

Министерство науки и высшего образования РФ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Балтийский государственный технический университет  
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и ИКТ

С.А. Матвеев

2018 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Теоретические основы структурно-параметрической оптимизации**  
(наименование дисциплины)

**энергодвигательных систем космических аппаратов**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ:

**24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника**

(указывается код и наименование направления подготовки)

НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ:

**05.07.05 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных**

(указывается наименование направленности)

**аппаратов**

КВАЛИФИКАЦИЯ: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ: **очная**

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ: **зачет**

Санкт-Петербург – 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ  
*/оборотная сторона титульного листа/*

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

24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника  
(указывается индекс и наименование направления/специальности)

Программу составили:  
кафедра АЗ "Космические аппараты и двигатели",  
Ермолаев В.И., профессор кафедры АЗ, д.т.н, проф.

 /                      /

Эксперт:

Начальник кафедры

ВКА имени А.Ф. Можайского Абдурахимов А.А., д.т.н., доцент

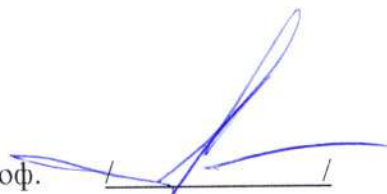
 /                      /

Программа рассмотрена на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы АЗ "Космические аппараты и двигатели"

«31» 10 2018 г.

Заведующий кафедрой

Бабук В.А., д.т.н., проф.

 /                      /

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии по укрупненной группе направлений и специальностей подготовки (УМК по УГНиСП) 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника»

«31» 10 2018 г. Председатель УМК по УГНиСП

Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

 /                      /

Учебная дисциплина обеспечена основной литературой

«31» 10 2018 г.

Директор библиотеки

Сесина Н.В.

 /                      /



## 1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Дисциплина вносит вклад в формирование у аспирантов следующих универсальных и общих для направления компетенций:

- способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способности проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовности участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3).

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

- владения методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники (ОПК-1);
- владения культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способности к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом соблюдения авторских прав (ОПК-3);
- готовности к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-4).

В результате освоения дисциплины аспиранты будут знать:

- принципы системного подхода к исследованию и разработке сложных технических систем и процесса их применения;
- основы методологии системного анализа и проектирования энергодвигательных систем космических аппаратов;
- содержание основных этапов проектирования энергодвигательных систем космических аппаратов;

уметь:

- самостоятельно ставить и решать задачи оптимизации структуры и параметров энергодвигательных систем космических аппаратов;
- оценивать основные показатели качества применения энергодвигательных систем космических аппаратов в условиях неопределенности условий их функционирования;
- решать задачи унификации типоразмеров энергодвигательных систем космических аппаратов;

владеть:

- методами математического моделирования энергодвигательных систем космических аппаратов и процесса их применения;
- математическими методами оптимизации структуры и параметров сложных технических систем;

приобретут опыт деятельности:

- в разработке математических моделей энергодвигательных систем космических аппаратов и процесса их применения;
- в проведении анализа результатов исследования математических моделей и выработке практических рекомендаций по формированию облика и способов применения перспективных энергодвигательных систем космических аппаратов;
- в использовании современных программных средств для решения задач структурно-параметрического анализа и синтеза энергодвигательных систем космических аппаратов.

## 2 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к \_\_\_\_\_ вариативным \_\_\_\_\_ дисциплинам

программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы (з.е.) или 72 академических часа, в том числе 51 час аудиторных занятий и 21 час самостоятельной работы.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: «Устройство и функционирование космических аппаратов», «Энергосистемы», «Двигательные установки», «Модели функционирования агрегатов ракетно-космической техники», «Теория вероятностей и математическая статистика».



