

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



«Утверждаю»
Проректор по УМР

Л.О. Штриплинг

2017 год

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине
«Теория и расчет лопаточных машин»

направление подготовки специалистов
24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

Разработана в соответствии с ООП по направлению подготовки специалистов 24.05.02
Проектирование авиационных и ракетных двигателей.


Программу составил:

д.т.н., профессор


В.И. Кузнецов


Обсуждена на заседании кафедры «Авиа- и ракетостроение» (протокол № 8 от
27. 03. 2017 г.)

Заведующий кафедрой «Авиа- и ракетостроение»,
к.т.н., доцент


А.Б. Яковлев
« 27 » 03 2017 г.

Согласовано:

Руководитель ООП,
заведующий кафедрой «Авиа- и ракетостроение»,
к.т.н., доцент


А.Б. Яковлев
« 27 » 03 2017 г.

1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Теория и расчет лопаточных машин» является курсом базовой части Блока 1 профессиональной подготовки инженера по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей.

Цель дисциплины - изучение и глубокое усвоение важнейших теоретических основ, необходимых для творческого решения практических задач по созданию лопатных гидравлических машин и турбомашин.

Задачами дисциплины являются:

- получение необходимых сведений о термодинамике и аэрогидродинамике процессов, протекающих в лопатных гидро- и турбомашинах;
- изучение методов термогазодинамических расчетов и проектирования элементов проточной части лопатных гидро- и турбомашин.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теория и расчет лопаточных машин» входит в базовую часть блока 1 (Б1) и является курсом, обеспечивающим базовую (фундаментальную) профессиональную подготовку инженера, в том числе для дальнейшего изучения основных дисциплин вариативной части и дисциплин специализации блока Б.1.

Студент, начинающий изучение дисциплины, должен знать базовые математические и общепрофессиональные дисциплины ООП по направлению подготовки специалитета 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей.

Предшествующие дисциплины: «Высшая математика», «Физика», «Термодинамика и теплопередача», «Механика жидкости и газа», «Гидрогазоаэродинамика», «Гидропривод летательных аппаратов», «Общая теория авиационных и ракетных двигателей», «Теория и расчет жидкостных ракетных двигателей», «Пневмогидросистемы и автоматика летательных аппаратов».

Дисциплины, изучаемые одновременно: «Конструкция и расчет ракетных двигателей твердого топлива», «Испытания и обеспечение надежности ракетно-космической техники», «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов», «Теория, расчет и проектирование воздушно-реактивных двигателей».

Последующие дисциплины: «Теория, расчет и проектирование воздушно-реактивных двигателей», «Основы проектирования, конструирования и производства космических аппаратов», «Автоматика и регулирование ракетных двигателей», «Энергетические машины и установки».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

3.1. В результате освоения дисциплины «Теория и расчет лопаточных машин» должны быть сформированы следующие компетенции:

Шифр направления	Формируемая компетенция
24.05.02	способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК-1)
	способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД (ПСК-3.1)

3.2. В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать освоение указанными компетенциями по дескрипторам «знания, умения, владения», соответствующие тематическим модулям дисциплины, и применимые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

знать:

3.1. Основные методы расчета и конструирования компрессоров и газовых турбин лопастных турбомашин.

3.2. Основные физические процессы и закономерности, происходящие в элементах и узлах лопастных гидро- и турбомашин.

3.3. Методы расчета параметров рабочего процесса и характеристик лопастных гидро- и турбомашин.

уметь:

У.1. Пользоваться стандартными средствами автоматизации проектирования при создании турбомашин.

У.2. Разрабатывать физические и математические модели элементов лопастных гидро- и турбомашин.

У.3. Совмещать характеристики компрессора и турбины турбомашин.

владеть:

В.1. Навыками расчета и конструирования с использованием САПР компрессоров и газовых турбин лопастных гидро- и турбомашин.

В.2. Навыками физического и математического моделирования процессов, происходящих в лопастных гидро- и турбомашин

В.3. Навыками расчета характеристик компрессора и турбины турбомашин.

