделирование

НЛ и полунатурное моделирование встраиваемых систем.

Тема 4. Автогенерация кода

Необходимость и значение систем автогенерации кода встраиваемых систем. Обзор современных инструментов на примере MATLAB/coder.

Тема 5. Функции и инструменты MATLAB/Simulink для построения линейных моделей, линеаризации нелинейных моделей, поиска рабочей точки контура регулирования

Типовые динамические звенья. Усилитель. Звенья первого, второго порядка, интегрирующие, дифференцирующие. Запозывание. Свойства динамических звеньев. Обратные звенья. ЛАФЧХ сложных звеньев.

Тема 6. Функции и инструменты MATLAB/Simulink

Инструменты для исследования и работы с передаточными функциями, моделями в пространстве состояний, исследования ЛАЧХ ЛФЧХ, переходных, импульсных, частотных характеристик простых и сложных звеньев, структурных схем. Linear system analyzer.

Тема 7. Уравнения движения твердого тела в общей постановке

Системы координат. Матрицы пересчета систем координат. Следствия и упрощения системы уравнений движения.

Тема 8. Динамика движения ЛА (самолета, мультикоптера)

Системы координат. Силы и моменты, действующие на ЛА. Упрощенные режимы. Линейные модели.

Тема 9. Понятие системы управления и автопилота самолета, мультикоптера.

Тема 10. Система моделирования физических процессов Matlab/Simscape

Моделирование физических процессов с использованием Mechanical library.

Тема 11. Система моделирования физических процессов Matlab/Simscape

Моделирование физических процессов с использованием Simscape/Multibody.

Тема 12. Моделирование случайных процессов в недетерминированных системах.

Тема 13. Структурные схемы, правила преобразования

Замкнутая SISO система. Типовая одноконтурная система и ее свойства. Точность. Устойчивость замкнутой системы.

Тема 14. Критерии устойчивости Линейных систем

Критерий Гурвица. Корневые оценки качества. Корневой годограф. Критерий Найквиста. Частотные оценки качества системы. Запасы устойчивости по амплитуде, фазе.

Тема 15. Синтез регуляторов

ПИД-регуляторы. Метод размещения полюсов. Коррекция ЛАФЧХ. Комбинированное управление. Инвариантность.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Методика преподавания дисциплины и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков у обучающихся:

- выполнение лабораторных работ в лабораториях вуза;
- посещение лекций;
- посещение семинаров и практических занятий;
- индивидуальные и групповые консультации студентов с преподавателем;
- посещение профильных конференций и работа на мастер-классах экспертов и специалистов.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов состоит из выполнения, подготовки к занятиям, а также подготовки к промежуточной аттестации во время экзаменационной сессии и составляет 67%.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- контроль выполнения студентами лабораторных работ, защита лабораторных работ;
- Экзамен.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции – см. п. 3 данной Рабочей программы. В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися

дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий				
ПК-2. Проектирование АСУП				
Показатель:	Критерии оценивания			
	Допороговое значение	Пороговое значение		
	2	3	4	5
ЗНАТЬ – см. п. 3 рабочей программы дисциплины.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие указанных в п.3. знаний.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанных в п.3. знаний. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанных в п.3. знаний. Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанных в п.3. знаний. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
УМЕТЬ – см. п. 3 рабочей программы дисциплины.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени демонстрирует указанные в п.3. умения.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанные в п.3. умений. Допускаются значительные ошибки,	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанные в п.3. умений. Умения освоены, но допускаются незначительные	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанные в п.3. умений. Свободно оперирует приобретенными умениями,

		проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	применяет их в ситуациях повышенной сложности.
ВЛАДЕТЬ – см. п. 3 рабочей программы дисциплины.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет указанными в п. 3 индикаторами.	Обучающийся в неполном объеме владеет указанными в п. 3 индикаторами. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет указанными в п. 3 индикаторами. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет указанными в п. 3 индикаторами. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

6.1.3. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ: ЭКЗАМЕН.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 5. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 4. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Среднее значение для всех формируемых на момент проведения аттестации уровней компетенций – 3. Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не достигнуто пороговое значение хотя бы для одного уровня формируемых на момент проведения аттестации компетенций. Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении к рабочей программе.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Поляков К.Ю. Основы теории автоматического управления: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2012. — 234 с.
2. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. СПб.: Питер, 2005. - 336 с.
3. Дорф Р., Современные системы управления. / Дорф Р., Бишоп Р. М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. — 632 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребе, М.Э. Сальгадо; пер. с англ. А.М. Епанешникова. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004 (Вологда : ПФ Полиграфист). - 911 с.
2. Математические методы и модели исследования операций (краткий курс): учебное пособие. Адамчук А. С., Амироков С. Р., Кравцов А. М. – Северо-Кавказский федеральный университет, 2014 – 163 с.
3. Рэндал У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. / Рэндал У. Биард, Тимоти У. Маклэйн – Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 312 с.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Требования к оборудованию и помещению для занятий

Лекционные занятия должны проводиться в специализированных аудиториях с комплектом мультимедийного оборудования и/или доской для записей материалов. Число рабочих мест в аудитории должно быть достаточным для обеспечения индивидуальной работы студентов.

