

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ  В.И. Ряжских
«21» февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Теория и проектирование турбонасосных агрегатов»

Специальность 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

Специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей

Квалификация выпускника инженер

Нормативный период обучения 5 лет и 6 м.

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы



/ А.А. Афанасьев /

Заведующий кафедрой
Ракетных двигателей



/ В.С. Рачук /

Руководитель ОПОП



/ В.С. Рачук /

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

освоение студентами основ теории, устройства, проектирования турбонасосных агрегатов, их характеристик, методов расчета.

1.2. Задачи освоения дисциплины

ознакомление студентов с тенденциями развития ракетодвигателестроения; теории насосной подачи топлива; основ проектирования турбонасосных агрегатов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по двигателям и энергетическим установкам летательных аппаратов и их составным частям

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	Знать основные параметры системы подачи компонентов топлива, требования к насосам и турбинам, схемы систем питания с ТНА, параметры, определяющие запуск и устойчивость ТНА, основы регулирования насосов и турбины ТНА
	Уметь составлять математическое описание процессов в турбонасосных агрегатах, классифицировать турбонасосные агрегаты, осуществлять расчет насосов и турбин в системе питания ЖРД, составлять описание принципов работы насосов и турбин, проводить расчеты с использованием систем автоматического проектирования
	Владеть методами расчета на прочность турбонасосных агрегатов, методами расчета и проектирования турбонасосных агрегатов, навыками оформления расчетных сведений в соответствии с ГОСТ, прикладным программным обеспечением для проектирования лопаточных машин, методикой мощностной увязки агрегатов подачи в составе двигателя

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	8
Аудиторные занятия (всего)	126	54	72
В том числе:			
Лекции	36	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	54	18	36
Самостоятельная работа	90	18	72
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	72	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	экзамен	экзамен
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	288 8	108 3	180 5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Понятие лопаточной машины.	Понятие лопаточной машины, основные допущения, применяемые при изучении теории рабочего процесса лопаточной машины. Требования к насосам и турбинам. Основные параметры системы подачи компонентов топлива. Насосные агрегаты. Требования к насосам. Схемы систем питания с ТНА. Элементы конструкции и типовая классификация лопаточных машин. 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.	6	6	10	15	37
2	Особенности рабочего процесса в лопаточных машинах.	Особенности рабочего процесса в отдельных типах ступеней лопаточных машин. Термодинамический расчет ступени с неравномерным напором по высоте лопатки. Кинематический расчет ступени с неравномерным напором. Уравнение неразрывности применительно к одно- и двухмерным моделям лопаточных машин. Уравнение энергии в тепловой форме применительно к осевым лопаточным машинам. Уравнение энергии в механической форме. Уравнение количества	6	6	10	15	37

		<p>движения применительно к двухмерной модели лопаточной машины. Уравнение моментов количества движения применительно к двухмерной модели лопаточных машин.</p> <p>Изображение термодинамических процессов в лопаточных машинах p-V-диаграмме</p>					
3	<p>Шнекоцентробежные насосы. Осевые насосы. Шнекоосевой насос. Шнековый насос.</p>	<p>Шнекоцентробежные насосы. Рабочие органы. Расчет гидравлических потерь. Схема устройства. Расходный, дисковый, мощностной, механический и полный КПД насоса. Осевые насосы и шнекоосевые насосы. Рабочие органы. Расчет гидравлических потерь. Схема устройства. Расходный, дисковый, мощностной, механический и полный КПД насоса..</p>	6	6	10	15	37
4	<p>Расчет насосов.</p>	<p>Шнекоцентробежные насосы. Теоретический напор с учетом конечного числа лопаток. Отводы насоса.</p> <p>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.</p> <p>Осевые насосы. Шнекоосевой насос. Шнековый насос. Выбор параметров осевых насосов. Энергетические характеристики осевых насосов. Парабола подобных режимов, универсальная характеристика насоса (способ построения), совмещение с характеристикой сети</p> <p>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. Оптимальный диаметр входа в колесо</p> <p>Влияние параметров насосной системы и перекачиваемого компонента топлива на давление в баке. Гидравлическая система, антикавитационные качества насоса. Физические свойства перекачиваемого компонента топлива. Обеспечение высокого антикавитационного качества шнекоцентробежного насоса. Выбор параметров шнекоцентробежного колеса. Применение бустерных насосов в системах питания.</p>	6	6	8	15	35
5	<p>Расчет турбин.</p>	<p>Изменение параметров по длине проточной части. Тепловая степень реактивности. Изображение действительных процессов турбины</p>	6	6	8	15	35