3.3. Проектируемые результаты и признаки формирования компетенций***Компетентностная модель дисциплины***

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины «Теория и расчет лопаточных машин» и индикаторы формирования компетенций			Средства технологии оценки	Технологии формирования компетенции
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)		
ПК-1	3.1 - 3.3	У.1 - У.3	В.1 - В.3	Отчеты по лабораторным работам, отчеты по практическим занятиям, устный опрос, РГР, экзамен	1, 2, 3, 4, 5
ПСК-3.1	3.1 - 3.3	У.1 - У.3	В.1 - В.3	Отчеты по лабораторным работам, отчеты по практическим занятиям, устный опрос, РГР, экзамен	1, 2, 3, 4, 5

Технологии формирования компетенции:

- 1 – лекционно-семинарский метод
- 2 – самостоятельное изучение литературы
- 3 – применение информационных технологий
- 4 – использование электронных средств информации
- 5 – анализ конкретных производственных ситуаций

4. Объем дисциплины и виды учебной работы в часах и зачетных единицах

Очная форма обучения

Вид занятий	Всего (час. / зач. ед.)	семестры												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Всего аудиторных занятий:	72											72		
Лекции	36											36		
Практические занятия	18											18		
Лабораторные работы	18											18		
Самостоятельная работа:	72											72		
Самостоятельная работа студента														
Самостоятельное изучение материала дисциплины и подготовка к зачетам	52											52		
Курсовая работа (проект)														
Расчетно-графическая работа	20											20		
Домашнее задание														
Количество часов на экзамен	36											36		
Всего по дисциплине	180 / 5											180		
Вид аттестации за семестр (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	экзамен											экз		

5. Содержание дисциплины по модулям и видам учебных занятий

5.1. Содержание дисциплины по модулям

1. Понятие лопаточной машины.
2. Рабочий процесс в ступени осевого компрессора.
3. Рабочий процесс в ступени газовой турбины.
4. Характеристики осевых лопаточных машин.
5. Особенности рабочего процесса в лопаточных машинах.

	Содержание модулей	Форма обучения
		очная
		Кол-во часов (лек/СРС)
1	Модуль 1. Понятие лопаточной машины	10 / 14
	Понятие лопаточной машины, основные допущения, применяемые при изучении теории рабочего процесса лопаточной машины. Назначение и место лопаточных машин в системе ГТД. Общие принципы работы авиационных лопаточных машин. Элементы конструкции и типовая классификация лопаточных машин.	2 / 3
	Требования, предъявляемые к лопаточным машинам. Основные допущения при изучении течения газа в лопаточной машине. Одномерная модель течения в лопаточной машине. Двухмерная модель течения в лопаточной машине. Трёхмерная модель течения в лопаточной машине.	2 / 3
	Уравнение неразрывности применительно к одно- и двухмерным моделям лопаточных машин. Уравнение энергии в тепловой форме применительно к осевым лопаточным машинам.	2 / 3
	Уравнение энергии в механической форме. Уравнение количества движения применительно к двухмерной модели лопаточной машины.	2 / 3

	Уравнение моментов количества движения применительно к двухмерной модели лопаточных машин.	
	Изображение термодинамических процессов в лопаточных машинах р-V-диаграмме. Изображение термодинамических процессов в лопаточных машинах в T-S-диаграмме.	2 / 2
2	Модуль 2. Рабочий процесс в ступени осевого компрессора	10 / 14
	Схема и принцип действия ступени. Изменение статических и полных параметров потока в ступени. Работа сжатия и КПД ступени. Основные параметры ступени. Типы ступеней в зависимости от степеней реактивности. Ступени с предварительной закруткой потока в сторону вращения. Условия совместной работы элементарных ступеней, расположенных на различных радиусах.	2 / 3
	Основные геометрические параметры профилей и решёток профилей. Теорема Жуковского применительно к движению газа в решётке. Связь параметров решетки с аэродинамическими коэффициентами. Характеристики компрессорных решёток при малых скоростях потока.	2 / 3
	Обобщенные характеристики компрессорных решёток. Влияние чисел M и Re на характеристики компрессорных решеток. Влияние радиальных и осевых зазоров на работу ступени. Профилирование лопаток.	2 / 3
	Многоступенчатые осевые компрессоры: особенности работы, расчёт и выбор параметров. Основные параметры многоступенчатого осевого компрессора, их связь с параметрами ступеней. Изменение параметров потока в проточной части компрессора.	2 / 3
	Физические основы распределения работы сжатия между ступенями. Распределение работ сжатия в двух- и трёхкаскадных осевых компрессорах. Этапы газодинамического расчёта многоступенчатого осевого компрессора.	2 / 2
3	Модуль 3. Рабочий процесс в ступени газовой турбины	6 / 9
	Схема и принцип действия газовой турбины. Изменение статических и полных параметров потока. Основные параметры ступеней. Рабочий процесс в сопловом аппарате. Процесс расширения газа в рабочем колесе. Направление потока за турбинной решёткой.	2 / 3
	Классификация потерь энергии. Влияние конструктивных параметров на уровень потерь энергии. Влияние режимных параметров на потери энергии. Влияние различных факторов на КПД ступени. Изменение параметров потока по радиусу. Основные этапы построения профилей лопаток турбинной решётки.	2 / 3
	Многоступенчатые турбины. Физические основы применения многоступенчатых турбин. Тепловой процесс в многоступенчатой турбине, связь её параметров с параметрами отдельных ступеней. Изменение основных параметров и теплоперепада по ступеням многоступенчатой турбины. Этапы газодинамического проектирования турбин. Предварительный этап расчёта турбины.	2 / 3
4	Модуль 4. Характеристики осевых лопаточных машин	6 / 9
	Методы определения характеристик компрессора. Обтекание лопаток на нерасчётных режимах. Основные закономерности протекания характеристик ступени компрессора в целом. Изображение характеристик в параметрах подобия.	2 / 3
	Влияние атмосферных условий и условий полета на работу компрессора. Характеристики компрессора в условиях неравномерного и нестационарного потока на входе. Срывные и	2 / 3

