

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

«Утверждаю»

Проректор по УМР



Л.О. Штриплинг

2014 год

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**«Теория и проектирование турбонасосных агрегатов»**

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 проектирование турбонасосных агрегатов» 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 турбонасосных агрегатов (ТНА) жидкостных ракетных двигательных установок (ЖРДУ).

Задачами дисциплины являются:

- получение необходимых сведений о термодинамике и аэрогидродинамике процессов, протекающих в турбомашине;
- изучение методов термогазодинамических расчетов и проектирования элементов проточной части турбомашин;
- изучение конструкций ТНА ЖРДУ;
- изучение вопросов совместной работы насосов и турбины, устойчивости и регулирования процесса;
- рассмотрение способов экспериментального и расчетного исследования насосов и газовых турбин, используемых в ТНА ЖРДУ.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» входит в базовую часть Блока 1 (Б1) структуры программы специалитета и является курсом специализации, обеспечивающим специализированную профессиональную подготовку инженера, в том числе для дальнейшего изучения основных дисциплин вариативной части 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 расчет лопаточных машин», «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 проектирование турбонасосных агрегатов» должны быть сформированы следующие компетенции:

Шифр направления	Формируемая компетенция
24.05.02	способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-2)
	участием в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий и технологических процессов (ПК-4)
	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. Принципы действия и устройство ТНА.

3.2. Основные физические процессы и закономерности, происходящие в элементах и узлах ТНА.

3.3. Состав, назначение, правила разработки и оформления рабочей проектной и технической документации на ТНА.

3.4. Методику расчета характеристик рабочего процесса ТНА.

3.5. Основные методы расчета и проектирования турбонасосных агрегатов (ТНА), его основных узлов и элементов.

3.6. Основные методы расчета и проектирования узлов и агрегатов системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД.

**уметь:**

У.1. Использовать средства САПР для проектирования ТНА, его узлов и элементов.

У.2. Оформлять законченные проектно-конструкторские работы по созданию ТНА.

У.3. Составлять описания принципов действия и устройства ТНА с обоснованием принятых технических решений.

У.4. Разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов в ТНА.

**владеть:**

В.1. Навыками конструирования ТНА, в том числе с использованием средств САПР.

В.2. Способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию на узлы и агрегаты ТНА.

В.3. Способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД.

В.4. Способностью выполнять расчеты характеристик рабочего процесса ТНА.

**3.3.** Проектируемые результаты и признаки формирования компетенций

**Компетентностная модель дисциплины**

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» и индикаторы формирования компетенций			Средства технологии оценки	Технологии формирования компетенции
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)		
ПК-2	3.1 - 3.6	У.1 - У.4	В.1 - В.4	Отчеты по лабораторным работам, отчеты по практическим занятиям, устный опрос, КП, экзамен	1, 2, 3, 4, 5
ПК-4	3.1 - 3.6	У.1 - У.4	В.1 - В.4	Отчеты по лабораторным работам, отчеты по практическим занятиям, устный опрос, КП, экзамен	1, 2, 3, 4, 5

ПСК-3.1	3.1 - 3.6	У.1 - У.4	В.1 - В.4	Отчеты по лабораторным работам, отчеты по практическим занятиям, устный опрос, КП, 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		
<b>Всего аудиторных занятий:</b>	<b>72</b>											72		
Лекции	36											36		
Практические занятия	18											18		
Лабораторные работы	18											18		
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>108</b>											108		
Самостоятельная работа студента														
Самостоятельное изучение материала дисциплины и подготовка к зачетам	58											58		
Курсовой проект	50											50		
Расчетно-графическая работа														
Домашнее задание														
Количество часов на экзамен	<b>36</b>											36		
<b>Всего по дисциплине</b>	<b>216 / 6</b>											216		
Вид аттестации за семестр (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	<b>Экз</b>											Экз		

#### 5. Содержание дисциплины по модулям и видам учебных занятий

##### 5.1. Содержание дисциплины по модулям

1. Расчет насосов ТНА.
2. Расчет турбин ТНА.
3. Работа насосов и турбины в системе питания ЖРДУ.

