



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)
Филиал ФГБОУ ВО «СамГТУ» в г. Белебее Республики Башкортостан



УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала ФГБОУ ВО «СамГТУ»
в г. Белебее Республики Башкортостан

Л.М. Инаходова

03 июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.02.04 «Насосы, вентиляторы и компрессоры»

Код и направление подготовки
(специальность)

08.03.01 Строительство

Направленность (профиль)

Теплогазоснабжение и вентиляция

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очно-заочная

Год начала подготовки

2021

Выпускающая кафедра

Строительство

Кафедра-разработчик

Строительство

Объем дисциплины, ч. / з.е.

144 / 4

Форма контроля (промежуточная
аттестация)

Зачет

Белебей 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (далее – РПД) разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 08.03.01 «Строительство», утвержденного приказом министерства образования и науки Российской Федерации от 31.05.2017 № 481, и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

старший преподаватель
(должность, степень, ученое звание)


(подпись)

Ю.Э. Демина
(ФИО)

РПД рассмотрена и одобрена на заседании кафедры 03 июня 2021 г., протокол № 5.

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент
(степень, ученое звание, подпись)

А.А. Цынаева
(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

доцент, к.т.н.
(степень, ученое звание, подпись)

А.А. Цынаева
(ФИО)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	3
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	4
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	4
4.1. Содержание лекционных занятий	5
4.2. Содержание лабораторных занятий	6
4.3. Содержание практических занятий	6
4.4. Содержание самостоятельной работы	6
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)	8
6. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)	9
7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения	9
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем	10
9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)	10
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)	4
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	
Приложение 2. Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины (модуля)	
Приложение 3. Аннотация рабочей программы дисциплины	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программ

Универсальные компетенции

Таблица 1

Наименование категории (группы) компетенций	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
не предусмотрены учебным планом				

Общепрофессиональные компетенции

Таблица 2

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
не предусмотрены учебным планом			

Профессиональные компетенции

Таблица 3

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-2	Способность осуществлять разработку проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	ИД-1 ПК-2 Выполняет расчеты для проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	31 ПК-2.1 Знать: требования нормативно-технической документации и нормативных правовых актов по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха 32 ПК-2.1 Знать: виды и методики расчетов систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
ПК-3	Способность осуществлять разработку проектной документации систем газоснабжения (сетей газораспределения и газопотребления)	ИД-1 ПК-3 Выполняет расчеты для проектирования систем газоснабжения (сетей газораспределения и газопотребления)	В1 ПК-3.1 Владеть: методикой выполнения инженерно-технических расчетов системы газоснабжения
ПК-4	Способность к выполнению специальных расчетов для проектирования решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей	ИД-1 ПК-4 Выполняет гидравлические расчеты, расчеты тепловых схем с выбором оборудования для проектирования решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей	В4 ПК-4.1 Владеть: методикой оформления результатов гидравлических расчетов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей и составление пояснительной записки

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины в структуре образовательной программы: часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Таблица 4

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-2	Теоретические основы теплотехники	Строительная теплофизика; Основы обеспечения микроклимата зданий	Отопление; Вентиляция; Кондиционирование воздуха и холодоснабжение; Практико-ориентированный проект; Автоматизация систем отопления; Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции; Организация монтажных работ систем теплогазоснабжения и вентиляции; Основы САПР; Производственная практика:

			преддипломная практика; Энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции
ПК-3			Производственная практика: технологическая практика; Газоснабжение; Газоснабжение промышленных предприятий различного назначения; Эксплуатация и реконструкция систем теплогазоснабжения и вентиляции; Организация монтажных работ систем теплогазоснабжения и вентиляции; Производственная практика: преддипломная практика
ПК-4			Теплогенерирующие установки; Производственная практика: исполнительская практика; Автономное теплоснабжение; Энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции; Производственная практика: преддипломная практика

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Таблица 5

Вид учебной работы	Всего часов	
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	8	8
лекционные занятия (ЛЗ)	4	4
лабораторные работы (ЛР)	2	2
практические занятия (ПЗ)	2	2
Внеаудиторная контактная работа, КСР	4	4
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	128	128
подготовка к ЛР /ПЗ	100	100
подготовка к зачёту	28	28
Формы текущего контроля успеваемости	Практические задания, лабораторные работы	Практические задания, лабораторные работы
Формы промежуточной аттестации	зачет	зачет
Контроль	4	4
ИТОГО: час.	144	144
ИТОГО: з.е.	4	4

