

# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Ваулин С. Д.	
Пользователь: vaulinsd	
Дата подписания: 01.11.2021	

С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.31 Устойчивость и управляемость  
**для специальности** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
**уровень специалиста тип программы** Специалист  
**специализация** Ракетные транспортные системы  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Летательные аппараты

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.

В. Г. Дегтярь

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Дегтярь В. Г.	
Пользователь: degtiaryg	
Дата подписания: 01.11.2021	

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент (кн)

Д. А. Курносов

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Курносов Д. А.	
Пользователь: kurnosova	
Дата подписания: 27.10.2021	

Челябинск

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Ознакомить студентов специальности с динамикой управляемого летательного аппарата с целью формирования требований к автомату стабилизации из условий устойчивости движения ракеты по траектории.

## **Краткое содержание дисциплины**

1. Управление ракетами, состав систем управления, корпус ракеты как объект регулирования. 2. Силы и моменты, действующие на ракету в полете. 3. Уравнения движения, о расчете траектории движения. 4. Понятие об устойчивости движения и критериях устойчивости. 5. Уравнения возмущенного движения. 6. Динамика автоматического управления продольным движением. 7. Анализ уравнений возмущенного движения. 8. Передаточные функции и свойства характеристических полиномов. 9. Частотные характеристики ракеты как твердого тела. 10. Требования к автомату стабилизации статически устойчивого, неустойчивого и нейтрального корпуса ракеты. 11. Эффективность органов управления и маневренность ракеты. 12. Изгибные колебания корпуса ракеты, представляемого упругой балкой переменной массы и жесткости. 13. Уравнения возмущенного движения корпуса ракеты в плоскости тангажа с учетом упругости корпуса. 14. Расчет частотных характеристик ракеты как объекта автоматического регулирования, требования к автомату стабилизации. 15. Физические основы влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость движения.

## **2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНЫ)
ОК-3 способностью критически оценивать основные теории и концепции, границы их применения	Знать: физические принципы взаимодействия жесткого или упругого корпуса летательного аппарата с автоматом стабилизации; - математические принципы формирования требований к автомату стабилизации изделий; - иметь представление о методах исследования устойчивости замкнутых систем автоматического регулирования, составе и принципах работы каналов автомата стабилизации летательных аппаратов, влиянии колебаний жидкости в баках на устойчивость движения;
	Уметь: составлять уравнения движения, находить частотные характеристики из условия устойчивости движения и параметров объекта регулирования, устанавливать ограничения на автомат стабилизации;
	Владеть: навыками системного подхода к анализу сложных объектов.

## **3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
---	---

B.1.08 Теория колебаний и удара, Б.1.25 Теория автоматического управления	Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр)
--	--

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
B.1.08 Теория колебаний и удара	Колебания систем с сосредоточенными и распределенными параметрами. Собственные частоты и частоты свободных колебаний. Вынужденные колебания.
Б.1.25 Теория автоматического управления	Исследование устойчивости автоматических систем во временной и частотной областях. Критерии устойчивости.

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>			
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	40	40	
Решение задач семестровой работы	14	14	
Проработка лекционного материала	20	20	
Подготовка к зачету	6	6	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Понятие об управлении, состав систем управления, корпус ракеты, как объект регу-лирования	2	1	1	0
2	Силы и моменты, действующие на ракету в полете, уравнения движения.	2	1	1	0
3	Понятие об устойчивости движения, понятие о критериях устойчивости.	2	1	1	0
4	Возмущенное движение корпуса, динамика автоматического управления продольным движением	2	1	1	0
5	Анализ уравнений возмущенного движения, передаточные	3	2	1	0

	функции и свойства характеристических полиномов				
6	Частотные характеристики ракеты как твердого тела, требования к автомату стабилизации	3	2	1	0
7	Эффективность органов управления и маневренность ракеты	2	1	1	0
8	Возмущенное движение ракеты в продольной плоскости с учетом упругости корпуса	3	2	1	0
9	Частотные характеристики ракеты с учетом упругости корпуса, требования к автомату стабилизации	8	2	6	0
10	Физические аспекты влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость движения.	5	3	2	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Понятие об управлении, состав систем управления, корпус ракеты, как объект регулирования	1
2	2	Силы и моменты, действующие на ракету в полете, уравнения движения.	1
3	3	Понятие об устойчивости движения, понятие о критериях устойчивости.	1
4	4	Возмущенное движение корпуса, динамика автоматического управления продольным движением	1
5	5	Анализ уравнений возмущенного движения, передаточные функции и свойства характеристических полиномов	2
6	6	Частотные характеристики ракеты как твердого тела, требования к автомату стабилизации	2
7	7	Эффективность органов управления и маневренность ракеты	1
8	8	Возмущенное движение ракеты в продольной плоскости с учетом упругости корпуса	2
9	9	Частотные характеристики ракеты с учетом упругости корпуса, требования к автомату стабилизации	2
10	10	Физические аспекты влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость движения.	3

