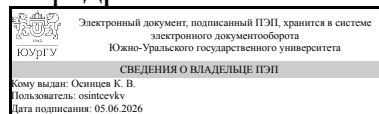


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



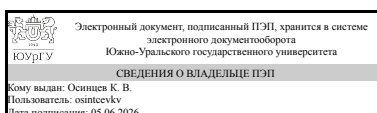
К. В. Осинцев

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 заочная
кафедра-разработчик Промышленная теплоэнергетика

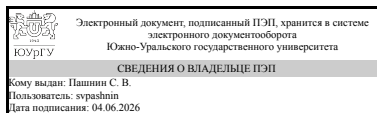
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 143

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 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. 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
Объекты малой энергетики, Паровые турбины тепловых электростанций, Вопросы экологии в теплоэнергетике, Тепломассообменное оборудование тепловых электростанций и промышленных предприятий, Выбор и расчет систем отопления промышленных предприятий и объектов социальной сферы, Теоретические основы тепломассообмена, Теоретические основы технической термодинамики, Термо-, гидро-, и аэродинамические процессы в технике, Промышленные системы управления тепловыми процессами, Вопросы расчета экологических выбросов и выбора дымовых труб, Производственная практика (эксплуатационная) (6 семестр), Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр)	Парогенераторы и котельные установки промышленных предприятий и ТЭС, Теплонасосные и холодильные установки, Промышленные печи, Автоматизация теплотехнологических процессов, Энергосбережение в промышленной теплоэнергетике, Источники и системы теплоснабжения в промышленной теплоэнергетике, Производственная практика (преддипломная) (10 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Выбор и расчет систем отопления промышленных предприятий и объектов социальной сферы	Знает: способы расчета систем отопления; виды теплоносителей и энергоносителей. Умеет: рассчитывать количество необходимой теплоты; Имеет практический опыт: выбора отопительных приборов;
Теоретические основы теплообмена	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 теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты; Имеет практический опыт: расчета коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.
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, в том числе через дымовую трубу.
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.
Объекты малой энергетики	Знает: оборудование систем малой энергетики. Умеет: рассчитывать оборудование в малой энергетике. Имеет практический опыт: построения технологических схема малой энергетики.
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.
Теоретические основы технической термодинамики	Знает: способы расчета коэффициента теплопроводности лабораторных стенов. 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.
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;
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.
Вопросы экологии в теплоэнергетике	Знает: вредные для окружающей среды вещества. Умеет: рассчитывать концентрацию вредных веществ. Имеет практический опыт: рассчитывать концентрацию вредных веществ по снижению выбросов в атмосферу.
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) (6 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., 16,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	8	8	
Лекции (Л)	0	0	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	4	4	
Лабораторные работы (ЛР)	4	4	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	91,5	91,5	
Задание 1-3	34	34	
Задание 3-5	27,5	27,5	
Задание 5-8	30	30	
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	Газодинамические основы теории нагнетателей	4	0	2	2
2	Работа нагнетателей при последовательном и параллельном соединении	4	0	2	2

5.1. Лекции

Не предусмотрены

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Принцип действия динамического нагнетателя. Уравнение Эйлера.	2
2	2	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	Основные параметры вентиляторов. Центробежные вентиляторы..	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Задание 1-3	Нагнетатели и тепловые двигатели Учеб. для студентов вузов, обучающихся по напр."Теплоэнергитика", спец."Пром. теплоэнергетика" В. М. Черкасский, Н. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. - М.: Энергоатомиздат, 1997. - с. 32 - 51 Панкратов Г.П. Сборник задач по теплотехнике. - М.- 1986, с. 32- 111 Филатов Г.Г, Гладышев Н.Г. Технологические энергоносители. Методические указания, СПТУ- 2012	8	34
Задание 3-5	Нагнетатели и тепловые двигатели Учеб. для студентов вузов, обучающихся по напр."Теплоэнергитика", спец."Пром. теплоэнергетика" В. М. Черкасский, Н. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. - М.: Энергоатомиздат, 1997. - С. 61-91 Галдин В.Д Вентляторы и компрессоры.- Омск. - 2007. с. 4-29	8	27,5
Задание 5-8	Нагнетатели и тепловые двигатели Учеб. для студентов вузов, обучающихся по напр."Теплоэнергитика", спец."Пром. теплоэнергетика" В. М. Черкасский, Н. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. - М.: Энергоатомиздат, 1997. - с. 17-31	8	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	8	Текущий контроль	Построение напорной характеристики насоса и характеристики сети	1	6	Оценка выставляется по результатам защиты лабораторной работы при очном общении с преподавателем Студенту задаются 2-3 вопроса по оформленной студентом лабораторной работе Время, отведенное на опрос -5-7 минут	экзамен

