

**Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»**

Институт авиации, наземного транспорта и энергетики

Институт (факультет) **Институт авиации, наземного транспорта и энергетики**
(наименование института, в состав которого входит кафедра, ведущая дисциплину)

Кафедра **Реактивных двигателей и энергетических установок**
(наименование кафедры, ведущей дисциплину)

Регистрационный № 1130.2/39

АННОТАЦИЯ

**к рабочей программе
дисциплины (модуля)**

**Современные методы вычислительной гидродинамики для
решения задач внутренней баллистики**

Индекс по учебному плану **Б1.В.ДВ.01.02**

Направление подготовки: **24.04.05 Двигатели летательных аппаратов**

Квалификация: **магистр**

Магистерская программа подготовки **«Ракетные двигатели на твердом
топливе»**

Вид профессиональной деятельности: **научно- исследовательская,
проектно-конструкторская**

Разработана доцентом кафедры РДЭУ, к.т.н. А.Н. Сабирзяновым

Казань 2017

РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель преподавания учебной дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является формирование комплекса знаний и практических навыков, необходимых для решения прикладных задач внутренней баллистики ракетных двигателей.

1.2. Задачи учебной дисциплины (модуля)

Основная задача дисциплины:

- изучение основных понятий вычислительной гидродинамики;
- изучение основ моделирования турбулентных течений средствами современной вычислительной гидродинамики;
- изучение основ моделирования процессов горения в турбулентных потоках;
- приобретение навыков использования современных компьютерных технологий для моделирования рабочих процессов энергоустановок;
- приобретение навыков создания и импортирования геометрических моделей и сеток;
- приобретение навыков формирования математической модели;
- приобретение навыков адекватного определения граничных условий;
- приобретение навыков использовать имеющиеся средства для обработки и удобного представления результатов расчета;
- решение прикладных задач внутренней баллистики ракетных двигателей.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 «Современные методы вычислительной гидродинамики для решения задач внутренней баллистики» входит в вариативную часть дисциплин профессионального цикла и изучается в течение 2-х семестров. Дисциплина закладывает знания для получения компетенций, связанных с технологиями автоматизированного проектирования сложных технических объектов, которыми являются ракетные двигатели.

1.4. Объем учебной дисциплины (модуля) (с указанием трудоемкости всех видов учебной работы)

Таблица 1

Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Вид учебной работы	Общая трудоемкость		семестры			
			1		2	
	в ЗЕ	в час.	в ЗЕ	в час.	в ЗЕ	в час.
1	2	3	4	5	6	7
Общая трудоемкость дисциплины	8	288	4	144	4	144
Аудиторные занятия	3	108	1,67	60	1,33	48
Лекции	0,67	24	0,34	12	0,33	12
Лабораторные работы	1,33	48	1	36	0,33	12
Практические занятия	1	36	0,33	12	0,67	24
Самостоятельная работы студентов	5	180	2,33	84	2,67	96
Проработка учебного материала	2	72	1,33	48	0,67	24
Курсовой проект	-	-	-	-	-	-
Курсовая работа	1	36	-	-	1	36
Подготовка к промежуточной аттестации (экзамену)	2	72	1	36	1	36
Промежуточная аттестация	Экз.н(2), КР		Экзамен		Экзамен, КР	

