

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

Кафедра «Динамики и управления полетом летательных аппаратов»
(наименование)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности и цифровизации
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
А.Е. Шашурин
«10» 04 2024 г.



ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ,
СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Специальность **2.5.16 «Динамика, баллистика, управление**
движением летательных аппаратов»

Санкт-Петербург
2024 г.

1. Форма вступительного испытания

1.1 Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится устно в соответствии с перечнем тем и вопросов, установленных данной программой.

1.2 Вступительное испытание проводится комиссией, действующей на основании приказа ректора.

1.3 Вступительное испытание проводится на русском языке.

1.4 Продолжительность проведения устного экзамена — не более 60 минут.

2. Структура вступительного испытания

2.1 Во время проведения вступительных испытаний их участникам и лицам, привлекаемым к их проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи. Участники вступительных испытаний могут иметь при себе и использовать справочные материалы и электронно-вычислительную технику.

2.2 При нарушении поступающим во время проведения вступительных испытаний правил приема, уполномоченные должностные лица организации вправе удалить его с места проведения вступительного испытания с составлением акта об удалении.

2.3 Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, на каждого поступающего ведется отдельный протокол. Протокол приема вступительного испытания подписывается членами комиссии, которые присутствовали при проведении испытания, с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и утверждается председателем комиссии. Протоколы приема вступительных испытаний после утверждения хранятся в личном деле поступающего.

3. Порядок приема и критерии оценивания вступительного экзамена

3.1 Билет содержит три вопроса из перечня тем, установленных данной программой. Вопросы для билета выбираются на усмотрение членов комиссии. Вступительное испытание оценивается экзаменационной комиссией по 100-балльной шкале. В целях обеспечения объективности и единообразия в оценке знаний при приеме вступительных экзаменов в аспирантуру ФГБОУ ВО «БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» предлагается использовать следующие критерии оценки знаний:

Баллы	Критерии выставления оценки	Детализация баллов	Критерии выставления оценки
0-100	Ставится при полных, исчерпывающих, аргументированных ответах на все экзаменационные вопросы, в том числе на все дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Ответы демонстрируют системность знаний в соответствующей сфере,	6-10	При раскрытии темы поступающий строит рассуждение на основе не менее одного примера по собственному выбору, определяя свой путь использования научного материала, показывает разный уровень его осмысления.

	<p>владение понятийно-категориальным аппаратом, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, в том числе с предполагаемой тематикой научных исследований в аспирантуре, знание фундаментальных и прикладных аспектов рассматриваемых вопросов. Поступающий при ответе на вопросы проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении практической задачи. Ответы структурированы, отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, изложены литературным языком с использованием современной научной терминологии по направлению и профилю подготовки в аспирантуре.</p>	0-5	<p>Ответ отличается композиционной цельностью, его части логически связаны между собой, но есть нарушения последовательности и/или мысль повторяется и не развивается.</p>
0-89	<p>Ставится при достаточно полных и развернутых ответах на все экзаменационные вопросы и неполных ответах на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Ответы демонстрируют владение понятийно-категориальным аппаратом, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, знание фундаментальных и прикладных аспектов рассматриваемых вопросов. Поступающий при ответе на вопросы дает определение некоторых основных понятий, может показать причинно-следственные</p>	0-5	<p>Поступающий строит рассуждение с опорой на научный материал, но ограничивается общими высказываниями.</p>
		6-9	<p>Поступающий рассуждает на предложенную тему, выбрав убедительный путь её раскрытия, коммуникативный замысел выражен ясно.</p>

