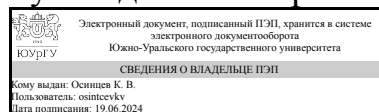


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



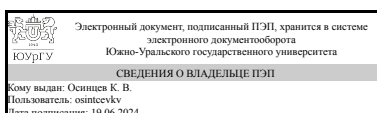
К. В. Осинцев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.05 Нагнетатели и теплоносители  
**для направления** 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
**уровень** Бакалавриат  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Промышленная теплоэнергетика

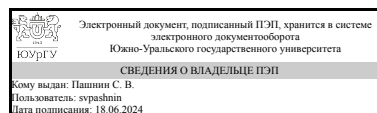
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 143

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



К. В. Осинцев

Разработчик программы,  
к.техн.н., снс, доцент



С. В. Пашнин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины состоит в ознакомлении с теоретическими основами, принципами действиями и областями применения в энергохозяйствах промышленных предприятий компрессоров, насосов, вентиляторов, детандеров. В результате изучения дисциплины студенты должны знать характерные режимы и устройство нагнетателей, владеть навыками оценки и анализа процессов, выбирать и рассчитывать нагнетатели; наиболее экономичные, надежные и безопасные режимы работы и регулирования.

## Краткое содержание дисциплины

1. Место и роль нагнетателей. принцип действия, классификация. Схемы и области применения. Отечественные и зарубежные достижения и исследования и создании нагнетателей. Основные понятия и определения терминалогии. Классификация по принципу действия. Теплоносители, применяемые в нагнетателях. 2. Анализ влияния изменения работы и параметров рабочего тела на работу сжатия и расширения. Основные параметры, характеризующие нагнетательные машины. Термодинамические процессы сжатия газов. Анализ влияния начальных условий и рода газа на работу сжатия. Уравнение сохранения энергии для потока массы при сжатии и расширении. Влияние теплоносителя на процессы сжатия и расширения в нагнетателе. Идеальные и реальные процессы. Общая классификация основных потерь. Интерпретация процессов в диаграммах состояния. Эксергетические характеристики. Определение работы и мощности машины, понятие о КПД. Схемы проточных частей нагнетателей. Кинематика процессов, треугольники скоростей в осевой и радиальной ступенях. Газодинамические основы нагнетателей. 3. Схемы поршневых компрессоров. Классификация нагнетателей объемного действия, особенности их работы, область применения. Ротационные (винтовые, зубчатые) и поршневые нагнетатели. Поршневой компрессор. Работа сжатия газа в идеальном и реальном поршневом компрессоре. Удельная и полная работа и мощность поршневого компрессора. Мертвое пространство и его влияние на производительность поршневого компрессора. Предельная степень повышения давления в одной ступени, распределение давления между ступенями. Влияние теплоносителя на основные процессы в нагнетателе. КПД компрессора. Способы регулирования производительности поршневых и винтовых компрессоров, характеристики серийно выпускаемых компрессоров. Сопоставление с другими типами нагнетателей. Методика определения основных размеров компрессоров, подбор привода. 4. Нагнетатели кинетического действия. Классификация нагнетателей кинетического действия. Теоретический напор центробежного нагнетателя. Теоретические и действительные характеристики центробежных нагнетателей. Условия работы нагнетателя на сеть. Подобные режимы нагнетателя. Совместная работа нагнетателей. Параллельная и последовательная работа нагнетателей на общую сеть. Влияние теплоносителя на основные процессы нагнетателя. Допустимая высота всасывания центробежного насоса. Кавитация. Условия работы насоса, перекачивающего жидкости в двухфазном состоянии. Типы насосов и вентиляторов, области их применения. Надежность работы. Особенности конструкции центробежных и осевых насосов и вентиляторов. Методика выбора насосов и вентиляторов. Поди алгоритм наасчета на ЭВМ основных размеров насосов и