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 6

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы						
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	КСР	Конт-роль	Всего часов
1	Классификация нагнетателей Теоретические основы работы радиального нагнетателя. Уравнение Эйлера. Характеристики нагнетателей.	2	-	2	43	2	2	49
2	Работы нагнетателей в сети. Подбор нагнетателей. Факторы, влияющие на обоснованность выбора нагнетателей. Работы нагнетателей в сети. Подбор нагнетателей. Факторы, влияющие на обоснованность выбора нагнетателей.	2	-	-	42	1	1	44
3	Насосы и вентиляторы, применяемые в системах теплогазоснабжения и вентиляции	-	2	2	43	1	1	51
Итого:		4	2	2	128	4	4	144

4.1. Содержание лекционных занятий

Таблица 7

№ ЛЗ	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Кол-во часов
2				
1	Классификация нагнетателей Теоретические основы работы радиального нагнетателя. Уравнение Эйлера. Характеристики нагнетателей.	Введение. Классификация нагнетателей и область их применения Основа гидродинамики лопастных нагнетателей. Кинематика потока в рабочем колесе. Теоретические и действительные характеристики. Универсальные характеристики. Полная характеристика нагнетателя и получение ее в лабораторных условиях. Подобие лопастных нагнетателей, универсальные характеристики.	Насосы и вентиляторы относятся к классу гидравлических машин. Гидравлическая машина – это устройство, преобразующее механическую работу твердого тела в энергию потока жидкости или наоборот. Гидравлическая машина, в которой механическая энергия жидкости преобразуется в механическую работу (вращение вала, возвратно-поступательное движение поршня и т.д.), называется турбиной или гидродвигателем. Гидравлическая машина, в которой механическая работа преобразуется в механическую энергию жидкости, называется нагнетателем. В зависимости от рода перемещаемой среды нагнетатели подразделяются на насосы и воздухоудные машины. Полные характеристики нагнетателей строят в координатах $p-L$, $N-B$ и $\tau-B$. При снятии характеристики (рис. 3.20) должны быть выполнены следующие условия 1) конструктивные размеры нагнетателя не должны изменяться 2) плотность перемещаемой среды должна быть постоянной 3) частота вращения рабочего колеса должна быть неизменной.	2
2	Работы нагнетателей в сети. Подбор нагнетателей. Факторы, влияющие на обоснованность выбора нагнетателей. Работы нагнетателей в сети. Подбор нагнетателей. Факторы, влияющие на обоснованность выбора нагнетателей.	Характеристика сети. Способы наложения характеристик. Анализ работы нагнетателей при изменении характеристик сети и нагнетателей. Совместная работа нагнетателей. Параллельное и последовательное включение нагнетателей. Построение суммарной характеристики. Техничко-экономические основы выбора нагнетателей. Учет особенностей технологического процесса и требований пожарной-взрывобезопасности.	Режим работы нагнетателей в общей сети, имеющей характеристику $p = B$, определяется точкой А с параметрами L_d и p_A . Точки пересечения горизонтальной прямой $p = p_A$ с характеристиками Г и 2 определяют подачу каждого нагнетателя (1 и $г$). Создаваемое каждым нагнетателем давление (p) или p_g определяется точкой пересечения ординаты, характеризующей определенную подачу (1 или $г$), с соответствующей исходной характеристикой нагнетателя. При последовательном включении преследуется цель увеличения производительности (подачи), при параллельном - давления (напора). Из этого не следует, что при включении, например, двух нагнетателей параметры Q и H удваиваются. Изменение параметров определяется характеристиками спаренных нагнетателей и сети. Основными величинами, которыми руководствуются при подборе нагнетателя, являются производительность и давление, определенные при расчете сети. Подбор машины заключается в установлении ее типа, размера и режима работы при одновременном учете значения к. п. д.. характеризующего экономичность установки. При этом удобно пользоваться универсальной характеристикой, которая позволяет не только выбрать нужную машину, но и определить оптимальный режим ее работы. При отсутствии универсальной характеристики можно пользоваться обычной характеристикой, построенной для одного режима работы машины, или же, чаще всего, табличными данными. Однако в этих случаях приходится вести дополнительные пересчеты, что несколько усложняет подбор	2

			нагнетателя. Основным показателем, которым следует руководствоваться при выборе машины, является ее к. п. д. в расчетном режиме. Иногда наиболее высокому к. п. д. соответствует машина сравнительно большого размера, что, как правило, удорожает первоначальную стоимость установки. Однако это удорожание весьма быстро окупается, так как увеличение первоначальных затрат в сравнительно короткий срок полностью компенсируется уменьшением эксплуатационных расходов в результате экономии электроэнергии.	
Итого за :				4
Итого:				4