	связи явлений, при решении практической задачи может допустить непринципиальные ошибки.		
0-79	Ставится при неполных и слабо аргументированных ответах, демонстрирующих общее представление и элементарное понимание предметной области. Ответы показывают слабое владение понятийно-категориальным аппаратом и научной терминологией по направлению и профилю подготовки в аспирантуре и построены с нарушением логической последовательности изложения. Поступающий при ответе на вопросы не дает определение некоторых основных понятий, при решении практической задачи делает принципиальные ошибки.	0-5	Грубые логические нарушения мешают пониманию смысла сказанного или аргументация не убедительна.
		6-10	Допущены две и более фактических ошибок в материале.
		11-15	Допущена одна фактическая ошибка в материале.
		15-19	Фактические ошибки отсутствуют.
0-59	Ставится при фрагментарных знаниях, существенных пробелах в области и непонимании сущности экзаменационных вопросов. Поступающий не может решить практическую задачу.	0-10	Неполный ответ на два из трех заданных теоретических вопросов.
		11-19	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов.
0-39	Отсутствуют ответы на два заданных вопроса, фрагментарный ответ на третий вопрос.		
-19	Ответ построен без привлечения научного материала.		
	Нет ответа ни на один из трех заданных вопросов, либо отказ от ответа.		

4. Вопросы, выносимые на экзамен

Раздел 1. Динамика полета.

1.1 Динамика полета летательного аппарата. 1.1. Уравнения движения ЛА. 1.2. Исходные данные для расчета траектории ЛА. 1.3. Маневренные свойства ЛА. 1.4. Установившийся и квазиустановившийся режимы полета крылатых ЛА. 1.5. Расчет неустановившегося движения, заданного программой полета. 1.6. Траектории наведения ЛА различных типов. 1.7. Общие

уравнения возмущенного движения ЛА. 1.8. Свободное и вынужденное движение ЛА. 1.9. Динамические свойства ЛА в особых случаях.

1.2 Методы оптимизации. 2.1. Теоретические основы математического программирования. 2.2. Линейное программирование. 2.3. Нелинейное программирование. 2.4. Минимаксные задачи и методы их решения. 2.5. Методы оптимизации при наличии помех. 2.6. Программирование оптимального управления динамическими системами. 2.7. Необходимые и достаточные условия оптимальности в детерминированном, минимаксном и стохастическом случаях. 2.8. Синтез оптимального управления динамическими системами.

1.3 Численные методы. 3.1. Численные методы математического моделирования на ЭВМ: сети точек, аппроксимация, интегрирование, метод Монте-Карло. 3.2. Решение инженерных задач на ЭВМ: постановка задачи, формализация, алгоритм, программа, получение результатов и их анализ, документирование. 3.3. Моделирование авиационно-космических систем различных видов: основные виды моделей, способы их построения, алгоритмизации, решения и анализа результатов.

1.4 Системный анализ. 4.1. Свойства и классификация систем. 4.2. Цель, показатели и критерии предпочтения системы. 4.3. Декомпозиция задачи системного анализа. 4.4. Модели и моделирование систем. 4.5. Неформальные этапы системного анализа. 4.6. Общие принципы анализа, синтеза и управления большими авиационно-космическими системами. 4.7. Понятие о больших авиационно-космических системах. 4.8. Системный подход и системный анализ как методологическая основа анализа и синтеза сложных систем. 4.9. Моделирование как средство решения задач анализа и синтеза систем. 4.10. Основные этапы системных исследований. 4.11. Формирование показателей и критериев эффективности системы при ее проектировании и управлении ею. 4.12. Аналитические, имитационные и регрессионные модели системы. 4.13. Управление в сложных технических системах. 4.14. Математическое моделирование и оптимизация сложных технических систем. 4.15. Оптимизация по векторным критериям.

Раздел 2. Баллистика.

2.1 Методы экспериментальных исследований авиационно-космических систем. 1.1. Роль испытаний в жизненном цикле сложных технических систем. 1.2. Классификация испытаний. 1.3. Критерии эффективности испытаний. 1.4. Математическая модель испытаний.

2.2 Теоретическая механика. 2.1. Кинематика точки, кинематика твердого тела, сложное движение точки и твердого тела. 2.2. Динамика материальной точки, общие теоремы динамики. 2.3. Элементы аналитической механики. 2.4. Устойчивость равновесия и малые колебания.

2.3 Введение в авиационную и космическую технику. 3.1. История развития авиации и космонавтики. 3.2. Основы теории полета. 3.3. Способы управления ЛА. 3.4. Силы, действующие на ЛА. 3.5. Прочность ЛА. 3.6. Испытания ЛА. 3.7. Технология производства ЛА. 3.8. Системы жизнеобеспечения ЛА. 3.9. Автоматизация проектирования ЛА и авиационно-космических систем.

