

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели: усвоение основ проектирования систем управления летательными аппаратами (СУЛА), закрепление знаний по теории моделирования, методов и алгоритмов построения и реализации математических моделей на ЭВМ сложных систем, анализа полученных результатов, понимания основ автоматизированного проектирования систем.

Задачи: научить студентов моделировать на ЭВМ системы управления движением летательных аппаратов с использованием современных программных средств, использовать современные программные средства САПР для построения и моделирования на ЭВМ математических моделей системы различной сложности.

Компетенции, достижение которых планируется по завершении изучения курса (см. табл. 1):

Таблица 1

№ п/п	Компетенция	Уровень овладения
1.	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	знать: основы проектирования СУЛА; уметь: применять математический аппарат для проектирования СУ движением ЛА; владеть: программными средствами проектирования СУ движением ЛА.
2.	ПК-4 способностью на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательных и подвижных аппаратов различного назначения как объектов - ориентации, стабилизации и навигации и создавать их математические модели движения, позволяющие прогнозировать тенденцию развития их как объектов управления и тактики их применения	знать: основы анализа СУЛА; уметь: проектировать модели движения ЛА по системам дифференциальных и алгебраических уравнений, оценивать их характеристики; владеть: программными продуктами моделирования сложных динамических систем при действии возмущений.
3.	ПК-9 способностью разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты управляющих, навигационных и электроэнергетических комплексов летательных аппаратов с использованием математического моделирования и средств автоматизации проектирования	знать: основы математического аппарата моделирования систем; уметь: проектировать в программных продуктах модели систем управления летательных аппаратов; владеть: навыками разработки СУЛА.
4.	ПК-11 способностью разрабатывать варианты решения проблемы, проводить	знать: основные математические формулы для проведения аналитических

	системный анализ этих вариантов, определять компромиссные решения в условиях многокритериальности, неопределенности и с целью планирования реализации проекта	расчетов; уметь: выбирать необходимые способы расчета и корректно проводить по ним вычисления; владеть: навыками применения вычислительной техники для решения аналитических задач.
--	---	---

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина включает в себя один раздел, который сведен в таблицу 2.

Таблица 2

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основы проектирования САУ движением ЛА	64	32	0	32

ЛЕКЦИИ

Проводится 12 лекций общим объемом 32 часа (табл. 3).

Таблица 3

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Обзор литературы. Модели и моделирование. Классификация моделей. Примеры моделей движения ЛА.	2
2	1	Теоремы подобия и дополнения к теории подобия. Подобие сложных и нелинейных систем. Другие виды подобия. Исследование и проектирование систем управления с источниками питания ограниченной мощности. Модельный источник и модельный потребитель, их физические реализации.	2
3	1	Три основных этапа: формулировка замысла модели, реализация, получение и анализ результатов построения математической модели. Построение блок-схемы этапов.	4
4	1	Методы автоматизированного построения математических моделей систем, описываемых структурными схемами, стационарными и нестационарными дифференциальными и алгебраическими уравнениями и их модификациями.	4
5	1	Построение математических моделей систем, описываемых «жесткой системой» нелинейных дифференциальных уравнений.	4
6	1	Языки, программные средства и системы моделирования СУЛА.	4
7	1	Реализация на ЭВМ математических моделей систем, описываемых структурными схемами, стационарными и нестационарными дифференциальными и алгебраическими уравнениями и их модификациями.	2
8	1	Реализация на ЭВМ математических моделей систем, описываемых «жесткой системой» нелинейных дифференциальных уравнений	2
9	1	Методы аналогий в построении математических моделей систем управления различной физической природы. Компонентные и	2

		топологические уравнения.	
10	1	Электрические и механические подсистемы	2
11	1	Построение математических моделей СУ, состоящих из различных подсистем. Виды взаимосвязи подсистем. Моделирование и исследование их на ЭВМ.	2
12	1	Современные программные средства моделирования и проектирования сложных систем	2

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Проводится 6 лабораторных работ общим объёмом 32 часа (табл. 4).