		<p>на тепловых диаграммах.</p> <p>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.</p> <p>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. 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.</p> <p>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.</p> <p>Механические потери. Эффективный мощностной КПД. Зависимость эффективного КПД от u/cad. Определение оптимальных степени парциальности и отношения u/cad одноступенчатой активной турбины.</p> <p>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.</p> <p>Энергетические характеристики турбины. Виды характеристик. Способы получения характеристик. Натурные и модельные испытания. Расчет характеристик турбины.</p>					
6	Осевые и радиальные силы в ТНА.	<p>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. Связь массы ТНА с гидродинамическими параметрами системы питания ЖРД.</p>	6	6	8	15	35
Итого			36	36	54	90	216

5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы
7 семестр	

3, 5, 7	Определение напорных характеристик насоса
13, 15, 17	Кавитационные испытания центробежного и шнекоцентробежного насосов
8 семестр	
5,7,9	Снятие характеристик турбин на модельном газе и выбор режимов испытаний
11,13	Обзор современных агрегатов подачи отечественного и зарубежного производства и изучение схемных решений.
15,17	Варианты расчетного и экспериментального определения эпюры давления в полостях насоса.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет насосов и турбин ТНА ЖРД»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

Проектировочный расчет двухступенчатой осевой газовой турбины

Вариант 1

1. Расход газа через турбину $m_t = 2.7970$ кг/сек
2. Полная температура на входе в узел $T_{vh_p} = 290.0000$ К
3. Полное давление на входе в узел $P_{vh_p} = 17860000.0$ Па
4. Давление на выходе из узла турбины $P_{vyh} = 9300000.0$ Па
5. Показатель адиабаты (среднее значение) $k = 1.4000$
6. Коэффициент сжимаемости (среднее значение) $z = 1.1240$
7. Индивидуальная газовая постоянная $R_0 = 4126.3780$ Дж/кг*К
8. Число оборотов ротора $n = 118000.0000$ об/мин

Вариант 2

1. Расход газа через турбину $m_t = 2.7970$ кг/сек
2. Полная температура на входе в узел $T_{vh_p} = 300.0000$ К
3. Полное давление на входе в узел $P_{vh_p} = 20480000.0$ Па
4. Давление на выходе из узла турбины $P_{vyh} = 17860000.0$ Па
5. Показатель адиабаты (среднее значение) $k = 1.4000$
6. Коэффициент сжимаемости (среднее значение) $z = 1.0600$
7. Индивидуальная газовая постоянная $R_0 = 4126.3802$ Дж/кг*К
8. Число оборотов ротора $n = 39500.0000$ об/мин

Вариант 3

1. Расход газа через турбину $m_t = 15.7500$ кг/сек
2. Полная температура на входе в узел $T_{vh_p} = 310.0000$ К
3. Полное давление на входе в узел $P_{vh_p} = 22450000.0$ Па
4. Давление на выходе из узла турбины $P_{vyh} = 10300000.0$ Па
5. Показатель адиабаты (среднее значение) $k = 1.4000$
6. Коэффициент сжимаемости (среднее значение) $z = 1.0950$
7. Индивидуальная газовая постоянная $R_0 = 4177.0000$ Дж/кг*К
8. Число оборотов ротора $n = 36500.0000$ об/мин

Вариант 4

1. Расход газа через турбину $m_t = 15.6000$ кг/сек
2. Полная температура на входе в узел $T_{vh_p} = 500.0000$ К
3. Полное давление на входе в узел $P_{vh_p} = 27820000.0$ Па
4. Давление на выходе из узла турбины $P_{vyh} = 14700000.0$ Па
5. Показатель адиабаты (среднее значение) $k = 1.4000$
6. Коэффициент сжимаемости (среднее значение) $z = 1.0950$
7. Индивидуальная газовая постоянная $R_0 = 4177.0000$ Дж/кг*К
8. Число оборотов ротора $n = 36500.0000$ об/мин

Вариант 5

1. Расход газа через турбину $m_t = 52.0540$ кг/сек
2. Полная температура на входе в узел $T_{vh_p} = 881.3000$ К
3. Полное давление на входе в узел $P_{vh_p} = 25640000.0$ Па
4. Давление на выходе из узла турбины $P_{vyh} = 22710000.0$ Па
5. Показатель адиабаты (среднее значение) $k = 1.3790$
6. Коэффициент сжимаемости (среднее значение) $z = 1.0610$
7. Индивидуальная газовая постоянная $R_0 = 529.2600$ Дж/кг*К
8. Число оборотов ротора $n = 25000.0000$ об/мин

Вариант 6

1. Расход газа через турбину $m_t = 46.6370$ кг/сек
2. Полная температура на входе в узел $T_{vh_p} = 841.8000$ К
3. Полное давление на входе в узел $P_{vh_p} = 30610000.0$ Па
4. Давление на выходе из узла турбины $P_{vyh} = 20130000.0$ Па
5. Показатель адиабаты (среднее значение) $k = 1.3760$
6. Коэффициент сжимаемости (среднее значение) $z = 1.0520$
7. Индивидуальная газовая постоянная $R_0 = 2497.0000$ Дж/кг*К
8. Число оборотов ротора $n = 38500.0000$ об/мин

