

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 (МОДУЛЯ)

Б1.В.ОД.9. Гидрогазодинамические процессы в агрегатах стартового оборудования
(наименование дисциплины)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ: 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника»

(указывается код и наименование направления подготовки)

НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ: 05.07.06. «Наземные комплексы, стартовое оборудование и эксплуатация летательных аппаратов»

(указывается наименование направленности)

КВАЛИФИКАЦИЯ: Исследователь. Преподаватель-исследователь

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ: очная

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ: зачет

(Зачет / Дифференцированный зачет / Экзамен)

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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 A4 Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов

Дудин С.М., профессор, к.т.н., доцент

Ф.И.О., должность, ученая степень, ученое звание

Эксперт(ы):

Зам. дир. научно-производственного комплекса по научной работе - начальник ракетно-исследовательского отдела АО «НП «Рязань», к.т.н.  Маштаков А.В.

Программа рассмотрена на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы A4 Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов

(индекс и наименование кафедры-разработчика рабочей программы)

«31» 10 2018 г. Заведующий кафедрой A4 Долбенков В.Г. к.т.н. /

(Ф.И.О., уч.степень, уч.звание)

(подпись) 

Рабочая программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по укрупненной группе направлений и специальностей подготовки (УМК по УГНиСП)

240000 Авиационная и ракетно-космическая техника

(индекс)

(полное наименование направления) (№ протокола)

«31» 10 2018 г. Председатель УМК по УГНиСП Сырцев А.Н., д.вн, снс/ /


(Ф.И.О., уч.степень, уч.звание)

(подпись) 

Учебная дисциплина обеспечена основной литературой

«31» 10 2018 г. Директор библиотеки Сесина Н.В. /

(Ф.И.О., уч.степень, уч.звание)

(подпись) 

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины является изучение физических процессов и явлений, определяющих гидрогазодинамические нагрузки, действующие при функционировании стартового оборудования ракетных комплексов, методов их определения и способов снижения до допустимых пределов.

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих универсальных и общепрофессиональных для направления компетенций:

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав (ОПК-3).

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

- способностью собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области ракетно-космической техники и технологии (ПК-1);
- способностью и готовностью с помощью компьютерной техники планировать и проводить научные эксперименты, обрабатывать, анализировать и оценивать результаты исследований, способностью с помощью компьютерной техники обрабатывать, анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию (ПК-2);
- способностью принимать участие в фундаментальных и прикладных исследованиях по решению проблем, возникающих при проектировании и опытно-конструкторских разработках (ПК-3);
- способностью и готовностью разрабатывать математические модели, описывающие процессы, происходящие в разрабатываемых ракетно-космических комплексах, выбирать методы их решений и анализировать полученные результаты (ПК-5);

В результате освоения дисциплины (модуля) аспиранты будут:

знать:

- научно-технические основы определения параметров гидрогазодинамических процессов, возникающих при функционировании стартового оборудования;

уметь:

- анализировать результаты экспериментальных и численных исследований параметров двухфазных газожидкостных течений;

владеть:

- навыками использования научной и справочной литературы при проведении расчетов и экспериментальных исследований, анализе результатов и выборе способов снижения нагрузок;

- навыками организации и проведения расчетов и физического эксперимента в области гидрогазодинамических процессов, сопровождающих функционирование стартового оборудования;

приобретут опыт деятельности:

- проведения расчетов в области гидрогазодинамики;
- анализа результатов экспериментальных и численных исследований гидрогазодинамических течений при старте;

2. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к базовым дисциплинам программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы (з.е.) или 72 академических часов (час), в том числе 2 часа аудиторных занятий и 70 часов самостоятельной работы. Дисциплина имеет теоретический характер и ориентирована на профессиональную подготовку аспиранта

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: «Численные методы проектирования», «Механика жидкости и газа», «Струйные течения».

3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

3.1 Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость, акад. час
Аудиторные занятия, в том числе:	2
Лекционные занятия (ЛЗ)	2
Научно-практические занятия (НПЗ)	-
Семинары (С)	-
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	-
Индивидуальные консультации (К)	-
Самостоятельная работа (СР), в том числе:	70
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР)	10
Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ)	-
Подготовка рефератов (Р)	-
Самостоятельное изучение тем с использованием литературы (СИ)	60
Всего:	72