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Понятие об управлении, состав систем управления, корпус ракеты, как объект регулирования	1
2	2	Силы и моменты, действующие на ракету в полете, уравнения движения.	1
3	3	Понятие об устойчивости движения, понятие о критериях устойчивости.	1
4	4	Возмущенное движение корпуса, динамика автоматического управления продольным движением	1
5	5	Анализ уравнений возмущенного движения, передаточные функции и свойства характеристических полиномов	1
6	6	Частотные характеристики ракеты как твердого тела, требования к автомату стабилизации	1
7	7	Эффективность органов управления и маневренность ракеты	1
8	8	Возмущенное движение ракеты в продольной плоскости с учетом упругости корпуса	1

9	9	Частотные характеристики ракеты с учетом упругости корпуса, требования к автомату стабилизации	6
10	10	Физические аспекты влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость движения.	2

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Решение задач семестровой работы по указанным темам: Уравнения движения жесткого корпуса ракеты в плоскости тангажа. Передаточные функции и частотные характеристики разомкнутой и замкнутой систем автоматического регулирования. Критерии устойчивости. Применение критерия Гурвица для оценок устойчивости. Применение критерия Гурвица для вычисления отрезков устойчивости и областей устойчивости при одном и двух переменных параметрах. Понятие о запасах устойчивости систем регулирования.	1. Абгарян К.И., Калязин З.Л., Мишин В.П., Рапопорт И.М. Динамика ракет. - М.: Машино-строение, 1990. 2. Колесников К.С. Динамика ракет. - М.: Машиностроение, 1980. -376 с, ил. 3. Павлюк Ю.С. Основы устойчивости современных летательных аппаратов с жестким и упругим корпусом.- Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1972. 4. Павлюк Ю.С., Сакулин В.Д. Стабилизация движения ракеты с учетом упругих свойств ее корпуса: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 28 с. 5. Павлюк Ю.С., Сакулин В.Д. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом с учетом колебаний жидкости в топливных баках: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 43 с. 6. Колесников К.С. Жидкостная ракета как объект регулирования. – М.: Машиностроение, 1969.	34
Подготовка к зачету	1. Абгарян К.И., Калязин З.Л., Мишин В.П., Рапопорт И.М. Динамика ракет. - М.: Машино-строение, 1990. 2. Колесников К.С. Динамика ракет. - М.: Машиностроение, 1980. -376 с, ил. 3. Павлюк Ю.С. Основы устойчивости современных летательных аппаратов с жестким и упругим корпусом.- Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1972. 4. Павлюк Ю.С., Сакулин В.Д. Стабилизация движения ракеты с учетом упругих свойств ее корпуса: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 28 с. 5. Павлюк Ю.С., Сакулин В.Д. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом с учетом колебаний жидкости в топливных баках: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 43 с. 6. Колесников К.С.	6

	Жидкостная ракета как объект регулирования. – М.: Машиностроение, 1969.	
--	---	--

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
лекционно-практическая-зачетная система	Лекции	Во время лекции рассматриваются небольшие фрагменты практического применения и оценки готовности студентов отвечать на некоторые вопросы путем использования обратной связи между студентами и преподавателем. Краткие вопросы и ответы студентов. Использование результатов научных исследований проводимых университетом в рамках данной дисциплины. Инновационные формы учебных занятий предполагают: на первом месте диалогистические методы; далее-передачу собственных достижений; диалог преподавателей со студентами и между студентами в интерактивном режиме. Во время лекции и практического занятия допускаются запланированные ошибки и выявление их во время диалога. Используется проблемно-ориентированный междисциплинарный подход к изучению науки. Используется кейс-метод (соотносится получаемый теоретический багаж знаний с реальной практической ситуацией на примерах). Используется учебная дискуссия. Используются игровые модели отношений преподаватель-студент-студенты (чей ответ более верный)?	10