Вариант 7

1. Расход газа через турбину $m_t = 199.4000$ кг/сек
2. Полная температура на входе в узел $T_{vh_p} = 900.0000$ К
3. Полное давление на входе в узел $P_{vh_p} = 33000000.0$ Па
4. Давление на выходе из узла турбины $P_{vyh} = 17000000.0$ Па
5. Показатель адиабаты (среднее значение) $k = 1.3760$
6. Коэффициент сжимаемости (среднее значение) $z = 1.0600$
7. Индивидуальная газовая постоянная $R_0 = 530.5400$ Дж/кг*К
8. Число оборотов ротора $n = 22000.0000$ об/мин

Вариант 8

1. Расход газа через турбину $m_t = 32.2990$ кг/сек
2. Полная температура на входе в узел $T_{vh_p} = 831.4000$ К
3. Полное давление на входе в узел $P_{vh_p} = 30610000.0$ Па
4. Давление на выходе из узла турбины $P_{vyh} = 20130000.0$ Па
5. Показатель адиабаты (среднее значение) $k = 1.3760$
6. Коэффициент сжимаемости (среднее значение) $z = 1.0520$
7. Индивидуальная газовая постоянная $R_0 = 2497.0000$ Дж/кг*К
8. Число оборотов ротора $n = 38500.0000$ об/мин

Проектировочный расчет шнекоцентробежного насоса

Вариант 1

Наименование параметра	Значение параметра
Давление (полное), бар:	
-на входе	6.37
-на выходе	140.5
Температура, К:	
-на входе	91.2
-на выходе	96.9
Плотность, кг/м ³	1133.6
Массовый расход через насос, кг/с	21.5
Объемный расход через насос, дм ³ /с	18.9
Напор насоса, м	1210.3
Частота вращения ротора, об/мин	39500.0

Вариант 2

Наименование параметра	Значение параметра
Давление (полное), бар:	
-на входе	4.02
-на выходе	121.4
Температура, К:	
-на входе	21.3
-на выходе	33.5
Плотность, кг/м ³	71.0
Массовый расход через насос, кг/с	3.14
Объемный расход через насос, дм ³ /с	44.2
Напор насоса, м	17481.7
Частота вращения ротора, об/мин	118000.0

Вариант 3

Наименование параметра	Значение параметра
Давление (полное), бар:	
-на входе	6.27
-на выходе	148.0
Температура, К:	
-на входе	82.0
-на выходе	86.7
Плотность, кг/м ³	1178.1
Массовый расход через насос, кг/с	120.3
Объемный расход через насос, дм ³ /с	102.2
Напор насоса, м	1228.5
Частота вращения ротора, об/мин	36500.0

Вариант 4

Наименование параметра	Значение параметра
Давление (полное), бар:	
-на входе	4.90
-на выходе	139.8
Температура, К:	
-на входе	21.0
-на выходе	32.1
Плотность, кг/м ³	72.5
Массовый расход через насос, кг/с	17.5
Объемный расход через насос, дм ³ /с	241.3
Напор насоса, м	19375.2
Частота вращения ротора, об/мин	36500.0

Вариант 5

Наименование параметра	Значение параметра
Давление (полное), бар:	
-на входе	6.27
-на выходе	214.1
Температура, К:	
-на входе	82.0
-на выходе	86.1
Плотность, кг/м ³	1140.0
Массовый расход через насос, кг/с	56.5
Объемный расход через насос, дм ³ /с	49.6
Напор насоса, м	1859.3
Частота вращения ротора, об/мин	36500.0

Вариант 6

Наименование параметра	Значение параметра
Давление (полное), бар:	
-на входе	4.90
-на выходе	122.1
Температура, К:	
-на входе	21.3
-на выходе	32.4
Плотность, кг/м ³	71.5
Массовый расход через насос, кг/с	17.4
Объемный расход через насос, дм ³ /с	242.9
Напор насоса, м	17285.1
Частота вращения ротора, об/мин	36500.0

Вариант 7

Наименование параметра	Значение параметра
Давление (полное), бар:	
-на входе	14.7
-на выходе	196.1
Температура, К:	
-на входе	90.0
-на выходе	90.0
Плотность, кг/м ³	1140.0
Массовый расход через насос, кг/с	340.5
Объемный расход через насос, дм ³ /с	298.7
Напор насоса, м	1623.3
Частота вращения ротора, об/мин	22000.0