3.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной ра- боты (час.)						Формы самостоя- тельной работы		
		всего	очная форма обучения							
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К		СР	
	5-й семестр									
1	<i>Раздел 1. Основные положения гидрогазодинами- ки.</i> Основные подходы к расчету параметров га- зожидкостных систем. Уравнения сохранения. Виды взаимодействия на границе раздела фаз. Критериальные зависимости и определяющие критерии подобия. Дополнительные параметры, характеризующие соотношение фаз, плотность и скорость газожидкостных потоков.	10						10	ЛЗ, СИ	
2	<i>Раздел 2. Течение газожидкостных потоков в трубах.</i> Структура течений газожидкостных потоков в трубах. Карта течений для вертикальных и гори- зонтальных участков трубопроводов. Расчет па- раметров потока по гомогенной модели. Опреде- ление гидравлических потерь. Оценка сжимаемо- сти газожидкостных систем. Особенности гетеро- генной модели потока.	15							15	СИ
3	<i>Раздел 3. Кавитационные течения.</i> Особенности паровой и газовой кавитации. Урав- нение динамики пузырька для обоих видов кави- тации. Кавитационная эрозия материала. Оценка стойкости различных материалов к кавитацион- ной эрозии. Кавитация в криогенных жидкостях. Течения с развитой кавитацией. Формирование защитных газовых полостей при естественной и искусственной кавитации.	11	-	-	-	-	-	-	11	СИ
	6-й семестр									
4	<i>Раздел 4. Эжекционные процессы.</i> Режимы течения жидкости и газа в рабочих поло- стях газожидкостного струйного аппарата. Мате- матическая модель течений в газожидкостном эжекторе. Расчет параметров эжекторного устрой- ства, работающего в допредельном режиме, при использовании его в качестве насоса, пароконден- сатора, генератора газожидкостной смеси.	22	2	-	-	-	-	-	20	СИ, РИР
5	<i>Раздел 5 Распыливание жидкости.</i> Характеристики газожидкостного факела. Пнев- матическое распыливание жидкости. Механиче- ское распыливание жидкости. Гидравлическое распыливание жидкости. Расчет параметров цен- тробежных форсунок.	15	-	-	-	-	-	-	15	СИ
	Итого:	72	2	-	-	-	-	-	70	

Примечание: ЛЗ – лекционное занятие, НПЗ – научно-практические занятия, ИЛЗ – исследовательские лабораторные занятия работа, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся, СИ – самостоятельное изучение тем с использованием литературы, РИР – выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ;

3.3 Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раз-дела	№ лек-ции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
4	1	Математическая модель течений в газожидкостном эжекторе. Методика расчета параметров газожидкостного эжекторного устройства. Особенности расчета параметров газопарожидкостного эжектора.	2	3 (ОЛ), 3-6, 9-10 ДЛ
Итого:			2	

Примечание: ОЛ – основная литература; ДЛ – дополнительная литература, ЭР – электронные ресурсы

Программой дисциплины практические / семинарские / лабораторные занятия/ не предусмотрены.

3.4 Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

Программой дисциплины занятия, проводимые в активной и интерактивной формах не предусмотрены.

4. Перечень заданий для самостоятельной работы*

Таблица 4

Задания	Срок выдачи (№ недели)	Срок сдачи (№ недели)	Номера разделов дисциплины (модуля)
Выполнение комплексной расчетно-исследовательской работы «Расчет параметров газожидкостного эжекторного устройства»	8	17	4

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 5

Вид контрольного мероприятия	Наименование	Срок проведения (№ недели)	Контролируемый объем (№№ разделов)
Устный опрос		17	2-4
Защита отчета по комплексной расчетно-исследовательской работе	«Расчет параметров газожидкостного эжекторного устройства»	17	4

5.2 Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде вопросов и тестирования.

Примерные вопросы на зачет:

1. Принятые допущения и основные уравнения, описывающие газожидкостные потоки.
2. Определяющие критерии подобия и критериальные зависимости.
3. Структурная картина течений газожидкостных потоков в трубах.

4. Карта течений жидкости и газа для вертикальных и горизонтальных участков трубопроводов.
5. Расчет параметров потока по гомогенной модели. Определение гидравлических потерь.
6. Оценка сжимаемости газожидкостных систем. Особенности гетерогенной модели потока.
7. Особенности паровой и газовой кавитации. Уравнение динамики пузырька для обоих видов кавитации.
8. Кавитационная эрозия материала. Оценка стойкости различных материалов к кавитационной эрозии.
9. Кавитация в криогенных жидкостях.
10. Течения с развитой кавитацией. Формирование защитных газовых полостей при естественной и искусственной кавитации.