	неустойчивые режимы работы компрессора. Помпаж компрессора в системе двигателя. Работа компрессора по дроссельной характеристике. Способы регулирования многоступенчатых компрессоров. Характеристики регулируемого многоступенчатого компрессора.	
	Основные сведения о характеристике газовой турбины. Безразмерные координаты характеристик турбин. Типовые характеристики газовых турбин.	2 / 3
5	Модуль 5. Особенности рабочего процесса в лопаточных машинах	4 / 6
	Особенности рабочего процесса в отдельных типах ступеней осевых лопаточных машин. Особенности течения в вентиляторных ступенях ТРДД. Термодинамический расчет ступени с неравномерным напором по высоте лопатки. Кинематический расчёт ступени с неравномерным напором. Охлаждаемые лопатки газовых турбин. Дополнительные потери энергии в охлаждаемых решётках. Особенности расчёта охлаждаемых ступеней турбины на среднем диаметре.	2 / 3
	Особенности рабочего процесса центробежного компрессора. Схема и принцип действия ступени центробежного компрессора. Течение рабочего тела в колесе. Течение рабочего тела в диффузоре. Особенности протекания напорной характеристики ЦБК. Термогазодинамический расчёт центробежного компрессора.	2 / 3
	Итого	36 / 52

5.2. Содержание практических и лабораторных занятий

5.2.1. Содержание практических занятий

Цель практических занятий – закрепление теоретического материала дисциплины, овладение методами решения задач.

	Содержание курса практических занятий	Форма обучения
		очная
		Кол-во часов
1	Модуль 1. Понятие лопаточной машины	5
	Схемы и основные характеристики компрессоров.	1
	Схемы и основные характеристики газовых турбин.	1
	Основные уравнения теории лопаточных машин.	1
	Изображения процессов в лопаточной машине на p-V и T-s диаграммах.	1
	Выбор параметров и расчет лопаточных машин.	1
2	Модуль 2. Рабочий процесс в ступени осевого компрессора	4
	Основные параметры решеток и элементарных ступеней осевого компрессора.	1
	Выбор параметров и расчет осевых компрессоров.	1
	Профилирование лопаток компрессоров по радиусу.	1
	Схемы многоступенчатых осевых компрессоров и параметры отдельных ступеней.	1
3	Модуль 3. Рабочий процесс в ступени газовой турбины	4
	Основные параметры решеток и элементарных ступеней осевого	1

	компрессора.	
	Типы и параметры решеток газовых турбин.	1
	Выбор параметров и расчет газовой турбины.	1
	Профилирование лопаток турбин по радиусу.	1
4	Модуль 4. Характеристики осевых лопаточных машин	4
	Принципы построения характеристик лопаточных машин.	1
	Типы характеристик компрессоров.	1
	Типы характеристик турбины.	1
	Согласование параметров компрессора и турбины в ГТД.	1
5	Модуль 5. Особенности рабочего процесса в лопаточных машинах	1
	Выбор параметров и расчет центробежных компрессоров.	1
	ИТОГО	18

5.2.2. Содержание лабораторных работ

Цель лабораторного практикума – изучение методов экспериментального исследования, приобретение опыта в проведении лабораторных экспериментов, приобретение опыта математической обработки и интерпретации полученных результатов.