4.2. Содержание лабораторных занятий

Таблица 8

№ ЛР	Наименование раздела	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Кол-во часов
2				
1	Насосы и вентиляторы, применяемые в системах теплогасоснабжения и вентиляции	Подбор вентиляторов и насосов	Определение характеристик работы двух центробежных насосов, включённых параллельно Цель работы: приобретение навыков построения характеристик центробежных насосов, включённых параллельно. 4.1 Теоретические сведения При испытании центробежных насосов получают технические характеристики, по которым можно судить о его работе. К техническим характеристикам относятся зависимости, связывающие напор, полезную мощность, затрачиваемую мощность и КПД с подачей насоса. Наглядное представление об этих зависимостях дает их графическая интерпретация	2
Итого за :				2
Итого:				2

4.3. Содержание практических занятий

Таблица 9

№ ПЗ	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Кол-во часов
2				
1	Насосы и вентиляторы, применяемые в системах теплогасоснабжения и вентиляции	Насосы, вентиляторы, компрессоры. Цель изучения дисциплины состоит в приобретении теоретических и практических знаний в области работы нагнетателей для профессионального подбора насосов, вентиляторов	Насосы, вентиляторы и компрессоры являются основным и неотъемлемым элементом систем отопления, тепло- и газоснабжения, холодоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Изучение принципа действия, устройства, характеристик и особенностей применения нагнетателей является базой для успешного освоения остальных специальных дисциплин и основой успешной производственной деятельности.	2
Итого за :				2
Итого:				2

4.4. Содержание самостоятельной работы

Таблица 10

№ п/п	Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Кол-во часов
2				
1.	3	подготовка к ЛР /ПЗ	Подбор вентиляторов и насосов. Определение характеристик работы двух центробежных насосов, включённых параллельно Цель работы: приобретение навыков построения характеристик центробежных насосов, включённых параллельно. 4.1 Теоретические сведения При испытании центробежных насосов получают технические характеристики, по которым можно судить о его работе. К техническим характеристикам относятся зависимости, связывающие напор, полезную мощность,	100

			<p>затрачиваемую мощность и КПД с подачей насоса. Наглядное представление об этих зависимостях дает их графическая интерпретация.</p> <p>Цель работы: изучить методику проведения испытаний радиального вентилятора и методику обработки результатов этих испытаний, приобрести практические навыки построения индивидуальной аэродинамической характеристики вентилятора, закрепить теоретические знания по соответствующему разделу курс «Насосы и вентиляторы»</p> <p>Для анализа работы или подбора вентилятора необходимо знать взаимосвязь между его основными параметрами: 1) геометрическим размером D (диаметром рабочего колеса) 2) Производительностью (подачей) L, 3) полным давлением P, 4) мощностью N, 5) коэффициентом полезного действия η, 6) плотностью перемещаемого газа ρ, 7) частотой вращения рабочего колеса ω</p> <p>Производительностью вентилятора L называется объемное количество воздуха (газа), перемещаемого вентилятором в единицу времени. Измеряется L в $\text{м}^3/\text{ч}$ ($\text{м}^3/\text{с}$). Объемные расходы воздуха во всасывающем и нагнетательных отверстиях воздуховода, вследствие разной плотности воздуха до и после вентилятора, могут не совпадать между собой, поэтому производительность вентилятора принято устанавливать по расходу воздуха во всасывающем отверстии вентилятора.</p>	
2.	1,2,3	подготовка к зачёту	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое статическое, динамическое, полное давление? 2. Каковы по знаку (положительны, отрицательны) давления в воздуховодах на участках нагнетания? Всасывания? 3. Какие приборы требуются для измерения давления в воздуховодах? 4. Почему динамическое давление называют также скоростным? 5. Как выбрать сечение в воздуховоде для отбора давлений? 6. каким образом при отборе давлений следует располагать пневмометрические трубки в воздуховоде? 7. Сколько точек в сечении воздуховода следует взять для определения средних значений давлений? 8. Какие пневмометрические трубки и как следует присоединять к микроманометру, чтобы замерить $P_{ст}$, P_d, P_n в воздуховоде перед вентилятором? После вентилятора? 9. Как подготовить микроманометр ММН для производства замеров давлений? 10. Каким образом по показаниям шкалы микроманометра ММН определить истинные значения давлений? 11. В каких единицах измеряется давление в системе СИ, в технической системе? Указать связь между ними. 12. Как с помощью микроманометра определить расход воздуха в заданном сечении воздуховода? 13. Какими параметрами характеризуется работа вентилятора? 14. Что называется подачей (производительностью) вентилятора? 15. Как определить полное давление вентилятора? <p>И др.</p>	28
			Итого за :	128
			Итого:	128

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

1. Методические указания при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции для того, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут подняты в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т. е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т. п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

2. Методические указания при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме однотипная работа выполняется всеми обучающимися одновременно. При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчетности по данной работе.