1.5. Планируемые результаты обучения

Таблица 2

Формируемые компетенции

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
1	2	3	4
ОК-6 способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности			
Знание теоретических основ разработки физических и математических моделей исследуемых процессов и явлений.	Знание основных понятий вычислительной гидродинамики, теоретических основ моделирования турбулентных течений, процессов горения в турбулентных потоках, процессов теплообмена и образования токсичных веществ при горении газообразных топлив, методов решения систем дифференциальных уравнений; знание требуемых допущений и граничных условий для разработки физических и математических моделей.	Знание основных понятий вычислительной гидродинамики, теоретических основ моделирования турбулентных течений, процессов горения в турбулентных потоках, процессов теплообмена, образования токсичных веществ при горении газообразных топлив при решении задач с множеством допущений; знание методов решения систем дифференциальных уравнений; знание требуемых допущений и граничных условий для разработки физических и математических моделей при решении задач с множеством допущений.	Знание основных понятий вычислительной гидродинамики, теоретических основ моделирования турбулентных течений, процессов горения в турбулентных потоках, процессов теплообмена, течения гетерогенных сред, образования токсичных веществ при горении газообразных и жидких топлив при решении сложных сопряженных задач; знание методов решения систем дифференциальных уравнений, обоснование применяемого метода решения; знание требуемых допущений и граничных условий для разработки физических и математических моделей при решении сложных сопряженных задач.
Умение самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания, аргументировано и грамотно излагать принципы построения физических и математических моделей исследуемых процессов и явлений.	Умение самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания, умение излагать основы физических и математических моделей исследуемых процессов и явлений; умение аргументировано и грамотно излагать необходимые допущения при формировании моделей для решения упрощенных задач моделирования в новых областях знаний.	Умение самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания, умение аргументировано и грамотно излагать основные принципы построения физических и математических моделей исследуемых процессов и явлений при наличии многочисленных допущений; умение аргументировано и грамотно излагать необходимые допущения при разработке моделей для решения задач при наличии многочисленных допущений в новых областях знаний.	Умение самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания, умение аргументировано и грамотно излагать принципы построения физических и математических моделей исследуемых процессов и явлений при решении сложных сопряженных задач; умение аргументировано и грамотно излагать необходимые допущения при разработке моделей для решения сложных сопряженных задач в новых областях знаний.
Владение информационными технологиями для получения знаний по моделированию рабочих процессов в новых областях знаний и представлению результатов исследований.	Владение информационными технологиями для получения знаний по моделированию рабочих процессов и представлению результатов расчетов в новых областях исследований.	Владение информационными технологиями для получения знаний по моделированию рабочих процессов и представлению результатов расчетов; владение информационными технологиями подготовки исходных данных для проведения моделирования в	Владение информационными технологиями для получения знаний по моделированию рабочих процессов и представлению результатов расчетов; владение информационными технологиями подготовки исходных данных для проведения моделирования и

1	2	3	4
		новых областях исследований.	комплексных исследований в области знаний, непосредственно не связанной со сферой деятельности.
ПК-2 способностью осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, выбирать методы и средства решения задач			
Знание методов и средств решения научно-исследовательских задач внутренней баллистики современными методами вычислительной гидродинамики.	Посредственное знание основных методов и средств решения научно-исследовательских задач внутренней баллистики.	Знание основных методов и средств решения научно-исследовательских задач внутренней баллистики современными методами вычислительной гидродинамики.	Знание методов и средств решения научно-исследовательских задач внутренней баллистики современными методами вычислительной гидродинамики с учетом передового отечественного и зарубежного опыта решения подобных задач.
Умение осуществлять сбор, анализ и систематизацию научно-технической для решения задач внутренней баллистики, выбирать методы и средства решения задач.	Умение выполнять сбор и систематизацию научно-технической информации для решения задач внутренней баллистики.	Умение выполнять сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации для решения задач внутренней баллистики, выбирать методы и средства решения задач.	Умение выполнять сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации для решения задач внутренней баллистики, выбирать методы и средства решения задач, используя отечественный и зарубежный опыт, вести дискуссию, публично выступать.
Владение навыками сбора, анализа и систематизации научно-технической информации для решения задач внутренней баллистики, выбора методов и средств решения задач.	Владение навыками сбора и систематизации научно-технической информации для решения задач внутренней баллистики.	Владение навыками сбора, анализа и систематизации научно-технической информации для решения задач внутренней баллистики, выбора методов и средств решения задач.	Владение навыками сбора, анализа и систематизации научно-технической информации для решения задач внутренней баллистики, выбора методов и средств решения задач, используя отечественный и зарубежный опыт, ведения дискуссии и публичного выступления.
ПК-4 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности			
Знание теоретических основ разработки физических и математических моделей для решения задач внутренней баллистики, сеточных моделей проточных частей элементов конструкции.	Посредственное знание теоретических основ разработки физических и математических моделей для решения простейших задач внутренней баллистики с использованием ПО ANSYS Fluent; знание теоретических основ создания сеточных моделей проточных частей элементов конструкции.	Знание теоретических основ разработки физических и математических моделей для решения задач внутренней баллистики с использованием ПО ANSYS Fluent; знание теоретических основ создания сеточных моделей проточных частей элементов конструкции.	Знание теоретических основ и технических тонкостей разработки физических и математических моделей для решения задач внутренней баллистики с использованием ПО ANSYS Fluent; знание ограничений, допущений и возможных упрощений при составлении моделей расчета; знание теоретических основ создания сеточных моделей проточных частей элементов конструкции.
Умение разрабатывать физические и математические модели для решения задач внутренней баллистики, сеточные модели проточных частей элементов конструкции.	Умение разработки простейших физических и математических моделей для решения задач внутренней баллистики, сеточных 2D моделей простейших проточных частей элементов конструкции.	Умение разработки физических и математических моделей для решения задач внутренней баллистики, сеточных 3D моделей проточных частей элементов конструкции.	Умение разработки сопряженных физических и соответствующих математических моделей для решения задач внутренней баллистики, детальных или обосновано упрощенных сеточных 3D моделей проточных частей элементов конструкции.