Вариант 8

Наименование параметра	Значение параметра
Давление (полное), бар:	
-на входе	13.8
-на выходе	272.1
Температура, К:	
-на входе	90.1
-на выходе	99.1
Плотность, кг/м ³	1143.0
Массовый расход через насос, кг/с	84.3
Объемный расход через насос, дм ³ /с	73.7
Напор насоса, м	2304.5
Частота вращения ротора, об/мин	25000.0

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	Знать основные параметры системы подачи компонентов топлива, требования к насосам и турбинам, схемы систем питания с ТНА, параметры, определяющие запуск и устойчивость	Устный опрос	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	ТНА, основы регулирования насосов и турбины ТНА			
	Уметь составлять математическое описание процессов в турбонасосных агрегатах, классифицировать турбонасосные агрегаты, осуществлять расчет насосов и турбин в системе питания ЖРД, составлять описание принципов работы насосов и турбин, проводить расчеты с использованием систем автоматического проектирования	Устный опрос	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами расчета на прочность турбонасосных агрегатов, методами расчета и проектирования турбонасосных агрегатов, навыками оформления расчетных сведений в соответствии с ГОСТ, прикладным программным обеспечением для проектирования лопаточных машин, методикой мощностной увязки агрегатов подачи в составе двигателя	Устный опрос	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7, 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	Знать основные параметры системы подачи компонентов топлива, требования к насосам и турбинам, схемы систем питания с ТНА, параметры, определяющие запуск и устойчивость ТНА, основы регулирования насосов и турбины ТНА	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь составлять математическое описание процессов в турбонасосных агрегатах, классифицировать турбонасосные агрегаты, осуществлять расчет насосов и турбин в системе питания ЖРД, составлять описание принципов работы насосов и турбин, проводить расчеты с использованием систем автоматического	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

проектирования						
Владеть методами расчета на прочность турбонасосных агрегатов, методами расчета и проектирования турбонасосных агрегатов, навыками оформления расчетных сведений в соответствии с ГОСТ, прикладным программным обеспечением для проектирования лопаточных машин, методикой мощностной увязки агрегатов подачи в составе двигателя	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Шнек устанавливается в насосе для:
 - а.) снижения вибраций
 - б.) повышения антикавитационных качеств
 - в.) осевой разгрузки ротора
 - г.) уменьшения расхода через уплотнения
2. К лопаточным машинам двигателям относятся:
 - а.) насос
 - б.) турбина
 - в.) компрессор
 - г.) мотор-редуктор
3. Теоретический напор лопаточной определяется с помощью уравнения
 - а.) Сен-Венана
 - б.) Боровского
 - в.) Эйлера
 - г.) Ферма
4. Какой диапазон расходного параметра q на входе предпочтителен при проектировании шнеков
 - а.) ~ 1
 - б.) $\sim 0,6$
 - в.) ~ 12
 - г.) $\sim 1,2$
5. В автономных турбинах в рабочих колесах применяются профили лопаток
 - а.) симметричные
 - б.) ассиметричные
 - в.) оседиагональные
 - г.) радиальные
6. Импеллер – это элемент
 - а.) автомата осевой разгрузки
 - б.) разделительного уплотнения
 - в.) лопатки насоса
 - г.) полости покрывного диска

7. Каких типов колес при классификации по типу быстроходности не существует
 - а.) осевое
 - б.) тихоходное
 - в.) оседиагональное
 - г.) шнекоцентробежное
8. В дозвуковых турбинах в сопловых аппаратах используются каналы
 - а.) конфузорные
 - б.) диффузорные
 - в.) по типу сопла Лаваля
 - г.) постоянного сечения
9. После соплового аппарата турбины газ
 - а.) повышает температуру
 - б.) понижает температуру
 - в.) сохраняет температуру прежней
 - г.) повышает энтальпию
10. Критический кавитационный запас – это давление, при котором
 - а.) возникает критическая частота вращения
 - б.) снижается частота вращения ротора
 - в.) изменяется напорная характеристика насоса
 - г.) возникает резкое снижение напора и КПД
11. На КПД насоса не оказывают влияние
 - а.) утечки через уплотнения
 - б.) углы установки лопаток
 - в.) коэффициент теплопроводности рабочей среды
 - г.) осевой зазор между основным диском и корпусом
12. Радиальные подводы насосов выполняются
 - а.) конфузорными на ~15%
 - б.) диффузорными на ~15%
 - в.) с плавным увеличением скорости потока в 2 раза
 - г.) с сохранением момента скорости
13. Радиально-осевые центробежные турбины применяются
 - а.) на двигателях без дожигания
 - б.) при значениях $U/C > 0,6$
 - в.) при больших степенях понижения давления
 - г.) при работе на газообразном водороде
14. В турбинах ТНА температура газа на стационарных режимах на входе не превышает величины
 - а.) 550 К
 - б.) 900 К
 - в.) 1200 К
 - г.) 1500 К
15. Для привода бустерных турбонасосных агрегатов используются гидравлические турбины, рабочее тело в которые поступает из
 - а.) насосов ТНА
 - б.) рубашки охлаждения
 - в.) газогенератора
 - г.) форсуночной камеры

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Понятие лопаточной машины, основные допущения?
2. Назначение и место лопаточных машин в системе ЖРД?