	Содержание лабораторного практикума	Часы
		Очная
2	Модуль 2. Рабочий процесс в ступени осевого компрессора	
	Лабораторный практикум «Экспериментальное исследование характеристик плоской компрессорной решетки».	4
3	Модуль 3. Рабочий процесс в ступени газовой турбины	
	Лабораторный практикум «Экспериментальное определение треугольников скоростей и КПД модельной газовой турбины».	4
5	Модуль 5. Особенности рабочего процесса в лопаточных машинах	
	Лабораторный практикум «Экспериментальное определение характеристик центробежного компрессора».	4
	Лабораторный практикум «Экспериментальные исследования гидравлической муфты».	2
	Лабораторный практикум «Экспериментальные исследования гидравлической передачи».	4
	ИТОГО	18

6. Образовательные технологии

6.1. Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Лекционно-семинарский метод.
2. Самостоятельное изучение литературы.
3. Применение информационных технологий.
4. Использование электронных средств информации.
5. Анализ конкретных производственных ситуаций

Методы	Лекция	Лабораторные работы	Практические занятия	СРС
Метод ИТ	+		+	+
Работа в команде		+		
Case-study			+	

Проблемное обучение	+			
Контекстное обучение	+			
Обучение на основе опыта		+		+
Индивидуальное обучение				+
Междисциплинарное обучение	+		+	
Опережающая самостоятельная работа		+	+	+

6.2. Интерактивные формы обучения (в соответствии с положением П ОмГТУ 75.03-2012. «Об использовании в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий»)

№	Семестр, модуль	Применяемые технологии интерактивного обучения	Кол-во ауд. часов
1	9 семестр Модуль 1 – 5	Лекции Проблемное обучение, метод IT.	4
2	9 семестр Модуль 1 – 5	Практические занятия Работа в команде (малых группах). Опережающая самостоятельная работа с применением информационных ресурсов	4
3	9 семестр Модуль 1 – 5	Лабораторные работы Работа в малых группах	4
4	9 семестр Модуль 1 - 5	СРС Опережающая самостоятельная работа с применением информационных ресурсов, индивидуальное обучение (РГР). Проектный метод.	4
ИТОГО			16

Примечание: Объем часов занятий в интерактивной форме обучения (согласно П ОмГТУ 75.03-2012) должно составлять (20-40) % от объема часов аудиторных занятий.

7. Самостоятельная работа студентов (указываются все виды работ в соответствии с учебным планом)

Самостоятельная работа направлена на закрепление и углубление полученных теоретических и практических знаний, развитие навыков практической работы.

7.1. Объем СРС и распределение по видам учебных работ в часах

Вид СРС	Количество часов*											
	семестры											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1. Самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.										34		
2. Подготовка к практическим занятиям										9		
3. Подготовка к лабораторным работам										9		
4. Выполнение РГР										20		
Всего										72		
ИТОГО по дисциплине	72											

* - Распределение часов на выполнение СРС проведено на основе личного опыта преподавателя и рекомендаций учебника «Управление факультетом». – С. 236 – 237. (Под. Ред. С. Д. Резника. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 696 с.).

7.2. Расчетно-графическая работа по модулям:

Модули 1-5.

Тема РГР – «Расчет лопаточных машин».

8. Методическое обеспечение системы оценки качества освоения программы дисциплины

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине «Теория и расчет лопаточных машин» могут привлекаться в качестве внешних экспертов: представители работодателя – работники предприятий.

8.1. Фонды оценочных средств (в соответствии с П ОмГТУ 73.05 «О фонде оценочных средств по дисциплине»)

Фонд оценочных средств позволяет оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

Фонд оценочных средств по дисциплине включает:

- контрольные вопросы к экзамену;
- вопросы для защиты лабораторных работ;
- вопросы для контроля на практических занятиях;

Оценка качества освоения программы дисциплины включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию, итоговую аттестацию в форме экзамена.

Студентам предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса.

