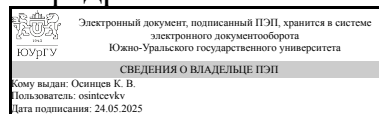


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



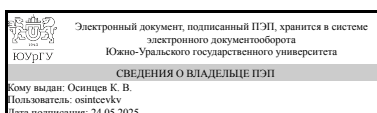
К. В. Осинцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.04 Нагнетатели и теплоносители
для направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Промышленная теплоэнергетика
форма обучения очная
кафедра-разработчик Промышленная теплоэнергетика

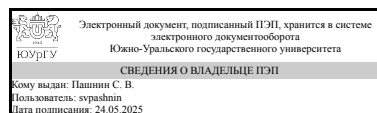
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 143

Зав.кафедрой разработчика,
д.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 действия 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. Экспериментальные 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
Тепломассообменное оборудование тепловых электростанций и промышленных предприятий, Паровые турбины тепловых электростанций, Теоретические основы технической термодинамики, Вопросы расчета экологических выбросов и выбора дымовых труб, Теоретические основы тепломассообмена, Парогенераторы и котельные установки промышленных предприятий и ТЭС, Промышленные системы управления тепловыми процессами, Термо-, гидро-, и аэродинамические процессы в технике, Производственная практика (эксплуатационная) (4 семестр), Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр)	Технологические энергоносители промышленных предприятий, Энергосбережение в промышленной теплоэнергетике, Теплонасосные и холодильные установки, Автоматизация теплотехнологических процессов, Объекты малой энергетики, Источники и системы теплоснабжения в промышленной теплоэнергетике, Выбор и расчет систем отопления промышленных предприятий и объектов социальной сферы, Промышленные печи, Вопросы экологии в теплоэнергетике, Теория автоматического управления, контроля и прогнозирования на основе нейросетевых алгоритмов, Производственная практика (преддипломная) (8 семестр)

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

Дисциплина	Требования
------------	------------

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.
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.
Тепломассообменное оборудование тепловых электростанций и промышленных предприятий	Знает: виды теплообменников. Умеет: рассчитывать температурный напор.рассчитывать коэффициент теплоотдачи экспериментально;рассчитывать количество потребляемых теплоносителей. Имеет практический опыт: конструктивного расчета теплообменных аппаратов;расчета коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи;
Теоретические основы технической термодинамики	Знает: способы расчета коэффициента теплопроводности лабораторных стендов.способы расчета коэффициентов теплопередачи. Умеет: рассчитывать коэффициент диффузии для лабораторного стенда;рассчитывать коэффициент теплоотдачи экспериментально;рассчитывать количество потребляемых теплоносителей. Имеет практический опыт: расчета коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи.коэффициент диффузии для лабораторного стенда.
Теоретические основы тепломассообмена	Знает: основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах, законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам; Умеет: рассчитывать количество передаваемой теплоты, рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты; Имеет практический опыт: расчета коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.
Вопросы расчета экологических выбросов и	Знает: вредные для окружающей среды

выбора дымовых труб	вещества; Умеет: рассчитывать концентрацию вредных веществ. Имеет практический опыт: рассчитывать концентрацию вредных веществ по снижению выбросов в атмосферу, в том числе через дымовую трубу.
Термо-, гидро-, и аэродинамические процессы в технике	Знает: основные принципы сопротивления материалов, газогидродинамических, теплообменных процессов, свойства материалов, различных сред; Умеет: использовать полученные знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в промышленности. использовать современные САПР и специализированное программное обеспечение для задач инженерного анализа. Имеет практический опыт: навыками использования систем автоматизированного проектирования и специализированного программного обеспечения для инженерных задач. расчета аппаратов и процессов, а также методиками теоретического и экспериментального исследования в термо-, гидро- и аэродинамике.
Парогенераторы и котельные установки промышленных предприятий и ТЭС	Знает: оборудование котельных и тепловых сетей. Умеет: рассчитывать тепловые схемы котельных. Имеет практический опыт: выбора основного и вспомогательного оборудования котельных установок.
Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр)	Знает: способы проектирования виртуальных лабораторных стендов с помощью компьютерного моделирования и программирования с применением цифровых технологий. Умеет: разрабатывать и чертить тепловые схемы, способы управления. Имеет практический опыт: выбора проектирования и компьютерного моделирования.
Производственная практика (эксплуатационная) (4 семестр)	Знает: теплоэнергетическое оборудование ТЭЦ, принципы работы теплового оборудования. Умеет: проводить измерения теплотехнических параметров. Имеет практический опыт: использования справочных материалов для расчета термодинамических процессов. расчета термодинамических процессов.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		6
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108