3. Методические указания при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выработать определенные решения по обозначенной проблеме. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

4. Методические указания по самостоятельной работе

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т. д.;
- в методическом кабинете, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

6. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

Таблица 11

№ п/п	Автор(ы), наименование, место, год издания (если есть, указать «гриф»)	Книж- ный фонд (КФ) или электр он. ресурс (ЭР)	Литература	
			учебная	для самост. работы
1.	Демешкин В.П., Романенко Б.Р., Плужник А.В. <i>Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2020.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 99384</i>	ЭР	+	+
2.	Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах теплогазоснабжения и вентиляции; Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2021.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 115506	ЭР	+	+
3.	Энергоэффективная работа насосов и вентиляторов в системах теплоснабжения и вентиляции; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2015.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 68866	ЭР	+	
4.	Насосы и воздухоудовные станции: практикум / П. Г. Быкова, Ю. П. Дуданова, Самар. гос. техн. ун-т, Водоснабжение и водоотведение. - Самара: 2018. - 48 с https://elib.samgtu.ru/getbook?uid=els_samgtu elib 0J3QsNGB0L7RgXx80JHRi9C60L7QstCwfHw2MjEuNjUv0JEgOTUzLTE2NDk0M3x8LzlwMTgv0JHRi9C60L7QstCwL9Cd0LDRgdC-0YHRiy9kb2MucGRm	ЭР		+
5.	Насосы; Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2008.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 21613	ЭР		+
6.	Насосы и компрессоры. Часть 1; Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 63678	ЭР		+

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование. Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной информационной образовательной среды университета.

Программное обеспечение

Таблица 12

№ п/п	Название	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)	Правообладатель (производитель)	Страна происхождения (иностранное или отечественное)
1.	LibreOffice Writer	свободно распространяемое	The Document Foundation	иностранное
2.	LibreOffice Impress	свободно распространяемое	The Document Foundation	иностранное
3.	LibreOffice Calc	свободно распространяемое	The Document Foundation	иностранное
4.	Adobe Reader	свободно распространяемое	Adobe Systems Incorporated	иностранное
5.	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»	лицензионное	НПО «ВМИ»	отечественное
6.	Антивирус Касперского	лицензионное	Лаборатория Касперского	отечественное
7.	Яндекс.Браузер https://browser.yandex.com	свободно распространяемое	Яндекс	отечественное
8.	Архиватор 7-Zip	свободно распространяемое	7-zip.org	иностранное
9.	K-Lite Codec Pack https://codecguide.com	свободно распространяемое	CODEC GUIDE	иностранное

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

Таблица 13

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	Электронно-библиотечная система IPRbooks	Электронно-библиотечная система	http://www.iprbookshop.ru/
2	Электронно-библиотечная система СамГТУ	Электронная библиотека СамГТУ	https://elib.samgtu.ru/
3	eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека	http://www.elibrary.ru/

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия

Для лабораторных занятий используется аудитория, оснащенная установками.

Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ:

- методический кабинет (ауд. 9).

10. Фонд оценочных средств по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

по дисциплине

Б1.В.02.04 «Насосы, вентиляторы и компрессоры»

Код и направление подготовки (специальность)	08.03.01 Строительство
Направленность (профиль)	Теплогазоснабжение и вентиляция
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очно-заочная
Год начала подготовки	2021
Выпускающая кафедра	Строительство
Кафедра-разработчик	Строительство
Объем дисциплины, ч. / з.е.	144 / 4
Форма контроля (промежуточная аттестация)	зачет

1. Перечень компетенций, индикаторов достижения компетенций и признаков проявления компетенций (дескрипторов), которыми должен овладеть обучающийся в ходе освоения образовательной программы

Универсальные компетенции

Таблица 1

Наименование категории (группы) компетенций	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
не предусмотрены учебным планом				