8.2. Контрольные вопросы по дисциплине

Модуль 1

1. Понятие лопаточной машины, основные допущения.
2. Назначение и место лопаточных машин в системе ГТД.
3. Общие принципы работы авиационных лопаточных машин.
4. Элементы конструкции и типовая классификация лопаточных машин.
5. Требования, предъявляемые к лопаточным машинам.
6. Основные допущения при изучении течения газа в лопаточной машине.
7. Одномерная модель течения в лопаточной машине.
8. Двухмерная модель течения в лопаточной машине.
9. Трёхмерная модель течения в лопаточной машине.
10. Уравнение неразрывности применительно к одно- и двухмерным моделям лопаточных машин.
11. Уравнение энергии в тепловой форме применительно к осевым лопаточным машинам.
12. Уравнение энергии в механической форме.
13. Уравнение количества движения применительно к двухмерной модели лопаточной машины.
14. Уравнение моментов количества движения применительно к двухмерной модели лопаточных машин.
15. Изображение термодинамических процессов в лопаточных машинах р-V-диаграмме.
16. Изображение термодинамических процессов в лопаточных машинах в T-S-диаграмме.

Модуль 2

17. Схема и принцип действия ступени осевого компрессора.
18. Изменение статических и полных параметров потока в ступени.
19. Работа сжатия и КПД ступени.
20. Основные параметры ступени осевого компрессора.

21. Типы ступеней в зависимости от степеней реактивности.
22. Ступени с предварительной закруткой потока в сторону вращения.
23. Условия совместной работы элементарных ступеней, расположенных на различных радиусах.
24. Основные геометрические параметры профилей и решёток профилей.
25. Теорема Жуковского применительно к движению газа в решётке.
26. Связь параметров решетки с аэродинамическими коэффициентами.
27. Характеристики компрессорных решёток при малых скоростях потока.
28. Обобщенные характеристики компрессорных решёток.
29. Влияние чисел M и Re на характеристики компрессорных решеток.
30. Влияние радиальных и осевых зазоров на работу ступени.
31. Профилирование лопаток.
32. Многоступенчатые осевые компрессоры: особенности работы, расчёт и выбор параметров.
33. Основные параметры многоступенчатого осевого компрессора, их связь с параметрами ступеней.
34. Изменение параметров потока в проточной части компрессора.
35. Физические основы распределения работы сжатия между ступенями. Распределение работ сжатия в двух- и трёхкаскадных осевых компрессорах.
36. Этапы газодинамического расчёта многоступенчатого осевого компрессора.

Модуль 3

37. Схема и принцип действия газовой турбины.
38. Изменение статических и полных параметров потока.
39. Основные параметры ступеней турбины.
40. Рабочий процесс в сопловом аппарате.
41. Процесс расширения газа в рабочем колесе.
42. Направление потока за турбинной решёткой.
43. Классификация потерь энергии.
44. Влияние конструктивных параметров на уровень потерь энергии.
45. Влияние режимных параметров на потери энергии.
46. Влияние различных факторов на КПД ступени.
47. Изменение параметров потока по радиусу.
48. Основные этапы построения профилей лопаток турбинной решётки.
49. Физические основы применения многоступенчатых турбин.
50. Тепловой процесс в многоступенчатой турбине, связь её параметров с параметрами отдельных ступеней.
51. Изменение основных параметров и теплоперепада по ступеням многоступенчатой турбины.
52. Этапы газодинамического проектирования турбин. Предварительный этап расчёта турбины.

Модуль 4

53. Методы определения характеристик компрессора.
54. Обтекание лопаток на нерасчётных режимах.
55. Основные закономерности протекания характеристик ступени компрессора в целом.
56. Изображение характеристик в параметрах подобия.
57. Влияние атмосферных условий и условий полета на работу компрессора.
58. Характеристики компрессора в условиях неравномерного и нестационарного потока на входе.
59. Срывные и неустойчивые режимы работы компрессора.
60. Помпаж компрессора в системе двигателя.
61. Работа компрессора по дроссельной характеристике.
62. Способы регулирования многоступенчатых компрессоров.

63. Характеристики регулируемого многоступенчатого компрессора.
64. Основные сведения о характеристике газовой турбины.
65. Безразмерные координаты характеристик турбин.
66. Типовые характеристики газовых турбин.