3. Лопаточные насосы. Их положительные и отрицательные качества.
4. Общие принципы работы ТНА ЖРД?
5. Элементы конструкции и типовая классификация лопаточных машин?
6. Общие требования к насосным агрегатам?
7. Требования к насосам?
8. Требования к двигателям насосных агрегатов?
9. Требования к турбинам ТНА ЖРД?
10. Одномерная модель течения в лопаточной машине?
11. Двухмерная модель течения в лопаточной машине?
12. Трёхмерная модель течения в лопаточной машине?
13. Шнекоцентробежные насосы: рабочие органы, схемы устройств?
14. Теоретический напор с учетом конечного числа лопаток?
15. Гидравлические потери и гидравлический КПД насоса: потери на утечки, дисковые и механические потери, потери на утечки?
16. КПД насоса: расходный КПД, дисковый КПД, внутренний мощностной КПД, механический КПД, полный КПД?
17. Энергетические характеристики?
18. Теоретические характеристики насосов при $z = \infty$?
19. Действительные характеристики?
20. Осевые насосы: схемы устройств, рабочие органы?
21. Устройство ступени осевого насоса, меридиональное сечение направляющего аппарата, развертка цилиндрического сечения с межлопаточными каналами и планами скоростей?
22. Принцип действия ступени осевого насоса, кинематическая степень реактивности колеса, развернутое уравнение Эйлера для определения статического и динамического напора?
23. Шнекоосевой насос?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Запуск и устойчивость ТНА?
2. Регулирование насосов и турбины ТНА?
3. Потребный напор системы питания?
4. Способы регулирования по расходу системы подачи компонентов?
5. Регулирование турбины?
6. Подбор режимов при регулировании системы подачи компонентов?
7. Устойчивость работы насоса в системе?
8. Совместная работа насосов в системе?
9. Оптимизация основных параметров ТНА?
10. Бесконтактные уплотнения?
11. Контактные, стояночные и гидродинамические уплотнения в ТНА?
12. Устройство и работа импеллерного уплотнения?
13. Устройство и работа уплотнения с плавающим и полуподвижным кольцами?
14. Парабола подобных режимов; универсальная характеристика насоса (способ построения); совмещение с характеристикой сети?
15. Как работает ТНА и газогенератор в ЖРД с регулируемой тягой?
16. Характеристика сети и универсальная характеристика насоса?
17. Влияние параметров ТНА на время выхода ЖРД на режим; запуск ТНА, повторный запуск, останов?

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрен учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Понятие лопаточной машины, основные допущения?
2. Назначение и место лопаточных машин в системе ЖРД?
3. Лопаточные насосы. Их положительные и отрицательные качества.

4. Общие принципы работы ТНА ЖРД?
5. Элементы конструкции и типовая классификация лопаточных машин?
6. Общие требования к насосным агрегатам?
7. Требования к насосам?
8. Требования к двигателям насосных агрегатов?
9. Требования к турбинам ТНА ЖРД?
10. Одномерная модель течения в лопаточной машине?
11. Двухмерная модель течения в лопаточной машине?
12. Трёхмерная модель течения в лопаточной машине?
13. Уравнение неразрывности применительно к одно- и двухмерным моделям лопаточных машин?
14. Уравнение энергии в тепловой форме применительно к осевым лопаточным машинам?
15. Уравнение количества движения применительно к двухмерной модели лопаточной машины?
16. Уравнение моментов количества движения применительно к двухмерной модели лопаточных машин?
17. Изображение термодинамических процессов в лопаточных машинах p - V -диаграмме?
18. Изображение термодинамических процессов в лопаточных машинах в T - S -диаграмме?
19. Шнеко-центробежные насосы: рабочие органы, схемы устройств?
20. Теоретический напор с учетом конечного числа лопаток?
21. Гидравлические потери и гидравлический КПД насоса: потери на утечки, дисковые и механические потери, потери на утечки?
22. КПД насоса: расходный КПД, дисковый КПД, внутренний мощностной КПД, механический КПД, полный КПД?
23. Энергетические характеристики?
24. Теоретические характеристики насосов при $z = \infty$?
25. Действительные характеристики?
26. Осевые насосы: схемы устройств, рабочие органы?
27. Устройство ступени осевого насоса, меридиональное сечение направляющего аппарата, развертка цилиндрического сечения с межлопаточными каналами и планами скоростей?
28. Принцип действия ступени осевого насоса, кинематическая степень реактивности колеса, развернутое уравнение Эйлера для определения статического и динамического напора?
29. Шнекоосевой насос? Шнековый насос? Конструкция и принцип действия шнекового насоса, назначение его в системе питания, отличие кавитационных качеств и КПД от высоконагруженных ступеней осевых насосов?
30. Выбор параметров осевых насосов?
31. Энергетические характеристики осевых насосов?
32. Многоступенчатые центробежные и осевые насосы для перекачки водорода; прочностные ограничения в насосах, предельный напор в ступени центробежного и осевого насоса?
33. Построения треугольников скоростей на входе и выходе радиальной лопаточной машины?
34. Частные и универсальные характеристики лопаточного насоса?
35. Способы и методы профилирования лопаточной машины?
36. Уравнение Эйлера для лопаточной машины?
37. Гидравлический КПД лопаточной машины?
38. Течение рабочего тела по межлопаточным каналам радиально-осевого лопаточного колеса?
39. Построение треугольников скоростей на входе и выходе радиально-осевой лопаточной машины?
40. Теоретический и фактический напор и работа машин-исполнителей и машин-двигателей?
41. Объемный КПД лопаточной машины?
42. Внутренние потери в насосах.?
43. Подобие в насосах?