№ п/п	Содержание модулей	Форма обучения очная
		Кол-во часов (лек/СРС)
<b>1</b>	<b>Модуль 1. Расчет насосов ТНА</b>	<b>12 / 18</b>
	Шнекоцентробежные насосы. Рабочие органы. Схема устройства. Подвод насоса. Рабочие колеса. Теоретический напор с учетом	2 / 3

	конечного числа лопаток. Отводы насоса.	
	Гидравлические потери и гидравлический КПД насоса: потери на утечки, дисковые и механические потери, потери на утечки. КПД насоса: расходный КПД, дисковый КПД, внутренний мощностной КПД, механический КПД, полный КПД. Энергетические характеристики. Теоретические характеристики насосов при $z = \infty$ . Действительные характеристики.	2 / 3
	Осевые насосы. Схема устройства. Рабочие органы. Шнекоосевой насос. Шнековый насос. Выбор параметров осевых насосов. Энергетические характеристики осевых насосов.	2 / 3
	Кавитация в насосах. Основные понятия. Кавитация в шнеке. Параметры, определяющие антикавитационные свойства шнекоцентробежного насоса. Срывной кавитационный запас. Кавитационный коэффициент быстроходности. Условия работы насоса без кавитационного срыва.	2 / 3
	Влияние параметров насосной системы и перекачиваемого компонента топлива на давление в баке. Гидравлическая система, антикавитационные качества насоса. Физические свойства перекачиваемого компонента топлива.	2 / 3
	Обеспечение высокого антикавитационного качества шнекоцентробежного насоса. Выбор параметров шнекоцентробежного колеса. Применение бустерных насосов в системах питания. Применение преднасосов с меньшей угловой скоростью, чем у центробежного насоса.	2 / 3
<b>2</b>	<b>Модуль 2. Расчет турбин ТНА</b>	<b>16 / 24</b>
	Особенности турбин. Предкамерные турбины. Автономные турбины. Ступень турбины. Основные понятия и соотношения. Осевая турбина. Изменение параметров по длине проточной части. Тепловая степень реактивности. Изображение действительных процессов турбины на тепловых диаграммах. Одноступенчатая радиальная турбина.	2 / 3
	Течение в турбинных решетках. Выбор конструктивных параметров решеток. Расширение газа в решетках. Сужающиеся решетки. Косой срез сужающейся решетки. Решетки и сопла с расширяющимися каналами. Косой срез расширяющихся сопловых решеток. Профилирование сопловых решеток и сопел.	2 / 3
	Обтекание лопаточных решеток газом. Профилирование лопаток для дозвуковых скоростей. Профилирование лопаток для сверхзвуковых скоростей. Определение угла выхода из решетки при обтекании ее газом со сверхзвуковой скоростью. Режимы «запирания» рабочей решетки.	2 / 3
	Высота и ширина решетки. Осевой зазор. Высота и ширина сопловой решетки. Степень парциальности. Высота конических сопел. Число сопел. Высота и ширина рабочей решетки. Определение осевого зазора.	2 / 3
	Окружной КПД и коэффициент окружной работы ступени турбины. Потери ступени турбины. Потери, связанные с утечкой рабочего тела из проточной части. Дисковые потери. Потери на трение диска и бандажа. Потери, связанные с парциальным подводом.	2 / 3
	Механические потери. Эффективный мощностной КПД. Зависимость эффективного КПД от $u/c_{ad}$ . Определение оптимальных степени парциальности и отношения $u/c_{ad}$ одноступенчатой активной турбины.	2 / 3
	Многоступенчатые турбины. Реактивная турбина. Активная турбина. Турбина со ступенями давления. Турбина со ступенями скорости. Одновенечные многоступенчатые активные парциальные турбины.	2 / 3