2.4 Аэродинамика. 4.1. Основные физические закономерности течений газов и жидкостей. 4.2. Аэродинамические силы, моменты и тепловые потоки. 4.3. Характерные условия движения ЛА. 4.4. Основы кинематики сплошной среды. 4.5. Динамика сплошной среды. 4.6. Основы аэрогидростатики. 4.7. Аэродинамика ЛА. 4.8. Понятие о методах расчета аэродинамических характеристик.

Раздел 3. Управление полетом.

3.1 Управление полетом летательного аппарата. 1.1. Назначение и задачи системы управления ЛА. 1.2. Классификация и задачи системы управления ЛА

3.2 Теория управления летательными аппаратами и системами. 2.1. Линейные стационарные системы автоматического управления. 2.2. Гармонический анализ систем автоматического управления. 2.3. Устойчивость систем автоматического управления. 2.4. Качество процессов управления. 2.5. Метод корневого годографа. 2.6. Синтез линейных систем. 2.7. Многомерные линейные системы. 2.8. Управляемость и наблюдаемость многомерных линейных систем автоматического управления. 2.9. Нелинейные системы. 2.10. Метод фазовой плоскости. 2.11. Автоколебания. 2.12. Дискретные системы автоматического управления. 2.13. Методы описания дискретных систем автоматического управления во временной области. 2.14. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления. 2.15. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления.

3.3 Статистическая динамика. 3.1. Методы априорного статистического анализа движения: переходной матрицы, частотный, статистической линеаризации, теории марковских процессов. 3.2. Методы статистического моделирования. 3.3. Методы определения оценок состояния динамических систем. 3.4. Метод наименьших квадратов. 3.5. Метод максимума правдоподобия. 3.6. Дискретный и непрерывный фильтр Калмана.

3.4 Оптимальное управление ЛА. 4.1. Методы и алгоритмы оптимальной обработки информации, используемые в задачах оценки состояния и параметров ЛА различных типов. 4.2. Методы программирования и синтеза оптимального управления ЛА различных типов с учетом различной степени неопределенности внешних условий.

3.5 Основы радиоуправления. 5.1. Классификация радиотехнических систем траекторных измерений, управления и телеметрии. 5.2. Методы и средства измерений и первичной обработки информации. 5.3. Способы радиоуправления, функциональные схемы и их функционирование. 5.4. Радиотелеметрические системы. 5.5. Радиоуправление для различных типов ЛА.

Раздел 4. Системы наведения летательных и космических аппаратов

4.1 Введение. 1.1. Цели и задачи курса. Назначение и задачи систем наведения, инерциальных навигационных систем летательных и космических аппаратов. 1.2. Классификация систем наведения, инерциальных навигационных систем требования, предъявляемые к системам управления и наведения, к инерциальным навигационным системам.

4.2 Динамика систем телеуправления. 2.1. Классификация. Методы телеуправления. Принципы формирования законов управления и стабилизации. 2.2. Состав и особенности построения и функционирования систем телеуправления различных типов летательных аппаратов; Расчет кинематической траектории. 2.3. Функциональная схема командной системы телеуправления при наведении по методу трех точек. 2.4. Структурная схема командной системы телеуправления в вертикальной плоскости при наведении по методу трех точек. 2.5. Математические модели элементов системы телеуправления. Нелинейная и линейная математические модели командной системы телеуправления 1-го вида при наведении по методу трех точек, особенности их исследования. 2.6. Особенности системы телеуправления при наведении по лучу.

4.3 Динамика систем самонаведения. 3.1. Классификация. Методы самонаведения. Принципы формирования законов управления и стабилизации. 3.2. Состав и особенности построения и функционирования систем самонаведения летательных аппаратов различных типов. 3.3. Расчет кинематической траектории наведения. Способы формирования сигнала ошибки наведения. 3.4. Функциональная и структурная схемы системы самонаведения в вертикальной плоскости при наведении по методу пропорциональной навигации. 3.5. Головки самонаведения: со следящим приводом, с гироскопической стабилизацией. 3.6. Нелинейная и линейная модели системы самонаведения в вертикальной плоскости при наведении по методу пропорциональной навигации. 3.7. Основные особенности процесса самонаведения. 3.8. Анализ устойчивости и точности систем самонаведения.