Таблица 4

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Проектирование, моделирование и исследование линейных стационарных СУЛА	6
2	1	Моделирование и исследование линейных нестационарных СУЛА со статическими и динамическими алгебраическими контурами	6
3	1	Моделирование и исследование нелинейных стационарных СУЛА	6
4	1	Моделирование и исследование нелинейных нестационарных СУЛА со статическими и динамическими алгебраическими контурами	6
5	1	Моделирование и исследование нелинейных нестационарных систем, описываемых «жёсткой» системой дифференциальных уравнений	2
6	1	Построение, моделирование и исследование мат. моделей систем различной физической природы с использованием метода аналогий	6

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Лабораторные задания представляют собой решение задач моделирования САУ движением ЛА для конкретной исходной схемы системы в программных продуктах моделирования. Для выполнения каждой задачи необходимо составить математическое описание заданной системы, выполнить проектирование в программных продуктах моделирования и провести сравнительный анализ значений параметров, полученных теоретически, со значениями параметров, которые получены в продуктах моделирования. Выполнение заданий позволяет приобрести необходимые навыки и умения работы в продуктах моделирования и проектирования, а также овладеть соответствующим математическим аппаратом теории систем для выполнения контрольных работ и для подготовки к зачету.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Каждый студент самостоятельно выполняет работу (см. табл. 5):

Таблица 5

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы	Кол-во часов
Подготовка к зачету. Чтение специализированной литературы, ознакомление и выполнение пробной задачи по проектированию и моделированию в специализированных программных продуктах системы управления движением летательного аппарата.	Основная литература – 1-3. Дополнительная литература - 1-10.	8

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Список оценочных средств представлен в табл. 6.

Таблица 6

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Основы проектирования САУ движением ЛА	ПСК-9.1 способностью проектировать системы управления движением летательных аппаратов	Зачет	1
Основы проектирования САУ движением ЛА	ПК-4 способностью на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательных и подвижных аппаратов различного назначения как объектов - ориентации, стабилизации и навигации и создавать их математические модели движения, позволяющие прогнозировать тенденцию развития их как объектов управления и тактики их применения	Зачет	2
Основы проектирования САУ движением ЛА	ПК-9 способностью разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты управляющих, навигационных и электроэнергетических комплексов летательных аппаратов с использованием математического моделирования и средств автоматизации проектирования	Зачет	3
Основы проектирования САУ движением ЛА	ПК-11 способностью разрабатывать варианты решения проблемы, проводить системный анализ этих вариантов, определять компромиссные решения в условиях многокритериальности, неопределенности и с целью планирования реализации проекта	Зачет	4

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ, ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕДЕНИЯ, КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1. Зачет

Задание

1. Для заданного типа системы управления движением летательного аппарата постройте структурную схему системы. Выполните синтез регулятора, позволяющий обеспечить заданные показатели качества.

2. Для структурной схемы СУ движением ЛА на основе системного подхода проведите анализ.

3. Постройте математическую модель системы, оцените характеристики.

4. Постройте модель в программном продукте и спрогнозируйте динамику движения ЛА за определенный промежуток времени.

Процедура проведения

Студент выполняет практическое решение 4-х задач. В случае, если студент делает незначительные ошибки в практическом задании, преподаватель может задать уточняющие вопросы и зачесть задание. Для успешного получения зачета студенту необходимо правильно решить как минимум 3 задачи.

Критерии оценивания

Зачтено: правильное решение 3-х задач.

Не зачтено: правильное решение менее 3-х задач.

Пример

Система управления движением летательного аппарата по тангажу.

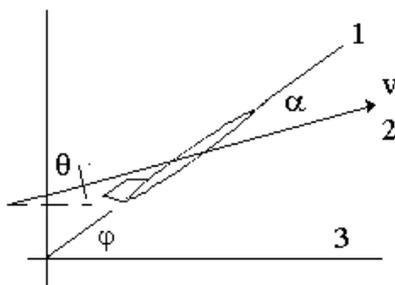


Рис. 2. Углы ориентации летательного аппарата

Рассматривается движение летательного аппарата в вертикальной плоскости. На рисунке приняты следующие обозначения: 1 – ось летательного аппарата, 2 – направление вектора мгновенной линейной скорости v , 3 – горизонталь. Обозначены угол тангажа φ , угол атаки α , угол наклона траектории θ .