					<p>При оценивании результатов мероприятия используется бально-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Правильные ответы на вопросы соответствует 6 баллам, что означает, что лабораторная работа зачтена .</p> <p>Частично правильный ответ соответствует незачету лабораторной работы</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует незачету лабораторной работы</p> <p>Максимальное количество баллов – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>		
2	8	Текущий контроль	КПД насоса и напорная характеристика двух насосов	1	6	<p>Оценка выставляется по результатам защиты лабораторной работы при очном общении с преподавателем</p> <p>Студенту задаются 2-3 вопроса по оформленной студентом лабораторной работе</p> <p>Время, отведенное на опрос -5-7 минут</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется бально-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Правильные ответы на вопросы соответствует 6 баллам, что означает, что лабораторная работа зачтена .</p> <p>Частично правильный ответ соответствует незачету лабораторной работы</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует незачету лабораторной работы</p> <p>Максимальное количество баллов – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен
3	8	Текущий контроль	Регулирование центробежного насосов	1	6	<p>Оценка выставляется по результатам защиты лабораторной работы при очном общении с преподавателем</p> <p>Студенту задаются 2-3 вопроса по оформленной студентом лабораторной работе</p> <p>Время, отведенное на опрос -5-7 минут</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется бально-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности</p>	экзамен

					<p>обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильные ответы на вопросы соответствует 6 баллам, что означает, что лабораторная работа зачтена . Частично правильный ответ соответствует незачету лабораторной работы Неправильный ответ на вопрос соответствует незачету лабораторной работы Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>		
4	8	Текущий контроль	Расчет рабочих процессов компрессорной станции	1	6	<p>Оценка выставляется по результатам защиты лабораторной работы при очном общении с преподавателем Студенту задаются 2-3 вопроса по оформленной студентом лабораторной работе Время, отведенное на опрос -5-7 минут При оценивании результатов мероприятия используется бально-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильные ответы на вопросы соответствует 6 баллам, что означает, что лабораторная работа зачтена . Частично правильный ответ соответствует незачету лабораторной работы Неправильный ответ на вопрос соответствует незачету лабораторной работы Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен
5	8	Текущий контроль	Расчет градири	1	6	<p>Оценка выставляется по результатам защиты лабораторной работы при очном общении с преподавателем Студенту задаются 2-3 вопроса по оформленной студентом лабораторной работе Время, отведенное на опрос -5-7 минут При оценивании результатов мероприятия используется бально-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильные ответы на вопросы соответствует 6 баллам, что означает,</p>	экзамен

						<p>что лабораторная работа зачтена . Частично правильный ответ соответствует незачету лабораторной работы Неправильный ответ на вопрос соответствует незачету лабораторной работы Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	
6	8	Текущий контроль	Расчет мощности привода дымососа и расчет компрессора	1	6	<p>Оценка выставляется по результатам защиты лабораторной работы при очном общении с преподавателем Студенту задаются 2-3 вопроса по оформленной студентом лабораторной работе Время, отведенное на опрос -5-7 минут При оценивании результатов мероприятия используется бально-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильные ответы на вопросы соответствует 6 баллам, что означает, что лабораторная работа зачтена . Частично правильный ответ соответствует незачету лабораторной работы Неправильный ответ на вопрос соответствует незачету лабораторной работы Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	экзамен
7	8	Текущий контроль	Уравнение Эйлера и расчет вентиляционной сети	1	6	<p>Оценка выставляется по результатам защиты лабораторной работы при очном общении с преподавателем Студенту задаются 2-3 вопроса по оформленной студентом лабораторной работе Время, отведенное на опрос -5-7 минут При оценивании результатов мероприятия используется бально-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильные ответы на вопросы соответствует 6 баллам, что означает, что лабораторная работа зачтена . Частично правильный ответ соответствует незачету лабораторной работы</p>	экзамен

						Неправильный ответ на вопрос соответствует незачету лабораторной работы Максимальное количество баллов – 6. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	
8	8	Текущий контроль	Итоговая контрольная	1	6	Студент решает задачи по заданию в электронном ЮОРГУ. 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
9	8	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	4	Если студент после выполнения контрольных мероприятий желает улучшить оценку, то в установленный день по графику сессии ему устраивается устный опрос. Студент выбирает билет с двумя вопросами из списка вопросов к экзамену. Время, отведенное на опрос -20 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-4. Весовой коэффициент мероприятия – 1	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	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	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).	
--	---	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ								
		1	2	3	4	5	6	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. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
2. -Техэксперт(04.02.2024)
3. ООО "ГарантУралСервис"-Гарант(31.12.2022)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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