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№ заданий
Все разделы	ОК-3 способностью критически оценивать основные теории и концепции, границы их применения	зачёт	1-12
Все разделы	ОК-3 способностью критически оценивать основные теории и концепции, границы их применения	решение задачи	1-12
Все разделы	ОК-3 способностью критически оценивать	контрольная работа	1-12

	основные теории и концепции, границы их применения		
--	--	--	--

## 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачёт	<p>Студент вправе прийти на зачет для улучшения своего рейтинга (приказ ректора от 24.05.2019 г. № 179) и получить оценку с учетом текущего рейтинга и баллов за промежуточное испытание.</p> <p>Рейтинг обучающегося по дисциплине <math>R_d</math> определяется из рейтинга по текущему контролю, рейтинга по промежуточной аттестации и бонус-рейтинга по формуле: <math>R_d=0,6xR_{тек}+0,4xR_{па}+R_b</math>. Зачет проводится в письменной форме (три вопроса из общего списка в течении одного часа).</p>	<p>Зачтено: Более 50% раскрытия материала при положительном ответе на все вопросы соответствуют <math>R_{па}=75\dots100</math>.</p> <p>Зачёт выставляется, если <math>R_d=0,6xR_{тек}+0,4xR_{па}+R_b \geq 60</math></p> <p>Не зачтено: Менее 50% раскрытия материала при положительном ответе на все вопросы соответствуют <math>R_{па}=0\dots59</math></p> <p>Зачёт не выставляется, если <math>R_d=0,6xR_{тек}+0,4xR_{па}+R_b \leq 59</math></p>
решение задачи	<p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Студентом выбираются задачи/творческие задания из фиксированного списка. Решение задачи/задач оформляется в виде отчёта. Оценивается полнота и правильность выполнения задания/решения задачи. Баллы начисляются по нижеприведённым соотношениям (за каждую решённую задачу): Для каждого контрольно-рейтингового мероприятия <math>i</math> (<math>i=1\dots n</math>) рассчитывается рейтинг обучающегося по мероприятию <math>R_i</math> по формуле: <math>R_i=B_i \times 100/B_{i\_max}</math>, где <math>B_i</math> -балл обучающегося за контрольное мероприятие <math>i</math> (решённую задачу), <math>B_{i\_max}</math> -максимально возможный балл за контрольное мероприятие <math>i</math> (равен 100). Рейтинг обучающегося по текущему контролю <math>R_{тек}</math> (по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям, включающим задачи и контрольные работы) определяется как средний рейтинг обучающегося по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям с учетом их сложности (веса) по формуле: <math>R_{тек}=\sum(W_i \times R_i)/\sum W_i</math>, где <math>W_i</math> - вес (вклад) контрольно-рейтингового мероприятия <math>i</math> в формирование рейтинга. Вес <math>W_i</math> решения задач выбирается в размере 0,2 при 3 задачах. (<math>\sum W_i=1</math> для всех контрольно-рейтинговых мероприятий, включающих 3 задачи и 3 контрольные работы).</p> <p>Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется по результатам текущего контроля по формуле: <math>R_d=R_{тек}+R_b</math>. Здесь <math>R_b</math> - бонус-рейтинг (<math>R_b \leq 15</math>).</p>	<p>Зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям больше 59.</p> <p>Не зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям меньше 60.</p>
контрольная	При оценивании результатов мероприятия	Зачтено: Суммарное количество