Аудиторные занятия:	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа (СРС)	51,5	51,5
Контрольная работа №2	20	20
Контрольная работа №1	10	10
Контрольная работа №3	21,5	21,5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
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	Объемные нагнетатели	6	2	2	2

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.	4
4	4	Влияние формы лопаток на рабочие параметры нагнетателей. Циркуляция в межлопаточном канале, потери на трение и с утечками. Течение рабочего тела в межлопаточном канале.	4
5	5	Коэффициент быстроходности. Рабочие параметры и характеристики нагнетателей.	2
6	6	Характеристики нагнетателей при переменной частоте вращения. Безразмерные и универсальные характеристики нагнетателей. регулирование нагнетателей.	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.	4
6	4	Характеристики нагнетателей при переменной частоте вращения. Безразмерные и универсальные характеристики нагнетателей. регулирование нагнетателей.	4
5	5	Коэффициент быстроходности. Рабочие параметры и характеристики нагнетателей.	2
7	6	Основные параметры вентиляторов. Центробежные вентиляторы.	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.	4
5	4	Коэффициент быстроходности. Рабочие параметры и характеристики нагнетателей.	4
7	5	Основные параметры вентиляторов. Центробежные вентиляторы.	2
15	6	Конструкции центробежных и сетевых насосов. Насосы специальных типов.	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	20
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	10
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	21,5

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
0	6	Лабораторная работа	Построение напорной характеристики насоса	1	95	Предоставление оформленной работы 5 баллов Защита представленной работы преподавателю: 1 правильный ответ 20 баллов 2 правильных ответа 40 баллов 3 правильных ответа 60 баллов. Дополнительный ответ на качество знаний 35 баллов.	экзамен
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 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	экзамен
2	6	Текущий контроль	Контрольная работа №2	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	экзамен

						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.	
3	6	Промежуточная аттестация	Контрольная работа №3	-	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 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	экзамен
5	6	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	6	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 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	экзамен
7	6	Лабораторная работа	построение характеристики сети	1	100	Предоставление оформленной работы 5 баллов Защита представленной работы	экзамен

						преподавателю: 1 правильный ответ 20 баллов 2 правильных ответа 40 баллов 3 правильных ответа 60 баллов. Дополнительный ответ на качество знаний 35 баллов.	
8	6	Лабораторная работа	Построение зависимости КПД насоса от расхода жидкости	1	100	Предоставление оформленной работы 5 баллов Защита представленной работы преподавателю: 1 правильный ответ 20 баллов 2 правильных ответа 40 баллов 3 правильных ответа 60 баллов. Дополнительный ответ на качество знаний 35 баллов	экзамен
9	6	Лабораторная работа	регулирование центробежного насоса	1	100	Предоставление оформленной работы 5 баллов Защита представленной работы преподавателю: 1 правильный ответ 20 баллов 2 правильных ответа 40 баллов 3 правильных ответа 60 баллов. Дополнительный ответ на качество знаний 35 баллов.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (зачет/экзамен) для улучшения своего рейтинга и получить оценку по дисциплине согласно п. 2.4 Положения о БРС (приказ ректора от 10.03.2022 г № 25-13/09).	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ								
		0	1	2	3	5	7	8	9	
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:

1. 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:

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Каргаполова Н.Н. Тепловые двигатели и нагнетатели.- Челябинск, 2009.- 33.с
2. Осинцев К.В. Теплотехника.- Челябинск, Изд. центр ЮУРГУ.- 2010.-213с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Каргаполова Н.Н. Тепловые двигатели и нагнетатели.- Челябинск, 2009.- 33.с
2. Осинцев К.В. Теплотехника.- Челябинск, Изд. центр ЮУРГУ.- 2010.-213с.

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