Раздел 5. ТЕОРИЯ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

5.1 Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное движение космических аппаратов (КА). 1.1 Предмет курса. Задачи, решаемые в курсе. Условия космического полета. 1.2. Характеристика невозмущенной орбиты. Системы координат, используемые при описании движения КА. Координаты и составляющие скорости КЛА. Система кеплеровских элементов орбиты. 1.3. Определение орбит КЛА. Понятие сферы действия притягивающего центра.

5.2 Возмущенное движение КА. Метод оскулирующих элементов орбиты. 2.1. Основные возмущающие факторы, действующие на КА в полете. Сравнительная оценка влияния этих факторов. 2.2. Система уравнений для определения оскулирующих элементов орбиты. Метод конечных разностей для оценки изменений оскулирующих элементов. Вековые и периодические возмущения элементов орбиты. 2.3. Оценка влияния сжатия земного эллипсоида и сопротивления атмосферы на отклонение параметров орбиты. Время существования ИСЗ. 2.4. Трасса ИСЗ. Характер трассы, построение трассы.

5.3 Орбитальные маневры КА. 3.1. Виды и общая характеристика маневров орбитального перехода и коррекции параметров орбиты. Основной вид маневра. Понятие характеристической скорости. 3.2. Изменение элементов орбиты при импульсном управлении. 3.3. Компланарные межорбитальные переходы. Гомановский и би-эллиптический компланарные переходы между круговыми орбитами. 3.4. Некомпланарный межорбитальный переход.

5.4 Межпланетные полеты. 4.1. Методические аспекты расчета траекторий межпланетных перелетов. Расчет гелиоцентрического участка. 4.2. Геоцентрический участок траектории. 4.3. Движение КА в грависфере планеты-назначения. 4.4. Оптимизации схемы межпланетных перелетов. Окна запуска

5.5 Маневры КА с малой тягой. 1.1. Математическая модель движения КА с двигателем малой тяги 1.2. Исследование движения КА при простых законах управления вектором тяги. 1. 2.1. Трансверсальная тяга 1.2.2. Нормальная тяга

5.6 Сближение космических аппаратов. 2.1. Маневры сближения и встречи на орбите. 2.2. Дальнее наведение. Фазирующие орбиты. 2.3. Уравнения относительного движения транспортного КА и орбитальной станции. 2.4. Методы ближнего наведения.

5.7 Ориентация КА. 3.1. Формулировка задачи ориентации КА. Уравнения движения КА относительно центра масс. 3.2. Моменты сил, действующие на КА. 3.3. Методы и системы пассивной стабилизации. 3.4. Управление движением КА относительно центра масс.

5.8 Спуск КА с орбиты. 3.1. Классификация режимов спуска. Внеатмосферный участок спуска. Участок основного аэродинамического торможения. Участок мягкой посадки на Землю. 3.2. Принципы синтеза систем управления спуском (СУС). 3.3. Спуск КА с межпланетной орбиты.

5.9 Расчет движения КА относительно наземных пунктов. 4.1 Зона радиовидимости. 4.2 Освещенность КА и подспутниковых точек.

Раздел 6. Оценка состояния и параметров летательных аппаратов

6.1 Летательный аппарат как объект управления. 1.1 Продольное движение ЛА. 1.2 Боковое движение ЛА. 1.3 Передаточные функции ЛА.

6.2 Автопилоты. 2.1. Автопилоты, их назначение, состав. Функциональная схема. 2.2. Автопилоты крена. 2.3. Автопилоты для продольного и курсового каналов. 2.4. Работа автопилота.