Общепрофессиональные компетенции

Таблица 2

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
не предусмотрены учебным планом			

Профессиональные компетенции

Таблица 3

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-2	Способность осуществлять разработку проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	ИД-1 ПК-2 Выполняет расчеты для проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	З1 ПК-2.1 Знать: требования нормативно-технической документации и нормативных правовых актов по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха З2 ПК-2.1 Знать: виды и методики расчетов систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
ПК-3	Способность осуществлять разработку проектной документации систем газоснабжения (сетей газораспределения и газопотребления)	ИД-1 ПК-3 Выполняет расчеты для проектирования систем газоснабжения (сетей газораспределения и газопотребления)	В1 ПК-3.1 Владеть: методикой выполнения инженерно-технических расчетов системы газоснабжения
ПК-4	Способность к выполнению специальных расчетов для проектирования решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей	ИД-1 ПК-4 Выполняет гидравлические расчеты, расчеты тепловых схем с выбором оборудования для проектирования решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей	В4 ПК-4.1 Владеть: методикой оформления результатов гидравлических расчетов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей и составление пояснительной записки

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Таблица 4

Код и индикатор достижения компетенции	Оценочные средства				Промежуточная аттестация
	Раздел 1.	Раздел 2.	Раздел 3.	Раздел 4.	
	Классификация нагнетателей	Теоретические основы работы радиального нагнетателя. Уравнение Эйлера. Характеристики нагнетателей.	Работы нагнетателей в сети. Подбор нагнетателей. Факторы, влияющие на обоснованность выбора нагнетателей. Работы нагнетателей в сети. Подбор нагнетателей. Факторы, влияющие на обоснованность выбора нагнетателей.	Насосы и вентиляторы, применяемые в системах теплогазоснабжения и вентиляции	
Практические задания, лабораторные работы				зачет	

ИД-1 ПК-2	31 ПК-2.1 32 ПК-2.1	31 ПК-2.1 32 ПК-2.1	31 ПК-2.1 32 ПК-2.1	31 ПК-2.1 32 ПК-2.1	31 ПК-2.1 32 ПК-2.1
ИД-1 ПК-3	В1 ПК-3.1	В1 ПК-3.1	В1 ПК-3.1	В1 ПК-3.1	В1 ПК-3.1
ИД-1 ПК-4	В4 ПК-4.1	В4 ПК-4.1	В4 ПК-4.1	В4 ПК-4.1	В4 ПК-4.1

2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

2.1. Формы текущего контроля успеваемости

Пример лабораторной работы.

Экспериментальное определение характеристик радиального вентилятора

Цель работы: изучить методику проведения испытаний радиального вентилятора и методику обработки результатов этих испытаний, приобрести практические навыки построения индивидуальной аэродинамической характеристики вентилятора, закрепить теоретические знания по соответствующему разделу курса «Насосы и вентиляторы»

Для анализа работы или подбора вентилятора необходимо знать взаимосвязь между его основными параметрами: 1) геометрическим размером D (диаметром рабочего колеса) 2) Производительностью (подачей) L , 3) полным давлением P , 4) мощностью N , 5) коэффициентом полезного действия η , 6) плотностью перемещаемого газа ρ , 7) частотой вращения рабочего колеса ω

Производительностью вентилятора L называется объемное количество воздуха (газа), перемещаемого вентилятором в единицу времени. Измеряется L в м³/ч (м³/с). Объемные расходы воздуха во всасывающем и нагнетательных отверстиях воздуховода, вследствие разной плотности воздуха до и после вентилятора, могут не совпадать между собой, поэтому производительность вентилятора принято устанавливать по расходу воздуха во всасывающем отверстии вентилятора.

Давлением (полным) вентилятора P называется разность между полным давлением воздуха в нагнетательном и всасывающем отверстиях вентилятора. Давление измеряется в Па/кг м² или мм. вод.ст. Потребляемой вентилятором мощностью N (мощность на валу вентилятора) называют механическую работу, переданную от электродвигателя на вал вентилятора за единицу времени. Мощность вентилятора N измеряют в кВт и определяют по формуле: $N = \frac{L \cdot P}{1000 \cdot \eta}$

Полезная мощность вентилятора, т.е. полезная работа, произведенная в единицу времени, может быть вычислена $N_{пол} = \frac{LP}{1000}$

Коэффициентом полезного действия η вентилятора называется отношение полезной работы вентилятора к затраченной энергии, потребляемой за один и тот же промежуток времени $\eta = \frac{N_{пол}}{N}$