### 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

#### 3.1 Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость, акад. час
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>51</b>
Лекционные занятия (ЛЗ)	34
Научно-практические занятия (НПЗ)	17
Семинары (С)	-
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	-
Индивидуальные консультации (К)	-
<b>Самостоятельная работа (СР), в том числе:</b>	<b>21</b>
Подготовка к научно-практическим занятиям	21
<b>Всего:</b>	<b>72</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятел ьной работы
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Методология системного анализа и проектирования энергодвигательных систем космических аппаратов		8	4	-	-	-	5	Подготовка к научно-практическим занятиям
2	Математические методы оптимизации структуры и параметров энергодвигательных систем		6	-	-	-	-	3	
3	Математические модели и методы оптимизации специализированных энергодвигательных систем		12	8	-	-	-	8	
4	Математические модели и методы оптимизации универсальных энергодвигательных систем		8	5	-	-	-	5	
	Итого:		34	17	-	-	-	21	

Примечание: ЛЗ – лекционное занятие, НПЗ – научно-практические занятия, ИЛР – исследовательские лабораторные занятия работа, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся;

### 3.3 Тематика аудиторных занятий

#### Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
1	1	Принципы системного подхода к исследованию и разработке сложных технических систем и процесса их применения. Основные этапы решения задачи выбора оптимальной структуры и параметров энергодвигательной системы космического аппарата.	2	[1, 2]
	2	Постановка задачи оптимизации структуры и параметров энергодвигательной системы космического аппарата. Показатели качества и критерии оптимальности энергодвигательной системы космического аппарата.	2	[1, 2]
	3	Формализация функциональных требований к энергодвигательной системе космического аппарата. Особенности принятия решений в детерминированных и стохастических условиях.	2	[1, 2]
	4	Методы формирования структурно-параметрических моделей энергодвигательных систем. Разработка обобщенной структурно-поточной матрицы энергодвигательной системы космического аппарата.	2	[1, 2]
2	5	Выбор математического метода оптимизации. Методы линейного программирования.	2	[3]
	6	Методы нелинейного программирования.	2	[3]
	7	Методы принятия решений в условиях неопределенности исходной информации.	2	[3]
3	8	Формирование математической модели функционирования специализированной энергодвигательной системы космического аппарата. Уравнения баланса материальных потоков.	2	[1, 2]
	9	Математические модели солнечных энергетических установок.	2	[2]
	10	Математические модели тепловых энергетических установок.	2	[2]
	11	Математические модели ядерных энергетических установок.	2	[2]
	12	Математические модели тепловых двигательных установок.	2	[2]
	13	Математические модели электроракетных двигательных установок.	2	[2]



4	14	Постановка задачи универсализации энергодвигательной системы космического аппарата. Показатели качества и критерии универсальных энергодвигательных систем.	2	[1, 2]
	15	Выбор универсальной энергодвигательной системы при полной информации о функциональных требованиях к энергодвигательной системе.	2	[1, 2, 5]
	16	Выбор универсальной энергодвигательной системы при вероятностно-определенной информации о функциональных требованиях к энергодвигательной системе.	2	[1, 2, 5]
	17	Выбор универсальной энергодвигательной системы в условиях неопределенности информации о функциональных требованиях к энергодвигательной системе.	2	[1, 2, 5]
Итого:			34	

Тематика научно–практических занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
1	1	Разработка обобщенной структурно-поточной матрицы энергодвигательной системы	4	[1, 2, 4]
3	2	Разработка математической модели функционирования специализированной энергодвигательной системы космического аппарата.	4	[1, 2, 4]
3	3	Исследование математической модели функционирования специализированной энергодвигательной системы космического аппарата.	4	[1, 2, 4]
4	4	Выбор универсальной энергодвигательной системы в условиях неопределенности информации о функциональных требованиях к энергодвигательной системе.	4	[1, 2, 4]
1-4	5	Зачет по лабораторным работам	1	[1, 2, 4]
Итого:			17	

Программой дисциплины лабораторные занятия не предусмотрены.

### 3.4 Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

В активной и интерактивной форме проводятся аудиторные учебные занятия по отдельным разделам и темам дисциплины, указанным в табл. 6

Таблица 6

№ раздела	Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика	Кол-во часов
1	НПЗ. Разработка обобщенной структурно-поточной матрицы энергодвигательной системы	4
2	НПЗ. Разработка математической модели функционирования специализированной энергодвигательной системы космического аппарата.	4
3	НПЗ. Исследование математической модели функционирования специализированной энергодвигательной системы космического аппарата.	4
4	НПЗ. Выбор универсальной энергодвигательной системы в условиях неопределенности информации о функциональных требованиях к энергодвигательной системе.	4
Итого:		16

### 4. Перечень заданий для самостоятельной работы

Программой дисциплины выдача заданий для самостоятельной работы не предусмотрена.

### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в форме зачета

#### 5.1 Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Контрольные мероприятия текущего контроля

Таблица 8

Вид контрольного мероприятия	Наименование	Срок проведения (№ недели)	Контролируемый объем (№№ разделов)
Устный опрос	Защита НПЗ № 1 и 2	8	1 и 2

#### 5.2 Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде контрольных вопросов.  
(контрольных вопросов, экзаменационных вопросов, задач, заданий и.т.п.)

Примерные контрольные вопросы:

1. Принципы системного подхода к исследованию и разработке сложных технических систем и процесса их применения.
2. Основные этапы решения задачи выбора оптимальной структуры и параметров энергодвигательной системы космического аппарата.
3. Постановка задачи оптимизации структуры и параметров энергодвигательной системы космического аппарата.
4. Показатели качества и критерии оптимальности энергодвигательной системы космического аппарата.
5. Формализация функциональных требований к энергодвигательной системе космического аппарата.



6. Особенности принятия решений в детерминированных и стохастических условиях.
7. Методы формирования структурно- параметрических моделей энергодвигательных систем.
8. Разработка обобщенной структурно-поточной матрицы энергодвигательной системы космического аппарата.
9. Выбор математического метода оптимизации. Методы линейного программирования.
10. Методы нелинейного программирования.
11. Методы принятия решений в условиях неопределенности исходной информации.
12. Формирование математической модели функционирования специализированной энергодвигательной системы космического аппарата.
13. Уравнения баланса материальных потоков.
14. Математические модели солнечных энергетических установок.
15. Математические модели тепловых энергетических установок.
16. Математические модели ядерных энергетических установок.
17. Математические модели тепловых двигательных установок.
18. Математические модели электроракетных двигательных установок.
19. Постановка задачи универсализации энергодвигательной системы космического аппарата.
20. Показатели качества и критерии универсальных энергодвигательных систем.
21. Выбор универсальной энергодвигательной системы при полной информации о функциональных требованиях к энергодвигательной системе.
22. Выбор универсальной энергодвигательной системы при вероятностно-определенной информации о функциональных требованиях к энергодвигательной системе.
23. Выбор универсальной энергодвигательной системы в условиях неопределенности информации о функциональных требованиях к энергодвигательной системе.

## **5. Образовательные технологии по дисциплине**

Обучение по дисциплине ведется с применением инновационных технологий: лекции-консультации, лекции-дискуссии, метод учебного проектирования.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

- информационно-справочная система БГТУ «Военмех»;
- программные средства: Mathcad, SolidWorks, КОМПАС.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература:

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания*
1	В.И. Ермолаев	Двигательные установки космических летательных аппаратов: учебник	БГТУ	2016
2	В.И. Ермолаев	Методы оптимизации проектных параметров маршевых двигательных установок и способов маневрирования космических аппаратов: монография	БГТУ	2017
3	И. П. Норенков	Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов	МГТУ им. Н. Э. Баумана	2009
4	А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников	Методы оптимизации: учебное пособие для вузов	Инфра-М: РИОР	2013

### 6.2 Дополнительная литература:

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	А. А. Александров, В. Ю. Емельянов, А. Г. Юрескул	Моделирование систем: лабораторный практикум для вузов	БГТУ "ВОЕНМЕХ"	2013
2	Г. В. Абраменко, Д. В. Васильков, А. И. Григорьев	Применение системного анализа при исследовании сложных технических систем	ГНЦ ФГУП "ЦНИИХМ"	2010
3	-	Журнал "Космонавтика и ракетостроение"	ЦНИИ машиностроения	периодич. издание

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

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2>
2. <https://www.biblio-online.ru>
3. <https://e.lanbook.com>
4. <https://www.book.ru>

### 6.4 Программное обеспечение: Mathcad, Matlab, КОМПАС-3D.



**6.5. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса:**

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций,
- использование информационных (справочных) систем,
- консультирования обучающихся преподавателями через электронную почту.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**7.1 Специализированные лаборатории (в том числе научные) и классы, основное учебное оборудование (комплексы, установки и стенды):**

- специализированная аудитория ИСС, оснащенная компьютером, мультимедиапроектором, экраном и агрегатами энергодвигательных систем космических аппаратов;
- компьютерный класс кафедры ВЦ АЗ, оснащенный 13 персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть кафедры, имеющую доступ к электронной библиотеке и выход в интернет.

**7.2 Средства обеспечения освоения дисциплины:**

комплект слайдов по дисциплине.