Считается, что назначение системы управления сводится к поддержанию малых отклонений параметров движения от их установившихся значений. Регулируемой величиной является угол тангажа φ . В качестве регулирующего органа используется руль высоты.

Приняв, что скорость полета меняется незначительно, для полета, близкого к горизонтальному, на малом интервале времени угловое движение ЛА можно

приближенно описать следующей системой линейных дифференциальных и алгебраических уравнений, где δ – отклонение руля высоты, d_{ii} – аэродинамические коэффициенты, T и k – характеристики рулевой машинки:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = d_{11} \frac{d\varphi}{dt} + d_{12} \alpha + d_{13} \delta + d_{14} \frac{d\alpha}{dt},$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} + d_{21} \alpha, \alpha = \varphi - \theta, T \dot{\delta} + \delta = k u.$$

Значения параметров ЛА следующие: $d_{11}=-2,2$, $d_{12}=-16,0$, $d_{13}=-100$, $d_{21}=-2,5$, $d_{14}=-0,7$, $T=0,2$ с, $k=1$. Перерегулирование не более 10%, время переходного процесса не более 5 секунд.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Математическое моделирование при формировании облика летательного аппарата / В.В. Гуляев, О.Ф. Демченко, Н.Н. Долженков и др.; Под ред. В. А. Подобедова. - М.: Машиностроение: Машиностроение-Полет, 2005. - 494, [1] с. ил.

2. Буренок, В.М. Математические методы и модели в теории информационно измерительных систем / В.М. Буренок, В.Г. Найденов, В.И. Поляков.– М.: Издательство Лань, 2011.–416 с.

3. Володин, В.В. Автоматизация проектирования летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1991. - 255 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Поршнев, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB Текст учеб. пособие для вузов / С.В. Поршнев. – 2-е изд., испр. - СПб. и др.: Лань, 2011. – 726 с. ил. 1 электрон. опт. диск

2. Норенков, И.П. Автоматизированные информационные системы. Текст учеб. пособие по направлению 230100 "Информатика и вычисл. техника" / И. П. Норенков. - М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2011.

3. Норенков, И.П. Ведение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. Учеб. Пособие / И.П. Норенков.–М: Высшая школа, 1986.– 304с.

4. Веников, В.А. Теория подобия и моделирования: Применительно к задачам электроэнергетики. Учеб. для вузов для электроэнерн. спец. - 2-е изд., перераб. и доп. / В.А. Веников. – М.: Высшая школа, 1976. - 479 с. ил.

5. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6: Основы применения / В. П. Дьяконов. – М.: Солон-Пресс, 2005. – 798 с.

6. Лазарев, Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB: Учеб. курс / Ю. Лазарев. – СПб. и др. : Питер:BNV, 2005. – 511 с.

7. Пикина, Г.А. Математические модели технологических объектов: учеб. пособие по курсу "Моделирование систем управления" / Г. А. Пикина ; под ред. А. В. Андриюшина; Моск. энерг. ин-т (техн. ун-т), 2007. – 299 с.

8. Долбенков, В. И. Simulink в задачах систем автоматического управления: Учеб. пособие / В. И. Долбенков. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. – 101 с.

9. Устюгов, М.Н. Автоматизированное исследование нелинейных систем управления Учеб. пособие ЧГТУ, Каф. Системы автомат. упр.; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1996. - 131, [1] с.

10. Устюгов, М.Н. Моделирование нелинейных систем: Учебное пособие. / М.Н. Устюгов, Н.В. Плотникова, Н.С. Малявкина. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2009. – 156 с.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование: науч. журн. / Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ, 2008.

2. Системні дослідження та інформаційні технології : междунар. науч.-техн. журн. на укр., рус., англ. яз. / Нац. акад. наук України, Учеб.-науч. комплекс "Институт прикладного системного анализа" НТУУ "КПИ". – Киев, 2010.

Электронная учебно-методическая документация (табл. 7):

Таблица 7

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Буренок, В.М. Математические методы и модели в теории информационно измерительных систем	https://e.lanbook.com/	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Авторизованный

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения.....	1
Содержание дисциплины.....	2
Лекции	2
Лабораторные работы	3
Самостоятельная работа студента	4
Паспорт фонда оценочных средств	4
Типовые задания, процедуры проведения, критерии оценивания.....	5
1. Зачет	5
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	6