График зависимости между основными параметрами P - L , N - L , D - L при $(\rho, D, \omega) = \text{const}$ называется полной характеристикой вентилятора (рисунок 1)

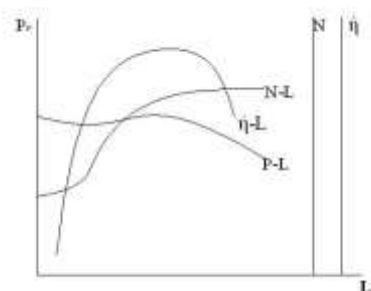


Рисунок 1. Полная характеристика радиального вентилятора

Каждый вентилятор имеет свою индивидуальную характеристику. При современном состоянии гидроаэродинамики получить расчетным путем взаимосвязь между основными параметрами нагнетателя чрезвычайно затруднительно, поэтому характеристики строят на основе результатов испытания одного размера. Пересчитывая по

законам подобия полученные экспериментально зависимости, можно построить характеристики и для других типоразмеров нагнетателей.

В практических условиях часто бывает достаточно установить зависимость между производительностью L и давлением P вентилятора при постоянной частоте вращения рабочего колеса (характеристика давления или аэродинамическая характеристика).

Перед выпуском с завода-изготовителя вентиляторы проходят аэродинамические испытания в соответствии с Гост 10921-74*. По результатам испытания строят аэродинамические характеристики для стандартных атмосферных условий. Все измеренные и рассчитанные величины заносим в протокол испытаний. После чего по максимальным значениям L и P принимаем масштаб графика для построения аэродинамической характеристики вентилятора. Наносим экспериментальные точки с координатами L и P для всех режимов испытаний. Аппроксимированная кривая, проведенная через эти точки, является рабочей характеристикой

радиального вентилятора (P-L). Полученную характеристику сравниваем со стандартной данного типоразмера вентилятора (из каталога)

Площадь воздуховода на нагнетательном и всасывающем патрубках принимаем равной $d=160\text{мм}$ $F=0.02\text{м}^2$, длина нагнетательного воздуховода $l=0.83\text{м}$, длина всасывающего $l=0.42\text{ м}$. На нагнетательном патрубке имеется одно местное сопротивление- отвод. Для отвода $\xi=0,21$, плотность воздуха $\rho=1,2$

$$z_{1\text{нагнет}} = \rho \frac{v^2}{2} \text{ Па} \quad z_2=0 \quad z_3 = \frac{0,21*6,19^2*1,2}{2} = 4,87 \text{ Па}$$

$$z_1 = \frac{0,21*8,79^2*1,2}{2} = 9,60 \text{ Па} \quad z_4 = \frac{0,21*8,2^2*1,2}{2} = 8,47 \text{ Па}$$

$$z_5 = \frac{0,21*4,05^2*1,2}{2} = 2,07 \text{ Па}$$

Производительность вентилятора $L\text{ м}^3/\text{ч}$ определяется как средняя величина между расходами воздуха со всасывающими L_1 и нагнетательным L_2 воздуховодах $L = \frac{L_1+L_2}{2}\text{ м}^3/\text{ч}$

$$L_1 = \frac{628,56+612}{2} = 620,28\text{ м}^3/\text{ч} \quad L_2 = 0$$

$$L_3 = \frac{445,68+446,4}{2} = 446,04\text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_4 = \frac{590,4+603,36}{2} = 596,88\text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_5 = \frac{291,6+259,2}{2} = 275,4\text{ м}^3/\text{ч}$$

Полное давление вентилятора P , Па, определяем как разность полных давлений потока за вентилятором P_{n2} , с учетом потерь давления в воздуховоде на участках l_1 и l_2