	Биротативные турбины. Активная турбина с двумя ступенями скорости. Реактивно-активная турбина.	
	Энергетические характеристики турбины. Виды характеристик. Способы получения характеристик. Натурные и модельные испытания. Расчет характеристик турбины. Гидравлическая турбина для привода бустерных насосов.	2 / 3
<b>3</b>	<b>Модуль 3. Работа насосов и турбины в системе питания ЖРД</b>	<b>8 / 16</b>
	Запуск и устойчивость ТНА. Регулирование насосов и турбины ТНА. Потребный напор системы питания. Способы регулирования по расходу системы подачи компонентов. Регулирование турбины. Подбор режимов при регулировании системы подачи компонентов.	2 / 4
	Устойчивость работы насоса в системе. Совместная работа насосов в системе. Осевые и радиальные силы в ТНА. Осевые силы в насосе и турбине. ИмPELLерное уплотнение. Разгрузка ротора ТНА. Радиальные силы в насосе и турбине.	2 / 4
	КПД ТНА. Связь массы ТНА с гидродинамическими параметрами системы питания ЖРД. Относительная масса и удельная мощность ТНА. Удельная вибронагруженность.	2 / 4
	Алгоритм расчета ТНА. Общие сведения. Оптимизация основных параметров ТНА. Выбор параметров ТНА с автономной турбиной. Выбор параметров ТНА с предкамерной турбиной. Расчет насоса окислителя. Расчет насоса горючего. Расчет автономной турбины. Расчет предкамерной турбины.	2 / 4
	<b>ИТОГО</b>	<b>36 / 58</b>

## 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
		<b>Кол-во часов</b>
<b>1</b>	<b>Модуль 1. Расчет насосов ТНА</b>	<b>4</b>
	Расчет параметров шнекоцентробежного насоса.	4
<b>2</b>	<b>Модуль 2. Расчет турбин ТНА</b>	<b>4</b>
	Расчет параметров по длине проточной части осевой турбины.	4
<b>3</b>	<b>Модуль 3. Работа насосов и турбины в системе питания ЖРД</b>	<b>10</b>
	Расчет совместной работы насосов и турбины в системе.	4
	Алгоритм расчета ТНА.	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>18</b>

### 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	Форма обучения
		очная
		<b>Кол-во часов</b>
<b>1</b>	<b>Модуль 1. Расчет насосов ТНА</b>	<b>8</b>
	Лабораторный практикум «Определение основных параметров	4

	лопастных насосов».	
	Лабораторный практикум «Параметрические испытания центробежного насоса».	4
<b>2</b>	<b>Модуль 2. Расчет турбин ТНА</b>	<b>6</b>
	Лабораторный практикум «Конструктивные особенности и параметры турбин ТНА».	6
<b>3</b>	<b>Модуль 3. Работа насосов и турбины в системе питания ЖРД</b>	<b>4</b>
	Лабораторный практикум «Методы получения характеристик ТНА»	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>18</b>

## 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 – 3	Лекции Проблемное обучение, метод ИТ.	4
2	9 семестр Модуль 1 – 3	Лабораторные работы Работа в команде (малых группах). Опережающая самостоятельная работа с применением информационных ресурсов	2
3	9 семестр Модуль 1 – 3	Практические занятия Метод ИТ, работа в команде, Case-study	2

4	9 семестр Модуль 1 - 3	СРС Опережающая самостоятельная работа с применением информационных ресурсов, индивидуальное обучение (КП). Проектный метод.	8
<b>ИТОГО</b>			<b>16</b>

**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.									40		
2. Подготовка к практическим занятиям									9		
3. Подготовка к лабораторным работам									9		
4. Выполнение КП									50		
<b>Всего</b>									<b>108</b>		
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>108</b>										

\* - 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. Курсовой проект по модулям:

Модули 1, 2 и 3.

Тема курсового проекта - «Проектирование и расчет турбонасосного агрегата ЖРД».

## 8. Методическое обеспечение системы оценки качества освоения программы дисциплины

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» 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:

- вопросы к экзамену;
- варианты КП;
- вопросы и задания для практических занятий;
- вопросы для защиты лабораторных работ.

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. Шнекоцентробежные насосы: рабочие органы, схемы устройств. Теоретический напор с учетом конечного числа лопаток.

2. Гидравлические потери и гидравлический КПД насоса: потери на утечки, дисковые и механические потери, потери на утечки.

3. КПД насоса: расходный КПД, дисковый КПД, внутренний мощностной КПД, механический КПД, полный КПД.

4. Энергетические характеристики. Теоретические характеристики насосов при  $z = \infty$ . Действительные характеристики.

5. Осевые насосы: схемы устройств, рабочие органы.

6. Шнекоосевой насос. Шнековый насос. Выбор параметров осевых насосов.

7. Энергетические характеристики осевых насосов.

7. Кавитация в насосах.