44. Напорная характеристика шнека и сравнение с напорной характеристикой осевых насосов с малой густотой решетки?
45. Профилирование длинной лопатки осевого насоса по высоте?
46. Показать на планах скоростей получение закрутки жидкости рабочим колесом за счет угла атаки; кривизны профиля и диффузорности межлопаточного канала?
47. Оптимальный диаметр входа в колесо?
48. Понятие кавитации? Кавитационные характеристики насосов?
49. Дисковые и механические потери, потери с утечками?
50. Кавитационный коэффициент быстроходности?
51. КПД лопаточной машины?
52. Параметры, определяющие антикавитационные свойства шнекоцентробежного насоса?
53. Срывной кавитационный запас?
54. Термодинамическое подавление кавитации?
55. Условия работы насоса без кавитационного срыва?
56. Развитие кавитации по высоте лопатки шнека, влияние на нее скоса (подрезки) входных кромок; конструктивные приемы подавления низкочастотных колебаний, генерируемых нестандартной каверной; влияние заостренной входной кромки?
57. Влияние вязкости на КПД и кавитационные характеристики высокооборотного насоса?
58. Совместная работа шнека и центробежного колеса; выбор оптимальных гидравлических параметров шнека
59. Влияние параметров насосной системы и перекачиваемого компонента топлива на давление в баке?
60. Физические свойства перекачиваемого компонента топлива, перекачка водорода?
61. Обеспечение высокого антикавитационного качества шнекоцентробежного насоса?
62. Экспериментальное определение кавитационного запаса при испытании насосов
63. Повышение антикавитационного качества центробежных колес?
64. Применение бустерных насосов и преднасосов в системах питания?
65. Работа шнека без кавитации с обратными токами на входе и выходе?
66. Конструктивные приемы подавления обратных токов?
67. Особенности турбин?
68. Основные соотношения, характеризующие газовую турбину?
69. Предкамерные, автономные турбины?
70. Степень турбины?
71. Основные понятия и соотношения?
72. Осевая турбина?
73. Многоступенчатые турбины?
74. Реактивная турбина?
75. Активная турбина?
76. Турбина со ступенями давления?
77. Турбина со ступенями скорости?
78. Одновенечные многоступенчатые активные парциальные турбины?
79. Биротативные турбины?
80. Активная турбина с двумя ступенями скорости?
81. Реактивно-активная турбина?
82. Энергетические характеристики турбины? Способы получения характеристик?
83. Расчет характеристик турбины?
84. Изменение параметров по длине проточной части?
85. Тепловая степень реактивности?
86. Одноступенчатая радиальная турбина?
87. Параметры радиальных лопаточных решеток?
88. Параметры осевых лопаточных решеток?
89. Дополнительные потери в лопаточных решетках?