$$P = |P_{n1}| + |P_{n2}| + ((R_{l1}+R_{l2})+Z), \text{ Па}$$

$$P_1 = 231,04+102+(6,12+2,93)+9,60=342,64 \text{ Па}$$

$$P_2 = 713,924 \text{ Па}$$

$$P_3 = 133,37+336,56+(3,07+1,57)+4,87=479,44 \text{ Па}$$

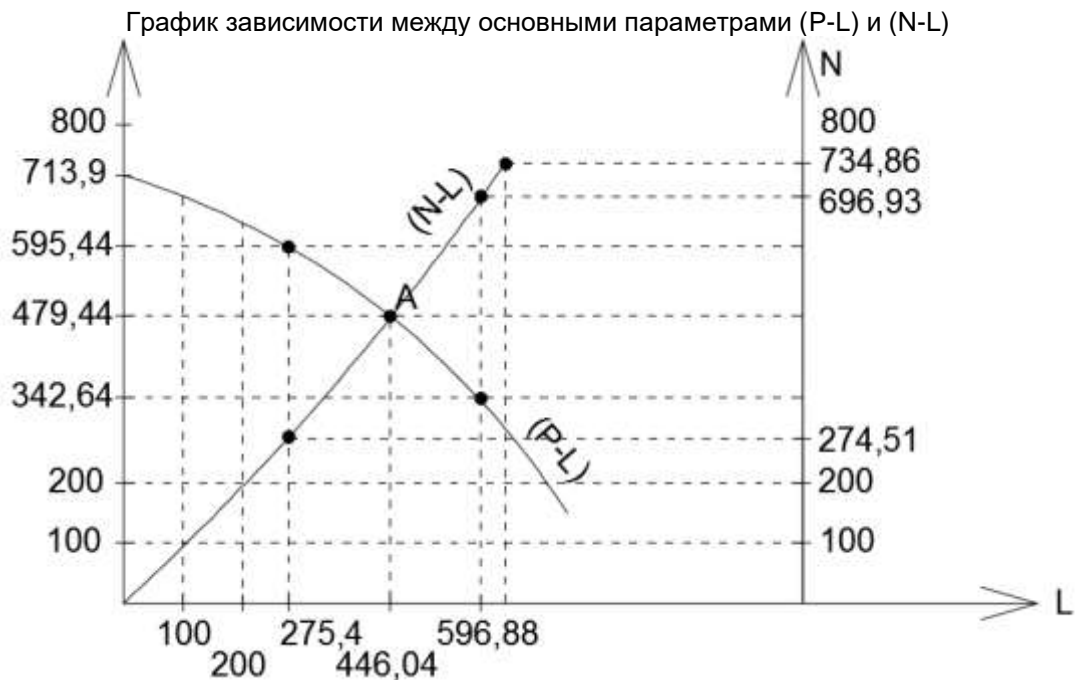
$$P_4 = 204,76+157,69+(5,4+2,85)+8,47=379,77 \text{ Па}$$

$$P_5 = 54,92+536,62+(1,31+0,52)+2,07=595,44 \text{ Па}$$

Итоговая таблица 1.

№ режима	Среднее значение давления, Па						Расход воздуха, м ³ /ч	Скорость воздуха м/с	Удельные потери давления		Потери давления, Па $R_{l1}+R_{l2}$	Полное давление вентилятора P , Па	Производительность вентилятора L , м ³ /ч	Полезная мощность вентилятора N , кВт		
	Сечение 1(нагнетательное)			Сечение 2(всасывающее)					Па/м							
	P_c	P_n	P_d	P_c	P_n	P_d			R_1	R_2						
1(полностью открыт)	55,70	102	46,09	274,59	231,04	43,49	628,56	612	8,73	8,49	7,38	6,96	9,04	5342,64	620,28	734,86
2(полностью закрыт)	713,924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3(открыт на 45%)	310,67	336,56	23,14	156,9	133,37	23,34	445,68	446,4	6,22	6,19	3,7	3,73	4,64	479,44	446,04	492,82
4(открыт на 75%)	116,895	157,69	40,6	247,13	204,76	42,36	590,4	603,36	8,2	8,38	6,5	6,78	8,25	379,17	596,88	696,93

5 (открыт на 25%)	525,64	536,62	9,88	62,76	54,92	7,7	291,6	259,2	4,05	3,58	1,58	1,23	1,83	593,44	275,4	274,51
-------------------	--------	--------	------	-------	-------	-----	-------	-------	------	------	------	------	------	--------	-------	--------



Типовые задачи

Пример 1.

Определить тип радиального вентилятора, имеющего при стандартных условиях следующие характеристики:

производительность – $Q = 1300 \text{ м}^3/\text{ч}$;

полное давление – $P_V = 620 \text{ Па}$;

диаметр рабочего колеса – $D = 0,25 \text{ м}$;

частота вращения колеса – $n = 2750 \text{ об/мин}$.

Решение.

Тип вентилятора определяется по величинам коэффициента полного давления и быстроходности.