работа	<p>используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Контрольные работы проводятся после окончания соответствующего раздела дисциплины во время аудиторных занятий. На контрольное мероприятие отводится 20-30 минут. Контрольная работа выполняется в письменной форме. Оценивается полнота и правильность выполнения задания. Баллы начисляются по нижеприведённым соотношениям (за каждую контрольную работу):</p> <p>Для каждого контрольно-рейтингового мероприятия <math>i</math> (<math>i=1\dots n</math>) рассчитывается рейтинг обучающегося по мероприятию <math>R_i</math> по формуле: <math>R_i = B_i \times 100/B_{i\_max}</math>, где <math>B_i</math> -балл обучающегося за контрольное мероприятие <math>i</math> (решённую задачу), <math>B_{i\_max}</math> -максимально возможный балл за контрольное мероприятие <math>i</math> (равен 100).</p> <p>Рейтинг обучающегося по текущему контролю <math>R_{тек}</math> (по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям, включающим задачи и контрольные работы) определяется как средний рейтинг обучающегося по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям с учетом их сложности (веса) по формуле: <math>R_{тек} = \sum(W_i \times R_i) / \sum W_i</math>, где <math>W_i</math> - вес (вклад) контрольно-рейтингового мероприятия <math>i</math> в формирование рейтинга. Вес <math>W_i</math> выполнения контрольной работы выбирается в размере 0,133 при 3 контрольных работах. (<math>\sum W_i = 1</math> для всех контрольно-рейтинговых мероприятий, включающих 3 задачи и 3 контрольные работы).</p> <p>Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется по результатам текущего контроля по формуле: <math>R_d = R_{тек} + R_b</math>. Здесь <math>R_b</math> - бонус-рейтинг (<math>R_b \leq 15</math>).</p>	<p>баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям больше 59.</p> <p>Не зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям меньше 60.</p>
--------	---	--

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачёт	<ol style="list-style-type: none"> <li>Какие силы и моменты необходимо учитывать при составлении дифференциальных уравнений пространственного движения ракеты?</li> <li>Как записывается выражение для аэродинамического момента, действующего на ракету в полете?</li> <li>Каким способом можно получить уравнения возмущенного движения ракеты?</li> <li>Что такое прямое и обратное преобразование Лапласа?</li> <li>Дайте определение передаточной функции.</li> <li>Что такая частотная характеристика?</li> <li>Какова связь между передаточными функциями замкнутой и разомкнутой систем?</li> <li>Какими свойствами обладает знаменатель передаточной функции?</li> <li>Сформулируйте теорему Руаса-Гурвица.</li> <li>Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста.</li> <li>Как корректируется сигнал рассогласования, поступающий к рулевым машинам?</li> </ol>

	12. Дайте определение запасов устойчивости систем регулирования.
решение задачи	Задания_СУ.pdf
контрольная работа	По пройденным разделам дисциплины.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### a) основная литература:

1. Разыграев, А. П. Основы управления полетом космических аппаратов Учеб. пособие для втузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 475 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Абгарян, К. А. Динамика ракет Учеб. для вузов Под ред. В. П. Мишина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 463 с. ил.

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

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Павлюк, Ю. С. Стабилизация движения ракеты с учетом упругих свойств ее корпуса Текст учеб. пособие Ю. С. Павлюк, В. Д. Сакулин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. - 27, [1] с. электрон. версия

2. Павлюк, Ю. С. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом с учетом колебаний жидкости в топливных баках Текст учеб. пособие Ю. С. Павлюк, В. Д. Сакулин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. - 42, [1] с. ил. электрон. версия

3. Павлюк Ю.С. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 53 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Павлюк, Ю. С. Стабилизация движения ракеты с учетом упругих свойств ее корпуса Текст учеб. пособие Ю. С. Павлюк, В. Д. Сакулин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. - 27, [1] с. электрон. версия

2. Павлюк, Ю. С. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом с учетом колебаний жидкости в топливных баках Текст учеб. пособие Ю. С. Павлюк, В. Д. Сакулин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. - 42, [1] с. ил. электрон. версия

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид	Наименование	Библиографическое описание
---	-----	--------------	----------------------------

	литературы	ресурса в электронной форме	
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Абрамов, И.П. Ракетно-космическая техника. Т. IV+22, В 2 кн. Кн. 2. Часть II. [Электронный ресурс] / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2014. — 548 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/63259">http://e.lanbook.com/book/63259</a> — Загл. с экрана.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дмитриевский, А.А. Внешняя баллистика [Электронный ресурс] : учебник / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2005. — 608 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/767">https://e.lanbook.com/book/767</a> . — Загл. с экрана.

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары		1)Учебный центр ракетно-космической техники: Гиростабилизированная платформа, счетно-решающие приборы автомата стабилизации и рулевые машинки натурных образцов изделий 4К-55, 4К-10. 2) Плакаты: состав систем управления изделий 4К-55 и 4К-10.
Практические занятия и семинары	110 (2)	Компьютерный класс с установленным свободным программным обеспечением (Scilab - программа для построения математических моделей расчетов устойчивости и управляемости ЛА).