1	2	3	4
Владение навыками разработки физических и математических моделей для решения задач внутренней баллистики, сеточных моделей проточных частей элементов конструкции.	Владение навыками разработки простейших физических и математических моделей для решения задач внутренней баллистики, сеточных 2D моделей простейших проточных частей элементов конструкции.	Владение навыками разработки физических и математических моделей для решения задач внутренней баллистики, сеточных 3D моделей проточных частей элементов конструкции.	Владение навыками разработки сопряженных физических и соответствующих математических моделей для решения задач внутренней баллистики, детальных или обосновано упрощенных сеточных 3D моделей проточных частей элементов конструкции.

РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

2.1. Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость

Таблица 3

Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах/интерактивные часы)				Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Дискретные геометрические модели проточных трактов							<i>ФОС ТК-1 тесты</i>
Тема 1.1. Введение в численные методы. Формирование модели, граничные условия, анализ, обработка и визуализация результатов расчета.	4	2	0	0	2	ПК-4.3	Собеседование
Тема 1.2. Расчетные сетки. Сеточные генераторы.	30	2	20	0	4	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по лаб. занятиям, о сам - ной работе.
Раздел 2. Основы численных методов							<i>ФОС ТК-2 тесты</i>
Тема 2.1. Численные методы газовой динамики. Метод конечных разностей.	10	2	0	6	8	ОК-6.3, ОК-6.У, ОК-6.В, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Текущий контроль. Отчеты по практическим занятиям.
Тема 2.2. Метод контрольного объема Патанкара-Сполдинга для решения задач внутренней баллистики.	14	2	0	0	12	ОК-6.3, ОК-6.У, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-4.3, ПК-4.У	Собеседование. Отчет о самостоятельной работе.
Раздел 3. Моделирование турбулентных потоков в рабочих трактах							<i>ФОС ТК-3 тесты</i>

1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 3.1. Турбулентные течения. Подходы к моделированию.	32	2	16	0	12	ОК-6.3, ОК-6.У, ОК-6.В, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по лабораторным занятиям.
Тема 3.2. Уравнения Рейнольдса и статистические модели турбулентности. Моделирование пристеночных областей.	18	2	0	6	10	ОК-6.3, ОК-6.У, ОК-6.В, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по практическим занятиям, о самостоятельной работе.
Подготовка к аттестации	36	0	0	0	36		
Экзамен							<i>ФОС ПА-1 комплексное задание</i>
Всего за семестр	144	12	36	12	84		
Раздел 4. Моделирование процессов горения							<i>ФОС ТК-4 тесты</i>
Тема 4.1. Классификация процессов горения. Подходы к моделированию горения твердого топлива.	14	2	4	4	4	ОК-6.3, ОК-6.У, ОК-6.В, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по лаб. и практ. занятиям.
Тема 4.2. Моделирование горения предварительно перемешанных и частично перемешанных смесей.	10	2	2	4	2	ОК-6.3, ОК-6.У, ОК-6.В, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по лаб. и практ. занятиям, о сам - ной работе.
Раздел 5. Детальное моделирование процессов горения							<i>ФОС ТК-5 тесты</i>
Тема 5.1. Модель горения, основанная на допущении о химическом равновесии.	10	2	2	2	4	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по лаб. и практ. занятиям.
Тема 5.2. Модель ламинарных микропламен. Детализация моделей горения.	18	2	2	8	6	ОК-6.3, ОК-6.У, ОК-6.В, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по лаб. и практ. занятиям, о сам - ной работе.
Раздел 6. Моделирование эмиссионных характеристик. Моделирование горения жидких топлив							<i>ФОС ТК-6 тесты</i>
Тема 6.1. Моделирование эмиссии токсичных веществ.	10	2	2	2	4	ОК-6.3, ОК-6.У, ОК-6.В, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по лаб. и практ. занятиям.
Тема 6.2. Моделирование распыла жидкого топлива и горения жидких топлив.	10	2	0	4	4	ОК-6.3, ОК-6.У, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-4.3, ПК-4.У	Выполнение заданий. Текущий контроль. Отчеты по практ. занятиям, о сам - ной работе.
Курсовая работа	36	0	0	0	36	ОК-6.3, ОК-6.У, ОК-6.В, ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Защита курсовой работы
Подготовка к аттестации	36	0	0	0	36		
Экзамен							<i>ФОС ПА-2 комплексное задание</i>
Всего за семестр	144	12	12	24	96		
Общая трудоемкость	288	24	48	36	180		

РАЗДЕЛ 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И КРИТЕРИИ ОЦЕНОК ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

3.1. Оценочные средства для текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля (ФОС ТК) является составной частью РП дисциплины (модуля) и хранится на кафедре.