6.3 Управляемость и наблюдаемость линейных стационарных систем. Модальное управление. 3.1. Управляемость линейных стационарных систем. 3.2. Модальное управление при полной информации о состоянии системы. 3.3. Наблюдаемость линейных стационарных систем. 3.4. Принцип построения наблюдающего устройства в виде модели системы с обратной связью по ошибке восстановления. 3.5. Модальное управление при неполной информации о состоянии системы. 3.6. Структура систем, не обладающих свойством полной управляемости. 3.7. Структура систем, не обладающих свойством полной наблюдаемости. 3.8. Связь понятий управляемости и наблюдаемости 3.9. Модальное управление для полностью наблюдаемой системы.

6.4 Синтез линейных систем в стохастической постановке. 4.1 Основные результаты по оптимальному восстановлению и управлению. 4.2 Построение дискретного фильтра Калмана. 4.3 Построение непрерывного Фильтра Калмана – Бьюси. 4.4 Примеры построения фильтра Калмана. 4.5 Двойственность задач линейной фильтрации и оптимального управления. 4.6 Стохастические модели систем наведения. Фильтр Калмана – Бьюси.

Раздел 7. Надежность ракет и космических аппаратов

7.1 Основные понятия теории надежности. 1.1. Определение надежности, проблема надежности. Основные понятия теории надежности. 1.2. Основное и резервное соединение изделий. Классификация способов резервирования

7.2 Основные характеристики надежности. 2.1. Основные количественные характеристики надежности невосстанавливаемых изделий. 2.2. Основные количественные характеристики надежности восстанавливаемых изделий. 2.3. Основные законы распределения случайных величин, используемые в теории надежности.

7.3 Испытания на надежность. 3.1. Классификация методов испытаний на надежность. Планы испытаний. 3.2. Оценка показателей надежности по результатам испытаний, статистическая функция распределения и гистограмма испытаний. 3.3. Точечные оценки параметров распределения. Требования к точечным оценкам. Методы определения точечных оценок. Примеры определения точечных оценок. 3.4. Интервальные оценки параметров надежности. Примеры определения интервальных оценок.

7.4 Аналитические методы расчета надежности. 4.1. Последовательность расчета систем, структурные схемы надежности. 4.2. Расчет надежности параллельно-последовательных структур. 4.3. Логико-вероятностный метод расчета надежности. Использование аппарата булевой алгебры. Основные законы булевой алгебры. 4.4. Порядок расчета надежности с использованием аппарата булевой алгебры. Примеры расчета надежности с использованием аппарата булевой алгебры. 4.5. Метод расчета,

основанный на составлении графа переходов изделия в различные состояния работоспособности. 4.6. Использование метода графов переходов для расчета надежности изделий при резервировании замещением.

7.5 Оптимальное резервирование. 5.1. Алгоритмы оптимального резервирования. 5.2. Применение оптимального резервирования в системах управления ракет и космических аппаратов.

Раздел 8. АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

8.1 Методы синтеза алгоритмов адаптации. 1.1 Определение и классификация адаптивных систем управления. Постановка задачи синтеза адаптивных систем управления 1.2 Методы синтеза алгоритмов адаптации.

8.2 Поисковые адаптивные системы. 2.1 Системы экстремального регулирования 2.2 Поисковые алгоритмы непрямого адаптивного управления.

8.3 Бесписковые адаптивные системы. 3.1 Синтез на основе метода функций Ляпунова 3.2 Синтез на основе алгоритма скоростного градиента 3.3 Упрощенные алгоритмы адаптации 3.4 Декомпозиция адаптивных систем на основе разделения движения.

Раздел 9. ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛА

9.1 Инерциальные навигационные системы (ИНС). Введение. 1.1 Основные понятия 1.2 Назначение и задачи ИНС летательных аппаратов (ЛА). 1.3 Классификация ИНС. Принципы построения бесплатформенных ИНС (БИНС).

9.2 Алгоритмы ИНС. 2.1 Основные уравнения инерциального метода; 2.2 Инерциальные чувствительные элементы; 2.3 БИНС с углами Эйлера- Крылова; 2.4 БИНС с направляющими косинусами. Уравнения Пуассона; 2.5 Ось конечного поворота. Кватернионы; 2.6 БИНС с параметрами Родрига-Гамильтона; 2.7 Обобщение алгоритмов БИНС, заключение. Начальная выставка БИНС.