5. Образовательные технологии по дисциплине

Обучение по дисциплине ведется с применением лекций-консультаций

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

- 1) Компьютерные презентации с результатами численных и экспериментальных исследований гидрогазодинамических течений.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература:

Таблица 6

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	Емельянов В. Н., Анисимов В.А. Тетерина И.В.	Моделирование высокоинтенсивных процессов: учебное пособие.	СПб. БГТУ	2013
2	Волков К. Н., Емельянов В. Н.	Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа	М. Физматлит	2012

6.2 Дополнительная литература:

Таблица 7

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	2	3	4	5
1	Методические указания РД 24.035.05-89 министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения СССР.	Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС.	Ленинград	1991
2	Бармин И.В. (ред.)	Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники (инженерное пособие). Книга 1	Полиграфикс РПК	2005
3	Кутателадзе С.С., Стирикович М.А.	Гидродинамика газожидкостных систем.	М., Энергия,	1976
4	Терехов В.И., Пахомов М.А.	Тепломассоперенос и гидродинамика в газокапельных потоках	НГТУ	2009
5	Лабунцов Д.А.	Механика двухфазных систем	М., МЭИ	2000
6	Кутателадзе С.С.,	Тепломассообмен и волны в га-	М., Наука,	1984

	Накоряов В.Е.	зожидкостных системах		
1	2	3	4	5
7	Акуличев В.А.	Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях.	М., Наука,	1978
8	Дитякин Ю.Ф.	Распыливание жидкостей.	М., Машиностроение,	1977
9	Дейч Г.А., Филиппов Г.А.	Двухфазные течения в элементах теплоэнергетического оборудования.	М., Энергоатомиздат,	1987
10	Цегельский В.Г.	Двухфазные струйные аппараты.	М. МГТУ им. Н.Э. Баумана.	2003
11	Девидсон В.Е.	Основы гидрогазодинамики в примерах и задачах	М., Академия	2008
12	Волков К. Н., Емельянов В. Н.	Течения газа с частицами	Физматлит	2008
13	Волков К. Н., Емельянов В. Н.	Двухфазные течения: учебное пособие для вузов	БГТУ "ВОЕНМЕХ"	2005

6.3 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

Электронные ресурсы:

ЭБС «Лань», ЭБС «Юрайт», library.voenmeh.ru

6.4 Программное обеспечение.

Пакет символьных вычислений Wolfram Mathematica (версия 10 или выше)

6.5. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Использование мультимедийных материалов – презентация материала с использованием проектора.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

1) Лекции и практические занятия по данной дисциплине проводятся в специализированном классе кафедры А-4 (ауд. 375). Аудитория оснащена презентационной техникой (проектор, экран и ноутбук).

2) Комплексная расчетно-исследовательская работа может выполняться в компьютерном классе кафедры. Рабочие места аспирантов в компьютерном классе оснащены компьютерами из расчета один компьютер на аспиранта.

7.2 Средства обеспечения освоения дисциплины

1) Компьютерные презентации с результатами численных и экспериментальных исследований газодинамических течений при старте;

СПРАВКА
о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
учебной литературы
(справка является неотъемлемой частью УМК дисциплины)

1. Наименование дисциплины: «Гидрогазодинамические процессы в агрегатах стартового оборудования».

2. Кафедра А4 Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов.

3. **Перечень основной учебной литературы** (авторы, название, наличие грифа Минобразования, УМО, НМС, другого министерства или ведомства, выходные данные, количество экземпляров) :

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	Емельянов В. Н., Анисимов В.А., Тетерина И.В.	Моделирование высокоинтенсивных процессов: учебное пособие.	СПб. БГТУ	2013
2	Волков К. Н., Емельянов В. Н.	Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа	М. Физматлит	2012

4. **Перечень дополнительной литературы** (авторы, название, наличие грифа Минобразования, УМО, НМС, другого министерства или ведомства, выходные данные, количество экземпляров):

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	2	3	4	5
1	Методические указания РД 24.035.05-89 министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения СССР.	Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС.	Ленинград	1991
2	Бармин И.В. (ред.)	Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники (инженерное пособие). Книга 1	Полиграфикс РПК	2005
3	Кутателадзе С.С., Стырикович М.А.	Гидродинамика газожидкостных систем.	М., Энергия,	1976
4	Терехов В.И., Пахомов М.А.	Тепломассоперенос и гидродинамика в газочапельных потоках	НГТУ	2009
5	Лабунцов Д.А.	Механика двухфазных систем	М., МЭИ	2000
6	Кутателадзе С.С., Нагоряев В.Е.	Тепломассообмен и волны в газожидкостных системах	М., Наука,	1984
7	Акулиничев В.А.	Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях.	М., Наука,	1978
8	Дитякин Ю.Ф.	Распыливание жидкостей.	М., Машиностроение,	1977
9	Дейч Г.А., Филиппов Г.А.	Двухфазные течения в элементах теплоэнергетического оборудования.	М., Энергоатомиздат,	1987
10	Цегельский В.Г.	Двухфазные струйные аппараты.	М. МГТУ им. Н.Э. Баумана,	2003
11	Девидсон В.Е.	Основы гидрогазодинамики в	М., Академия	2008