Таблица 4

Фонд оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела	Вид оценочных средств	Примечание
1	Дискретные геометрические модели проточных трактов	ФОС ТК-1	Отчеты по лабораторным работам (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по первому разделу (модулю) (ФОС ТК-1).
2	Основы численных методов	ФОС ТК-2	Отчеты по индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по второму разделу (модулю) (ФОС ТК-2).
3	Моделирование турбулентных потоков в рабочих трактах	ФОС ТК-3	Отчеты по лабораторным работам, индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по третьему разделу (модулю) (ФОС ТК-3).
4	Моделирование процессов горения	ФОС ТК-4	Отчеты по лабораторным работам, индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по четвертому разделу (модулю) (ФОС ТК-4).
5	Детальное моделирование процессов горения	ФОС ТК-5	Отчеты по лабораторным работам, индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по пятому разделу (модулю) (ФОС ТК-5).
6	Моделирование эмиссионных характеристик. Моделирование горения жидких топлив.	ФОС ТК-6	Отчеты по лабораторным работам, индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по шестому разделу (модулю) (ФОС ТК-6).

3.2. Оценочные средства для промежуточного контроля

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации (ФОС ПА) является составной частью РП дисциплины, разработан в виде отдельного документа, в соответствии с положением о ФОС ПА.

3.3. Форма и организация промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины экзамен проводится в два этапа: **тестирование** и выполнение **письменного задания**.

Первый этап проводится в виде тестирования. **Тестирование** ставит целью оценить **пороговый** уровень освоения обучающимися знаний и умений, предусмотренных компетенциями.

Для оценки **превосходного и продвинутого** уровня усвоения компетенций проводится **Второй этап** в виде **письменного задания**, в которое входит письменный ответ на контрольные вопросы и решение задачи.

3.4. Критерии оценки промежуточной аттестации

Результаты промежуточного контроля заносятся в АСУ «Деканат» в баллах.

Таблица 5

Система оценки промежуточной аттестации

Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций	Выражение в баллах	Словесное выражение
Освоен превосходный уровень усвоения компетенций	от 86 до 100	Отлично
Освоен продвинутый уровень усвоения компетенций	от 71 до 85	Хорошо
Освоен пороговый уровень усвоения компетенций	от 51 до 70	Удовлетворительно
Не освоен пороговый уровень усвоения компетенций	до 51	Неудовлетворительно

РАЗДЕЛ 4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).

4.1.1. Основная литература:

1. Волков, К.Н. Газовые течения с массоподводом в каналах и трактах энергоустановок / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 464 с. ([Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/47567>)

2. Абрамович, Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – Репр. воспроизведение изд. 1960 г. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 720 с.

3. Шлёнский, О. Ф. Режимы горения материалов / О.Ф. Шлёнский, В.С. Сиренко, Е. А. Егорова. – М.: Машиностроение, 2011. – 220 с.

4.1.2. Дополнительная литература

1. Турчак, Л.И. Основы численных методов: учеб. пособие/Л.И. Турчак, П.В. Плотников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Физматлит, 2005. – 304 с.

2. Батулин, О.В. Построение расчетных моделей в препроцессоре *Gambit* универсального программного комплекса *Fluent*. Учеб. пособие/ О.В.

Батури́н, Н.В. Батури́н, В.Н. Матвеев – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. – 172 с.

3. Батури́н, О.В. Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса *Fluent*. Учеб. пособие/ О.В. Батури́н, Н.В. Батури́н, В.Н. Матвеев – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. – 151 с.

4. Волков, Е.А. Численные методы: учеб. Пособие /Е.А. Волков. – 5-е изд., стер. – СПб.: М.; Краснодар: Лань, 2008. – 256 с.

5. Любимов, А.К. Методы построения расчетных сеток в пакете ANSYS ICEM CFD: Электронное методическое пособие/А.К. Любимов, Л.В. Шабарова – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 25 с.