Модуль 5

67. Особенности рабочего процесса в отдельных типах ступеней осевых лопаточных машин.
68. Особенности течения в вентиляторных ступенях ТРДД.
69. Термодинамический расчет ступени с неравномерным напором по высоте лопатки.
70. Кинематический расчёт ступени с неравномерным напором.
71. Охлаждаемые лопатки газовых турбин.
72. Дополнительные потери энергии в охлаждаемых решётках.
73. Особенности расчёта охлаждаемых ступеней турбины на среднем диаметре.
74. Особенности рабочего процесса центробежного компрессора.
75. Схема и принцип действия ступени центробежного компрессора.
76. Течение рабочего тела в колесе.
77. Течение рабочего тела в диффузоре.
78. Особенности протекания напорной характеристики центробежного компрессора.
79. Термогазодинамический расчёт центробежного компрессора.

9. Ресурсное обеспечение дисциплины

9.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1.1. Современные приборы, установки (стенды), необходимость специализированных лабораторий и классов

Изучение курса происходит в специализированной лаборатории, оборудованной двигательными установками и стендами с элементами ЛА и блоками ракетного комплекса.

Ауд. 3-106

Демонстрационный зал (наглядные пособия: изделие 8К51, изделие РН2)

Ауд. 4-500

Демонстрационный зал. Наглядное пособие: 4 камеры изделия РД-214, изделие РД-214, изделие ГТД-3М.

Ауд. 3-206

Мультимедийная лаборатория «Пневмогидросистемы» (макеты узлов и агрегатов автоматики ПГС РКТ, мультимедийное оборудование: проектор, ноутбук, экран)

Ауд. 3-307

Вычислительный класс, 10 ПК.

9.1.2. Технические средства обучения и контроля

1. Использование учебных плакатов по разделам дисциплины.
2. Демонстрация элементов турбомашин летательных аппаратов, макетов и элементов ДЛА, изготовленных в металле.
3. Применение раздаточного материала в виде ксерокопий по разделам дисциплины.
4. Демонстрация учебных слайдов по разделам дисциплины.
5. Мультимедийные аудитории.

9.1.3 Вычислительная техника

ЭВМ используется на всех этапах учебного процесса:

1. Работа студентов с типовыми программами по решению отдельных задач с выбором оптимального варианта решения.
2. Выполнение отдельных видов расчетов с применением возможностей расчетных и

графических редакторов.

9.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

9.2.1. Основная литература

✓ 1. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок [Текст] : учеб. для вузов по направлению подгот. 160300 "Двигатели летательных аппаратов", по специальности 160301 "Авиационные двигатели и энергетические установки", по дисциплине "Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок" / А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. - М. : Машиностроение, 2008. - Т. 2 : Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. - 2008. - 366, [1] с.

✓ 2. Ваняшов А.Д. Теория, расчет и конструирование компрессорных машин динамического действия [электронный ресурс]: учеб. электрон. изд. локального распространения: конспект лекций / А.Д. Ваняшов; ОмГТУ. – Электрон. текстовые дан. (3,56 Мб). - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

9.2.2. Дополнительная литература

✓ 1. Изучение конструкций газотурбинных установок и их элементов: метод. указания к лаб. работе / ОмГТУ ; сост. А. Д. Ваняшов. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. - 49 с.

✓ 2. Кузнецов, В.И. Расчет и проектирование турбонасосного агрегата ЖРД [Текст]: учеб пособие / В. И. Кузнецов ; ОмГТУ. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. - 76 с.

✓ 3. Наземное технологическое оборудование для подготовки изделий ракетно-космической техники [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Блинов [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. - 247 с.

✓ 4. Цысс, В.Г. Основы проектирования стартовых ракетных комплексов [Электронный ресурс] : учеб. электрон. изд. локального распространения : учеб. пособие / В. Г. Цысс, В. В. Шалай, М. Ю. Сергаева ; ОмГТУ. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. - 1 о=эл. опт. диск (CD-ROM).

✓ 9.2.3. Периодические издания

1. Авиационные и ракетные двигатели: ЭРЖ. 1997-2014.

2. Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. 2006-2017.

3. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 1995-2016.

4. Известия Российской Академии наук. Механика жидкости и газа. 2002-2017.

5. Ракетостроение и космическая техника: ЭРЖ. 1997-2016.

9.2.4. Информационные ресурсы

1. ЭБС «АРБУЗ».

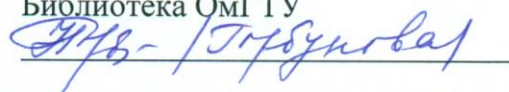
2. Научная электронная библиотека elibrary.ru.

3. «Integrum».

4. Springer.

Согласовано:

Библиотека ОмГТУ



(штамп КО и подпись зам. директора библиотеки)

К.О.