вентиляторов. Влияние сжимаемости рабочего тела на условия работы нагнетателей. Помпаж. Схема защиты турбокомпрессора от помпажа. Влияние начальных условий и рода газа на характеристику компрессора. Методика и алгоритм пересчета характеристик нагнетателей с помощью ЭВМ. Центробежный и осевой компрессоры. Сопоставление показателей обоснование преимущественных зон применения. Надежность работы компрессоров. Способы регулирования производительности нагнетателей. Особенности конструкций многоступенчатых центробежных и осевых компрессоров. Способы компенсации осевых усилий в турбокомпрессорах. Техничко-экономические показатели серийно выпускаемых турбокомпрессоров. Выбор компрессора и привода к нему.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 готов к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению и экологической безопасности на объектах профессиональной деятельности	Знает: принципы работы оборудования. виды теплоносителей. Умеет: выполнять расчет и подбор оборудования. Имеет практический опыт: расчета насосного оборудования.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.Ф.10 Промышленные системы управления тепловыми процессами, 1.Ф.04 Вопросы расчета экологических выбросов и выбора дымовых труб, 1.Ф.08 Паровые турбины тепловых электростанций, 1.Ф.06 Парогенераторы и котельные установки промышленных предприятий и ТЭС, 1.Ф.01 Введение в направление	1.Ф.09 Источники и системы теплоснабжения в промышленной теплоэнергетике, 1.Ф.03 Энергосбережение в промышленной теплоэнергетике, 1.Ф.07 Теплонасосные и холодильные установки

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.Ф.08 Паровые турбины тепловых электростанций	Знает: принцип работы паровой турбины. Умеет: классифицировать паровые турбины по их назначению. Имеет практический опыт: теплового расчета регулирующей ступени паровой турбины.
1.Ф.10 Промышленные системы управления тепловыми процессами	Знает: тепловую автоматику; способы управления системами тепловой автоматики. Умеет: выбирать системы управления. Имеет практический опыт: разработки технологических схем управления теплотехническими процессами.

1.Ф.06 Парогенераторы и котельные установки промышленных предприятий и ТЭС	Знает: способы создания схем размещения объектов профессиональной деятельности и их эксплуатации в соответствии с технологией производства; правила технологической дисциплины при эксплуатации объектов профессиональной деятельности. оборудование котельных и тепловых сетей. Умеет: рассчитывать количество размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства. рассчитывать тепловые схемы котельных. Имеет практический опыт: выбирать аналоги оборудования. выбора основного и вспомогательного оборудования котельных.
1.Ф.04 Вопросы расчета экологических выбросов и выбора дымовых труб	Знает: вредные для окружающей среды вещества; Умеет: рассчитывать концентрацию вредных веществ. Имеет практический опыт: рассчитывать концентрацию вредных веществ по снижению выбросов в атмосферу;
1.Ф.01 Введение в направление	Знает: объекты профессиональной деятельности, а именно оборудование котельных и тепловых электрических станций Умеет: проводить измерения теплотехнических параметров Имеет практический опыт: использования справочных материалов для расчета термодинамических процессов. в использовании таблиц теплофизических свойств воды и водяного пара.

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 110,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216	
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	96	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	32	32	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	105,5	105,5	
Контрольная работа №2	40	40	
Контрольная работа №3	35,5	35,5	
Контрольная работа №1	30	30	
Консультации и промежуточная аттестация	14,5	14,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные понятия о нагнетателях	6	2	2	2
2	Термодинамические основы теории нагнетателей	6	2	2	2
3	Газодинамические основы теории нагнетателей	12	4	4	4
4	Характеристики нагнетателей	12	4	4	4
5	Работа нагнетателей при последовательном и параллельном соединении	6	2	2	2
6	Вентиляторы	12	4	4	4
7	Динамические компрессоры	18	6	6	6
8	Объемные нагнетатели	6	2	2	2
9	Динамические насосы	18	6	6	6