8.2 Требования к программному обеспечению

Для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы необходимо следующее программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 10, Microsoft Visual Studio Professional 2017 - Microsoft DreamSpark, subscriber id: 1204033694.
2. Офисные приложения – Microsoft Office 2013(или ниже) - Microsoft Open, лицензия № 61984042.
3. Matlab Simulink.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи учебным планом.

В процессе самостоятельной работы студенты закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, готовятся к промежуточной аттестации, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

На занятиях студентов, в том числе предполагающих практическую деятельность, осуществляется закрепление полученных, в том числе и в процессе самостоятельной работы, знаний. Особое внимание обращается на развитие умений и навыков установления связи положений теории с профессиональной деятельностью будущего специалиста.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально. Контроль самостоятельной работы организуется в двух формах:

- самоконтроль и самооценка студента;
- контроль со стороны преподавателей (текущий и промежуточный).

Текущий контроль осуществляется на аудиторных занятиях, промежуточный контроль осуществляется на зачете и/или экзамене в письменной (устной) форме.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность компетенций;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

1. При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы – теоретические сведения, задачи и др. При проведении занятия следует контролировать подачу материала и решение заданий с учетом учебного времени, отведенного для занятия.

2. При проверке работ и отчетов следует учитывать не только правильность выполнения заданий, но и оптимальность выбранных методов решения, правильность выполнения всех его шагов.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным стандартом высшего образования по направлению подготовки магистров 27.04.04 «Управление в технических системах».

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Модельно-ориентированное проектирование динамики БПЛА»

Примечание [Q1]: Для каждого оценочного средства нужно предоставить соответствующую компетенцию + вставить пример экзаменационного билета

1. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ДИСЦИПЛИНЕ

1. Общие положения МОП. «V» структура разработки встраиваемых систем и систем управления в частности.
2. Понятие верификации и тестирования систем на всех этапах разработки, быстрое прототипирование, SIL, PIL подходы.
3. HIL и полунатурное моделирование встраиваемых систем.
4. Необходимость и значение систем автогенерации кода встраиваемых систем. Обзор современных инструментов на примере MATLAB/coder.
5. Линейные математические модели. Модели «Вход-Выход», «Вход-Состояние», «Вход-Состояние-Выход» Модели в пространстве состояний.
6. Методы исследований линейных систем. Переходная функция и импульсная характеристика.
7. Передаточная функция. Преобразование Лапласа.
8. Свойства преобразования Лапласа и передаточных функций.
9. Частотные характеристики линейных систем. Аналитическое определение. Экспериментальное определение.
10. Логарифмические частотные характеристики. Децибел. Свойства логарифмических частотных характеристик.
11. Типовые динамические звенья. Простейшие. Усилитель. Аперидическое звено. Дифференциальное уравнение. Передаточная функция, ЛАФЧХ. Корни, полюсы.
12. Неустойчивое аперидическое звено. Колебательное звено. Дифференциальное уравнение. Передаточная функция, ЛАФЧХ. Корни, полюсы
13. Интегрирующие, Дифференцирующие звенья. ЛАФЧХ. Фильтр и дифференцирующее звено.
14. Звенья чистого запаздывания, обратные звенья. Амплитудная и фазовая характеристики обратного звена.
15. Сложные звенья. Свойства ЛАЧХ сложных звеньев.

16. Структурные схемы и правила преобразования передаточных функций в структурных схемах.
17. Типовой контур управления с обратной связью, передаточные функции «управление-выход», «вход-управление», «вход-ошибка», «ошибка-управление»
18. Анализ замкнутых SISO систем управления. Основные требования к системам управления.
19. Критерии устойчивости Линейных систем. Критерий Гурвица. Корневые оценки качества. Корневой годограф. Критерий Найквиста. Частотные оценки качества системы. Запасы устойчивости по амплитуде, фазе.
20. Синтез регуляторов. ПИД-регуляторы. Метод размещения полюсов. Коррекция ЛАФЧХ. Комбинированное управление. Инвариантность.

2. ТИПОВОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Базовый уровень дисциплины:

1. Исследование разомкнутой линейной системы.
2. СИМ симуляция элементарной системы управления.
3. Проектирование регулятора линейной системы.
4. Моделирование динамики механизма в системе MATLAB/Simscapе.

Продвинутый уровень дисциплины:

1. Моделирование объекта «стойка шасси».
2. Автогенерация кода встраиваемой системы.
3. Проектирование контура управления самолета в продольном канале.