9. Параметры, определяющие антикавитационные свойства шнекоцентробежного насоса. Срывной кавитационный запас. Кавитационный коэффициент быстроходности. Условия работы насоса без кавитационного срыва.

10. Влияние параметров насосной системы и перекачиваемого компонента топлива на давление в баке.

11. Гидравлическая система, антикавитационные качества насоса. Физические свойства перекачиваемого компонента топлива.

12. Обеспечение высокого антикавитационного качества шнекоцентробежного насоса.

13. Повышение антикавитационного качества центробежных колес.

14. Применение бустерных насосов и преднасосов в системах питания.

### **Модуль 2**

15. Особенности турбин. Предкамерные, автономные турбины. Ступень турбины. Основные понятия и соотношения.

16. Осевая турбина. Изменение параметров по длине проточной части. Тепловая степень реактивности. Одноступенчатая радиальная турбина.

17. Течение в турбинных решетках. Выбор конструктивных параметров решеток.

18. Обтекание лопаточных решеток газом. Режимы «запирания» рабочей решетки.

19. Профилирование лопаток турбины.

20. Окружной КПД и коэффициент окружной работы ступени турбины. Потери ступени турбины.

21. Механические потери. Эффективный мощностной КПД. Зависимость эффективного КПД от  $u/c_{ад}$ .

22. Многоступенчатые турбины. Реактивная турбина. Активная турбина. Турбина со ступенями давления. Турбина со ступенями скорости. Одновенечные многоступенчатые активные парциальные турбины. Биротативные турбины. Активная турбина с двумя ступенями скорости. Реактивно-активная турбина.

23. Энергетические характеристики турбины. Способы получения характеристик. Расчет характеристик турбины.

### **Модуль 3**

24. Запуск и устойчивость ТНА.

25. Регулирование насосов и турбины ТНА. Потребный напор системы питания.

26. Способы регулирования по расходу системы подачи компонентов. Регулирование турбины. Подбор режимов при регулировании системы подачи компонентов.

27. Устойчивость работы насоса в системе. Совместная работа насосов в системе.
28. Осевые и радиальные силы в ТНА. Осевые силы в насосе и турбине. Разгрузка ротора ТНА. Радиальные силы в насосе и турбине.
29. КПД ТНА. Связь массы ТНА с гидродинамическими параметрами системы питания ЖРД. Относительная масса и удельная мощность ТНА. Удельная вибронагруженность.
30. Общие сведения о расчете ТНА. Оптимизация основных параметров ТНА.

## **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 ЛА, мультимедийное оборудование: проектор, ноутбук, экран)

Ауд. 3-307

Вычислительный класс, 10 ПК.

Ауд. 3-215

Мультимедийная лаборатория «Ракеты и ракетные двигатели» (двигатели 3 шт., РД-8, Д-419, турбонасосный агрегат, экспериментальный двигатель ЖРД, элементы автоматики подачи топлива, мультимедийное оборудование: проектор, ноутбук, экран)

### **9.1.2. Технические средства обучения и контроля**

1. Использование учебных плакатов по разделам дисциплины.
2. Демонстрация двигателей летательных аппаратов (ДЛА), 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 РГР с применением возможностей расчетных и графических редакторов.

## **9.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

### **9.2.1. Основная литература**

1. Агрегаты регулирования жидкостных ракетных двигательных установок [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. бакалавров и магистров "Авиационная и ракетно-космическая техника", специальности "Проектирование авиационных и ракетных двигателей" / Ю.

И. Васютин [и др.] ; под ред. Д. А. Ягодникова. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 223, [1] с.

✓ 2. Нагорный, В.С. Средства автоматики гидро- и пневмосистем: учебное пособие / В. С. Нагорный. - СПб. и др.: Изд-во Лань, 2014. - 441 с.

#### 9.2.2. Дополнительная литература

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

✓ 2. Дорофеев, А. А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование [Текст] : учеб. для вузов по специальности "Авиа- и ракетостроение" / А. А. Дорофеев. - М.: МГТУ им. Баумана, 2010. - 463 с.

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

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

#### 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.

**К.О.**

Согласовано:

Библиотека ОмГТУ

*М.В. / Горбунова*

(штамп КО и подпись зам. директора библиотеки)