6. Шабаров, В.В. Моделирование движительно-рулевого комплекса судна на воздушной подушке. Электронное учебно-методическое пособие / В.В. Шабаров, П.С. Кальясов, Л.А. Игумнов, В.А. Шапошников – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 50 с.

7. Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. Т.1/ Д. Андерсон, Дж. Танненхил, Р. Плетчер: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.– 384 с.

8. Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. Т.2 / Д. Андерсон, Дж. Танненхил, Р. Плетчер: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.– 392 с.

9. Оран, Э. Численное моделирование реагирующих потоков. Пер. с англ. / Э. Оран, Дж. Борис – М.: Мир, 1990. – 660 с.

10. Патанкар, С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. / С. Патанкар. – М.: «Энергоатомиздат», 1984 г., – 152 с.

11. Варнатц, Ю. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ / Пер. с англ. Г.Л. Агафонова. Под ред. П.А. Власова/Ю. Патанкар, У. Маас, Р. Диббл. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 352 с.

12. Краткое описание возможностей CFD кода FLUENT v.6.3.26 и сеточных генераторов ICEM CFD и GAMBIT. – г. Москва, ЗАО «ЕМТ Р» Авторизированный дистрибьютор, инженерно-консалтинговый и учебный центр ANSYS Inc, 2008. – 190 с.

13. Белов, И.А. Моделирование турбулентных течений: Учебное пособие / И.А. Белов, С.А. Исаев. – Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2001. – 108 с.

14. Никущенко, Д.В. Применение расчетного комплекса FLUENT для моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости: Учеб. Пособие / Д.В. Никущенко – СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2005. – 97 с.

15. Юн, А.А. Теория и практика моделирования турбулентных течений / А.А.Юн – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 272 с.

16. Морозов, И.И. Теоретические основы вычислительной газовой динамики: учеб. пособие/ И.И. Морозов, В.Н. Матвеев, А.С. Ляскин – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. – 54 с.

17. Мазо, А.Б. Моделирование турбулентных течений несжимаемой жидкости. Учебное пособие / А.Б. Мазо – Казань: Изд. Казанского гос. ун-та, 2004 – 120 с.

18. Волков, К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа/К.Н. Волков, В.Н. Емельянов–М.:ФИЗМАТЛИТ,2012.–468 с.

19. Молчанов, А.М. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники / А.М. Молчанов, М.А. Щербаков, Д.С. Янышев, М.Ю. Куприков, Л.В. Быков – М.: МАИ, 2013-260 с.

4.1.3. Методическая литература к выполнению практических и/или лабораторных работ

Литература для выполнения практических и/или лабораторных работ представляет собой книги (пособия), входящие в состав основной и дополнительной литературы.

4.2. Информационное обеспечение дисциплины (модуля)

4.2.1. Основное информационное обеспечение

1. <http://www.cadfem-cis.ru/>
2. <http://www.delcam-ural.ru/>
3. <http://www.youtube.com/> (*видеоуроки*)
4. <http://www.ansyssolutions.ru/>
5. <http://www.zanud.ru/docs/index-1012630.html?page=6>

4.2.2. Дополнительное информационное обеспечение

1. <http://www.ansys.com/About+ANSYS/ContactsLocations> (*с регистрацией студентом на сайте*)
2. <http://cfm.mace.manchester.ac.uk/ercoftac/>
3. <http://www.springer.com/series/5934>
4. <http://www.etmm10.info/>
5. <http://fluent.com>.
6. <http://fluentusers.com>.
7. <http://www.cae-expert.ru/product/ansys-designmodeler>
8. <http://www.cae-expert.ru/discipline/setochnye-generatory>
9. <http://www.axis-tech.ru/simerics/Mesher.html>

4.3. Кадровое обеспечение

4.3.1. Базовое образование преподавателей

Преподаватели, ведущие дисциплину Б1.В.ДВ.01.02 «Современные методы вычислительной гидродинамики для решения задач внутренней баллистики» по направлению 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов», должны иметь базовое профильное образование и/или ученую степень по специальностям 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» или 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

5. Вносимые изменения и утверждения

5.1. Лист регистрации изменений, вносимых в рабочую программу дисциплины (модуля)

Лист регистрации изменений

№ п/п	№ страницы внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1	Тит. лист	25.01.16	«В соответствии с Уставом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (новая редакция) исключить слово «профессионального» из полного названия КНИТУ-КАИ»		
2					
3					

5.2 Лист ознакомления

№п/п	ФИО	Должность	Дата	Подпись