90. Течение в турбинных решетках?
91. Выбор конструктивных параметров решеток?
92. Обтекание лопаточных решеток газом?
93. Режимы «запираания» рабочей решетки?
94. Профилирование лопаток турбины?
95. Окружной КПД и коэффициент окружной работы ступени турбины?
96. Потери ступени турбины?
97. Механические потери?
98. Тепловая и кинематическая степени реактивности турбины?
99. Ступень реактивной турбины (схема, основные соотношения, треугольники скоростей)?
100. Ступень активной турбины (схема, основные соотношения, треугольники скоростей)?
101. Запуск и устойчивость ТНА?
102. Регулирование насосов и турбины ТНА?
103. Потребный напор системы питания?
104. Способы регулирования по расходу системы подачи компонентов?
105. Регулирование турбины?
106. Подбор режимов при регулировании системы подачи компонентов?
107. Устойчивость работы насоса в системе?
108. Совместная работа насосов в системе?
109. Оптимизация основных параметров ТНА?
110. Бесконтактные уплотнения?
111. Контактные, стояночные и гидродинамические уплотнения в ТНА?
112. Устройство и работа импеллерного уплотнения?
113. Устройство и работа уплотнения с плавающим и полуподвижным кольцами?
114. Парабола подобных режимов; универсальная характеристика насоса (способ построения); совмещение с характеристикой сети?
115. Как работает ТНА и газогенератор в ЖРД с регулируемой тягой?
116. Характеристика сети и универсальная характеристика насоса?
117. Влияние параметров ТНА на время выхода ЖРД на режим; запуск ТНА, повторный запуск, останов?
118. Эжекторный бустерный насос, принцип действия, выбор компонента для эжектора в зависимости от его теплофизических свойств?
119. Какие геометрические и режимные параметры и характеристики отличают насос БТНА от насоса главного ТНА?
120. Как влияет КПД насоса БТНА на кавитационные характеристики системы подачи топлива в ЖРД и двигательной установке, массу ТНА?
121. Схемы БТНА с газовой и гидравлической турбиной; запуск БТНА?
122. Влияние увеличения расчетного давления в камере сгорания на энергетические и геометрические параметры ТНА?
123. Как обосновать необходимость расположения БТНА на двигателе, в баках или на днищах баков?
124. Осевые и радиальные силы в ТНА?
125. Осевые силы в насосе и турбине?
126. Разгрузка ротора ТНА?
127. Радиальные силы в насосе и турбине?
128. Связь массы ТНА с гидродинамическими параметрами системы питания ЖРД?
129. Относительная масса и удельная мощность ТНА?
130. Удельная вибронгруженность?

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10

вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	<p>Понятие лопаточной машины, основные допущения, применяемые при изучении теории рабочего процесса лопаточной машины.</p> <p>Требования к насосам и турбинам. Основные параметры системы подачи компонентов топлива. Насосные агрегаты. Требования к насосам. Схемы систем питания с ТНА. Элементы конструкции и типовая классификация лопаточных машин.</p> <p>Требования, предъявляемые к лопаточным машинам.</p> <p>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.</p>	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
2	<p>Особенности рабочего процесса в отдельных типах ступеней лопаточных машин. Термодинамический расчёт ступени с неравномерным напором по высоте лопатки. Кинематический расчёт ступени с неравномерным напором.</p> <p>Уравнение неразрывности применительно к одно- и двумерным моделям лопаточных машин. Уравнение энергии в тепловой форме применительно к осевым лопаточным машинам.</p> <p>Уравнение энергии в механической форме. Уравнение количества движения применительно к двумерной модели лопаточной машины. Уравнение моментов количества движения применительно к двумерной модели лопаточных машин.</p> <p>Изображение термодинамических процессов в лопаточных машинах p-V-диаграмме</p>	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
3	<p>Шнекоцентробежные насосы. Рабочие органы. Расчет гидравлических потерь. Схема устройства. Расходный, дисковый, мощностной, механический и полный КПД насоса.</p> <p>Осевые насосы и шнекоосевые насосы. Рабочие органы. Расчет гидравлических потерь. Схема устройства. Расходный, дисковый, мощностной, механический и полный КПД насоса.</p>	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
4	<p>Шнекоцентробежные насосы. Теоретический напор с учетом конечного числа лопаток. Отводы насоса.</p> <p>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.</p>	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе

	<p>Осевые насосы. Шнекоосевой насос. Шнековый насос. Выбор параметров осевых насосов. Энергетические характеристики осевых насосов. Парабола подобных режимов, универсальная характеристика насоса (способ построения), совмещение с характеристикой сети</p> <p>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. Оптимальный диаметр входа в колесо</p> <p>Влияние параметров насосной системы и перекачиваемого компонента топлива на давление в баке. Гидравлическая система, антикавитационные качества насоса. Физические свойства перекачиваемого компонента топлива.</p> <p>Обеспечение высокого антикавитационного качества шнеко-центробежного насоса. Выбор параметров шнекоцентробежного колеса. Применение бустерных насосов в системах питания.</p>		
5	<p>Изменение параметров по длине проточной части. Тепловая степень реактивности. Изображение действительных процессов турбины на тепловых диаграммах.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Механические потери. Эффективный мощностной КПД. Зависимость эффективного КПД от u/cad. Определение оптимальных степени парциальности и отношения u/cad многоступенчатой активной турбины.</p> <p>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.</p> <p>Энергетические характеристики турбины. Виды характеристики. Способы получения характеристик.</p> <p>Натурные и модельные испытания. Расчет характеристик турбины.</p>	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
6	<p>Устойчивость работы насоса в системе. Совместная работа насосов в системе. Осевые и радиальные силы в ТНА.</p> <p>Осевые силы в насосе и турбине. ИмPELLерное уплотнение. Разгрузка ротора ТНА. Радиальные силы в насосе и турбине. Связь массы ТНА с гидродинамическими параметрами системы питания ЖРД.</p>	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном

носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченн ость
1. Основная литература				
1	А. А. Афанасьев, Ю. В. Демьяненко, К. В. Кружаев, Д. П. Шматов	Проектирование турбонасосной системы подачи ЖРД: учеб. Пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (1,6 Мб) / А. А. Афанасьев, Ю. В. Демьяненко, К. В. Кружаев, Д. П. Шматов. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022, 73 с.	2022 электронный ресурс	1,0
2	Иванов А.В.	Иванов А.В. Расчёт и профилирование шнекоцентробежного насоса турбонасосного агрегата ЖРД: учеб. Пособие / А.В. Иванов. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. 120 с.	2010 печат.	1,0
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Квасников Л.А. Латышев Л.А. Пономарев-Степной Н.Н. Севрук Д.Д.	Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов : учеб. пособие / Л.А. Квасников, Л.А. Латышев, Н.Н. Пономарев-Степной, Д.Д. Севрук. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МАИ, 2001. - 480с.	2001 печат.	1,0
Л2.2	Дроздов И.Г. Мозговой Н.В.	Гидрогазодинамика [Электрон. ресурс]: Учебное пособие. / Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2005. 214 с.	2005 печат.	1,0
Л2.3	Дейч М.Е. Зарянкин А.Е.	Гидрогазодинамика: Учебное пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.	1984 печат.	0,5
Л2.4	Овсянников Б.В, Селифонов В.С., Черваков В.В.	Овсянников Б.В. Расчёт и проектирование шнекоцентробежного насоса: учеб. Пособие/ Б.В. Овсянников, В.С. Селифонов, В.В. Черваков. М.: Изд-во МАИ, 1996.-72 с.	1996 печат.	1,0

Л2.5	Боровский Б.И., Ершов Н.С., Овсянников Б.В.	Высокооборотные лопаточные насосы / Б.И. Боровский, Н.С. Ершов, Б.В. Овсянников и др.; под ред., В.Ф. Чебаевского и Б.В. Овсянникова – М.: Машиностроение, 1975.	1975 печат.	1,0
Л2.6	Боровский Б.И., Овсянников Б.В.	Овсянников Б.В. Теория и расчёт агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей / Б.В. Овсянников, Б.И. Боровский. – М.: Машиностроение, 1986.-376 с	1986 печат.	1,0
3 Методические разработки				
Л3.1	Демьяненко Ю. В. Кружаев К.В. Шматов Д.П.	Методические указания к выполнению практических и самостоятельных работ по дисциплине «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» для студентов специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. Ю.В. Демьяненко, К.В. Кружаев, Д.П. Шматов. Воронеж, 2015. 42 с. (404-2015)	2015 электр. рес.	1,0
Л3.2	Демьяненко Ю. В. Кружаев К.В. Шматов Д.П.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» по специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения) / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; Сост. Ю.В. Демьяненко, Д.П. Шматов, К.В. Кружаев. Воронеж, 2015. 40 с. (403-2015)	2015 электр. рес.	1,0
Л3.3	Демьяненко Ю. В. Кружаев К.В. Шматов Д.П.	Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» по специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; Сост. Ю.В. Демьяненко, К.В. Кружаев, Д.П. Шматов. Воронеж, 2015. 47 с. (402-2015)	2015 электр. рес.	1,0

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Microsoft Win Pro 10
2. Acrobat Pro 2017
3. NX Academic
4. 7 zip
5. Google Chrome
6. LibreOffice
7. Mozilla Firefox
8. Ansys, MathCAD
9. OppenOffice

10. <http://www.edu.ru/> - образовательный портал
11. <http://window.edu.ru>, <https://wiki.cchgeu.ru> - информационные справочные системы
12. elibrary.ru
13. <http://vipbook.info> - электронная библиотека
14. www.iprbookshop.ru – электронная библиотека

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Аудитория № 153 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованная специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя, оборудованная мультимедиа-проектором и экраном, для проведения лекционных и практических занятий.

Аудитории № 154, № 149 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованные специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя для проведения лекционных и практических занятий.

Специализированная аудитория, оснащенная персональными компьютерами и специальным программным обеспечением для лабораторных работ - учебная аудитория № 134 (ул. Ворошилова, 20, 7 эт.), укомплектованная специализированной мебелью и оборудованная техническими средствами обучения: персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Специализированная лаборатория гидрогазодинамики, оснащенная стендами для лабораторных работ: стенд для определения характеристик насосов; стенд для определения характеристики турбины.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теория и проектирование турбонасосных агрегатов» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета турбонасосных агрегатов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			