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Рабочие параметры нагнетателей. Совместная работа нагнетателя и трубопроводной системы.	2
2	2	Применение законов термодинамики к описанию процессов нагнетания. Коэффициенты полезного действия нагнетателей.	2
3	3	Принцип действия динамического нагнетателя. Уравнение Эйлера.	2
4	3	Влияние формы лопаток на рабочие параметры нагнетателей. Циркуляция в межлопаточном канале, потери на трение и с утечками. Течение рабочего тела в межлопаточном канале.	2
5	4	Коэффициент быстроходности. Рабочие параметры и характеристики нагнетателей.	2
6	4	Характеристики нагнетателей при переменной частоте вращения. Безразмерные и универсальные характеристики нагнетателей. регулирование нагнетателей.	2
7	5	Основные параметры вентиляторов. Центробежные вентиляторы.	2
8	6	Осевые вентиляторы. Тягодутьевые устройства.	2
9	6	Теплоносители в вентиляторах	2
10	7	Турбокомпрессоры. Методика расчета центробежного компрессора.	2
11	7	Характеристика турбокомпрессоров. Струйные компрессоры.	2
12	7	Теплоносители в компрессорах	2
13	8	Поршневые насосы и поршневые компрессоры. Роторные насосы и компрессоры.	2
14	9	Центробежные насосы. Кавитация при работе центробежных насосов.	2
15	9	Конструкции центробежных и сетевых насосов. Насосы специальных типов.	2
16	9	Теплоносители в динамических насосах.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Рабочие параметры нагнетателей. Совместная работа нагнетателя и трубопроводной системы.	2

2	2	Применение законов термодинамики к описанию процессов нагнетания. Коэффициенты полезного действия нагнетателей.	2
3	3	Принцип действия динамического нагнетателя. Уравнение Эйлера.	2
4	3	Влияние формы лопаток на рабочие параметры нагнетателей. Циркуляция в межлопаточном канале, потери на трение и с утечками. Течение рабочего тела в межлопаточном канале.	2
5	4	Коэффициент быстроходности. Рабочие параметры и характеристики нагнетателей.	2
6	4	Характеристики нагнетателей при переменной частоте вращения. Безразмерные и универсальные характеристики нагнетателей. регулирование нагнетателей.	2
7	5	Основные параметры вентиляторов. Центробежные вентиляторы.	2
8	6	Осевые вентиляторы. Тягодутьевые устройства.	2
9	6	Теплоносители в вентиляторах	2
10	7	Турбокомпрессоры. Методика расчета центробежного компрессора.	2
11	7	Характеристика турбокомпрессоров. Струйные компрессоры.	2
12	7	Теплоносители в компрессорах	2
13	8	Поршневые насосы и поршневые компрессоры. Роторные насосы и компрессоры.	2
14	9	Центробежные насосы. Кавитация при работе центробежных насосов.	2
15	9	Конструкции центробежных и сетевых насосов. Насосы специальных типов.	2
16	9	Теплоносители в динамических насосах.	2

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Рабочие параметры нагнетателей. Совместная работа нагнетателя и трубопроводной системы	2
2	2	Применение законов термодинамики к описанию процессов нагнетания. Коэффициенты полезного действия нагнетателей.	2
3	3	Принцип действия динамического нагнетателя. Уравнение Эйлера.	2
4	3	Влияние формы лопаток на рабочие параметры нагнетателей. Циркуляция в межлопаточном канале, потери на трение и с утечками. Течение рабочего тела в межлопаточном канале.	2
5	4	Коэффициент быстроходности. Рабочие параметры и характеристики нагнетателей.	2
6	4	Характеристики нагнетателей при переменной частоте вращения. Безразмерные и универсальные характеристики нагнетателей. регулирование нагнетателей.	2
7	5	Основные параметры вентиляторов. Центробежные вентиляторы.	2
8	6	Осевые вентиляторы. Тягодутьевые устройства.	2
9	6	Теплоносители в вентиляторах	2
10	7	Турбокомпрессоры. Методика расчета центробежного компрессора.	2
11	7	Характеристика турбокомпрессоров. Струйные компрессоры.	2
12	7	Теплоносители в компрессорах	2
13	8	Поршневые насосы и поршневые компрессоры. Роторные насосы и компрессоры.	2
14	9	Центробежные насосы. Кавитация при работе центробежных насосов.	2
15	9	Конструкции центробежных и сетевых насосов. Насосы специальных типов.	2