9.3 Модель ошибок БИНС. 3.1 Элементарный анализ ошибок БИНС; 3.2 Векторная модель ошибок БИНС; 3.3 Скалярная модель ошибок БИНС.

9.4 Комплексные навигационные системы. 4.1 Элементы теории случайных процессов; 4.2 Непрерывный и дискретный фильтр Калмана в комплексных навигационных системах; 4.3 Инерциально-спутниковые навигационные комплексы.

10. Рекомендуемая литература

10.1. Основная литература:

1. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2005.
2. Лысенко Л.Н. Наведение и навигация баллистических ракет. М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.
3. Шалыгин А.С., Лысенко Л.Н., Толпегин О.А. Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 2012.
4. Толпегин О.А. Дифференциально-игровые методы управления беспилотными летательными аппаратами. СПб.: Изд-во БГТУ, 2009.
5. Толпегин О.А. Области достижимости летательных аппаратов. СПб.: Изд-во БГТУ, 2013.
6. Кашин В.М., Лифиц А.Л. Методологические основы проектирования переносных зенитных ракетных комплексов. М.: Наука, 2013.
7. Соловей Э.Я., Храпов А.В. Динамика систем наведения управляемых авиабомб. М.: Машиностроение, 2006.
8. Панов В.В., Горчица Г.И., Балько Ю.П. и др. Формирование рационального облика перспективных авиационных ракетных систем и комплексов. М.: Машиностроение, 2010.
9. Биард, Рэндал У. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. пер. с англ. Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. - М. : Техносфера, 2018.
10. Емельянов В.Ю., Захаров А.Ю., Мишина О.А. Теория управления : тексты лекций [для вузов]. - СПб.: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019.
11. Подоплёкин Ю.Ф., Соловьёва В.В., Толмачёв С.Г., Шаров С.Н. Интеллектуальные информационные управляющие системы со сложными локационными сигналами для беспилотных летательных аппаратов. СПб.: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020.
12. Лысенко, Лев Николаевич и др. Внешняя баллистика : учебное пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018.
13. Романов А.В., Тестоедов Н.А. Основы проектирования информационно-управляющих и механических систем космических аппаратов : учебник [для вузов] / ред. В. Д. Атамасов ; Конструктор. бюро "Арсенал" им. М. В. Фрунзе, Информ. спутник. системы им. акад. М. Ф. Решетнёва. - СПб. : Професионал, 2015.
14. Лентовский В.В. [и др.] Системы ориентации и наведения беспилотных летательных аппаратов: учебное пособие [для вузов]. СПб.: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019.
15. Шаров С.Н. и др. Синтез и обработка сложных локационных сигналов информационных каналов систем управления : учебное пособие [для вузов]. СПб.: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019.
16. Шаров С.Н. Информационные каналы систем управления: учебное пособие [для вузов]; Концерн "Гранит-Электрон", БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, Рос. акад. ракет. и арт. наук. - АВТ. РЕД. - СПб.: 2018.

5.2 Дополнительная литература:

1. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов: Учебник для вузов. М.: Дрофа, 2004.
2. Разоренов Г.Н., Бахрамов Э.А., Титов Ю.Ф. Системы управления летательными аппаратами. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2003.
3. Скребушевский Б.С. Управление полетом беспилотных космических аппаратов. М.: Из-во «ВЛАДМО», 2003.

4. Аппазов Р.Ф., Лавров С.С, Мишин В.П. Баллистика управляемых ракет дальнего действия. М.: Наука, 1966.
5. Баллистика и навигация ракет: Учебник для втузов / А.А. Дмитриевский, Н.М. Иванов, Л.Н. Лысенко и др. М.: Машиностроение, 1985.
6. Расчет и анализ движения летательных аппаратов / С.А. Горбатенко и др. М.: Машиностроение, 1971.
7. Иванов Н.М., Мартынов А.И. Движение космических летательных аппаратов в атмосферах планет. М.: Наука, 1985.
8. Ишлинский А.Ю. Инерциальное управление баллистических ракет. М.: Наука, 1968.
9. Кузмак Г.Е. Динамика неуправляемого движения летательных аппаратов при входе в атмосферу. М.: Наука, 1970.
10. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973.
11. Лебедев А.А., Герасюта Н.Ф. Баллистика ракет. М.: Машиностроение, 1970.
12. Остославский И.В., Стражева И.В. Динамика полета. М.: Машиностроение, 1969.
13. Погорелов Д.А. Теория кеплеровых движений летательных аппаратов. М.: Физматгиз, 1961.
14. Постников А.Г., Чуйко В.С. Высшая баллистика неуправляемых ракет и снарядов. М.: Машиностроение, 1985.
15. Святодух В.К. Динамика пространственного движения управляемых ракет. М.: Машиностроение, 1969.
16. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика летательных аппаратов. М.: Наука, 1982.
17. Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: Учеб. пособие для втузов /А.А. Лебедев, В.Т. Бобронников, М.Н. Красильщиков, В.В. Малышев. М.: Машиностроение, 1985.
18. Ярошевский В.А. Динамика неуправляемого тела в атмосфере. М.: Машиностроение, 1978.
19. Брандин В.Н., Разоренов Г.Н. Определение траекторий космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1978.
20. Основы теории полета космических аппаратов / Под ред. Нариманова Г.С., Тихонравова М.К.. М.: Машиностроение, 1972.
21. Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф., Сихарулидзе Ю.Г. Алгоритмы управления космическим аппаратом при входе в атмосферу. М.: Наука, 1975.
22. Шкадов Л.М., Буханова Р.С, Илларионов В.Ф. Механика оптимального пространственного движения летательных аппаратов в атмосфере. М.: Машиностроение, 1972.
23. Эльясберг П.Е. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. М.: Наука, 1975.
24. Теоретические основы управления полетом баллистических ракет и головных частей. Ч. 1. Учебник для слушателей военных академий / Под ред. Г.Н.Разоренова М.: ВА РВСН, 2001.
25. Можаяев Г.В. Синтез орбитальных структур спутниковых систем. М.: Машиностроение, 1989.
26. Аппазов Р.Ф., Сытин О.Г. Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли. М.: Наука, 1987.
27. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета. М.: Наука, 1990.
28. Скребушевский Б.С. Формирование орбит КА. М.: Машиностроение, 1990.
29. Алексеева К.С. [и др] Исследование динамики инерциальных навигационных систем управления беспилотных летательных аппаратов : практикум [для вузов] - СПб. : Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023.
30. Бородавкин В. А., Зыков С.А., Петрова И.Л. Исследование ракетных систем на компьютерных моделях.: учебное пособие [для вузов], БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.

Устинова. - СПб. :2022.

31. Петрова И.Л., Алексеева К.С., Емельянов В.Ю., Баранов Н.Е. Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов. Учебное пособие [для вузов], ред. Толпегина О.А.; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : 2020.
32. Лемешонок Т.Ю., Сизова А.А. Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов. Практикум [для вузов] БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова. - СПб. : 2021.
33. Лемешонок Т.Ю., Сизова А.А., Баранов Н.Е., Санников В.А. Математические модели динамики движения летательных аппаратов. Учебное пособие [для вузов] /; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова. - СПб. : 2020.
34. Толпегин О.А. Методы адаптивного управления летательными аппаратами. Тексты лекций. [учебное пособие для вузов] БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : 2014.
35. Толпегин О.А. Экспериментальная баллистика Тексты лекций [для вузов] БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : 2015.
36. Толпегин О.А., Кашин В.М., Новиков В.Г. Математические модели систем наведения ракет: учебное пособие [для вузов] БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : 2016.
37. Толпегин О.А. Методы управления движением беспилотных летательных аппаратов на основе теории дифференциальных игр. - СПб. : Наука, 2021.
38. Шалыгин А.С., Санников В.А. Устойчивость динамических систем автоматического управления. Учебное пособие [для вузов] БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова. - СПб.: 2015.