16	9	Теплоносители в динамических насосах.	2
----	---	---------------------------------------	---

#### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Контрольная работа №2	Нагнетатели и тепловые двигатели Учеб. для студентов вузов, обучающихся по напр."Теплоэнергетика", спец."Пром. теплоэнергетика" В. М. Черкасский, Н. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. - М.: Энергоатомиздат, 1997. - с. 32 - 51	6	40
Контрольная работа №3	Нагнетатели и тепловые двигатели Учеб. для студентов вузов, обучающихся по напр."Теплоэнергетика", спец."Пром. теплоэнергетика" В. М. Черкасский, Н. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. - М.: Энергоатомиздат, 1997. - С. 61-91	6	35,5
Контрольная работа №1	Нагнетатели и тепловые двигатели Учеб. для студентов вузов, обучающихся по напр."Теплоэнергетика", спец."Пром. теплоэнергетика" В. М. Черкасский, Н. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. - М.: Энергоатомиздат, 1997. - с. 17-31	6	30

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

##### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	6	Текущий контроль	Контрольная работа №1	1	6	Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос -15 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует	экзамен

						<p>2 баллам.          Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.          Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.          Максимальное количество баллов – 6.          Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	
2	6	Текущий контроль	Контрольная работа №2	1	6	<p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.          Время, отведенное на опрос -15 минут.          При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).          Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.          Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.          Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.          Максимальное количество баллов – 6.          Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен
3	6	Промежуточная аттестация	Контрольная работа №3	-	6	<p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.          Время, отведенное на опрос -15 минут.          При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).          Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.          Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.          Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.          Максимальное количество баллов – 6.          Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен
4	6	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	6	<p>Письменный опрос осуществляется в установленный день по графику сессии. Студенту задаются 3 вопроса из списка вопросов. Время, отведенное на опрос -15 минут.          При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)          Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.          Частично правильный ответ соответствует</p>	экзамен



					1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	
--	--	--	--	--	---	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Контрольные мероприятия промежуточной аттестации являются обязательными. Письменный опрос осуществляется в установленный день по графику сессии. Студенту задаются 3 вопроса из списка вопросов. Время, отведенное на опрос -15 минут. Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 % Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 % Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 % Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-1	Знает: принципы работы оборудования. виды теплоносителей.	+			+
ПК-1	Умеет: выполнять расчет и подбор оборудования.			+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: расчета насосного оборудования.				+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

- Черкасский, В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры Учеб. для теплоэнерг. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 415 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

- Крмпрессорная техника и пневматика. Научн.техн и инф. журнал. Ассоциация компрессорщиков.

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

- Осинцев К.В. Теплотехника.- Челябинск, Изд. центр ЮУРГУ.- 2010.-213с.

2. Каргаполова Н.Н. Тепловые двигатели и нагнетатели.- Челябинск, 2009.- 33.с

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Осинцев К.В. Теплотехника.- Челябинск, Изд. центр ЮУРГУ.- 2010.-213с.

2. Каргаполова Н.Н. Тепловые двигатели и нагнетатели.- Челябинск, 2009.- 33.с

### **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Project(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. ООО "ГарантУралСервис"-Гарант(31.12.2022)
2. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
3. -Техэксперт(04.02.2024)

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	272а (1)	Программы обучения в POWER Point iSpring Sguit. Проектор с подсоединенным к нему компьютером.
Лекции		переносной проектор с компьютером