Коэффициент полного давления вентилятора

$$\psi = \frac{2 \cdot P_V}{\rho \cdot u^2};$$

$$u = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 0,25 \cdot 2750}{60} = 36,00 \text{ м/с} - \text{окружная скорость рабочего колеса};$$

$$\psi = \frac{2 \cdot 620}{1,2 \cdot 36^2} = 0,797.$$

Быстроходность вентилятора

$$n_y = \frac{Q^{1/2} \cdot n}{(P_V / 9,8)^{3/4}},$$

$Q = 1300/3600 = 0,3611 \text{ м}^3/\text{с}$ – производительность вентилятора;

$$n_y = \frac{0,3611^{1/2} \cdot 2750}{(620/9,8)^{3/4}} = 73,67;$$

$$n_y = 74.$$

Стократная величина коэффициента полного давления на режиме

максимального полного КПД – $100 \cdot \Psi = 100 \cdot 0,797 = 80$.

Ответ: По каталогу вентиляторов определяем, что поставленным условиям более всего удовлетворяет радиальный вентилятор ВР-86-77.

Пример 2.

Радиальный вентилятор при стандартных условиях имеет следующие характеристики:

производительность – $Q = 3,611 \text{ м}^3/\text{с}$;

полное давление – $P_V = 1200 \text{ Па}$;

диаметр рабочего колеса – $D = 0,63 \text{ м}$;

частота вращения колеса – $n = 1435 \text{ об/мин}$;

полный КПД вентилятора – $\eta = 0,835$.

Определить аэродинамические параметры вентилятора при температуре перемещаемого воздуха $t' = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Решение.

Пересчет аэродинамических характеристик вентилятора на плотность перемещаемого воздуха ρ' проводится по зависимостям (3.19) – (3.26):

полное давление

$$P'_V = P_V \cdot \left(\frac{\rho'}{\rho} \right), \text{ Па};$$

$$\rho' = \frac{353}{273 + t'} = \frac{353}{273 + 100} \text{ кг/м}^3 - \text{плотность перемещаемого воздуха при температуре } t';$$

$$P'_V = 1200 \cdot \left(\frac{0,946}{1,2} \right) \text{ Па};$$

производительность

$$Q' = Q = 3,611 \text{ м}^3/\text{с};$$

полный КПД

$$\eta' = \eta = 0,835;$$

мощность, потребляемая вентилятором

$$N' = N \cdot \left(\frac{\rho'}{\rho} \right) \text{ кВт};$$

где N – мощность, потребляемая вентилятором при стандартных условиях, кВт;

$$N = \frac{N_V}{\eta}, \text{ кВт};$$

$N_V = P_V \cdot Q \cdot 10^{-3} = 1200 \cdot 3,611 \cdot 10^{-3} = 4,333$, кВт – полезная мощность вентилятора при стандартных условиях;

$$N = \frac{N_V}{\eta} = \frac{4,333}{0,835} = 5,19 \text{ кВт};$$

$$N' = 5,19 \cdot \left(\frac{0,946}{1,2} \right) = 4,09 \text{ кВт};$$

$$\text{или } N' = \frac{P'_V \cdot Q'}{1000 \cdot \eta'} = \frac{946 \cdot 3,611}{1000 \cdot 0,835} = 4,09 \text{ кВт}.$$

Практическое занятие №1

Задача 1.1.

Центробежный насос подает 100 м³/час воды. Манометр на нагнетательном патрубке показывает P_н=1,6 ат, а вакууметр на всасывающем патрубке P_в=200 мм рт. столба, расстояние между манометром и точкой присоединения вакууметра 1,0 м. Диаметр нагнетательного патрубка 100 мм, всасывающего 150 мм, коэффициент полезного действия насоса η_н=0,62. Определить мощность на валу центробежного насоса.

Решение.

Согласно уравнению Бернулли для нагнетателя напор насоса равен разности полных напоров потока при выходе из насоса и при входе в него:

$$H_n = z_n + \frac{v_n^2}{2g} + \frac{P_n}{\rho g} - z_{вс} - \frac{v_{вс}^2}{2g} - \frac{P_{вс}}{\rho g}$$

где z_n — произвольного уровня, м, $z_{вс}$ — произвольного уровня, м, P_n — статическое давление на нагнетательной и всасывающей стороне насоса, Па, $P_{вс}$ — статическое давление на нагнетательной и всасывающей стороне насоса, Па, ρ — плотность воды, примерно равна 1000 кг/м³, v_n — скорость воды в нагнетательном и всасывающем патрубке, м/с, расстояние от манометра до вакуумметра, м, P_n и $P_{вс}$ — пьезометрические напоры на нагнетательном и всасывающем патрубке до некоторого уровня, м.

При расположении насоса так, что приемное отверстие сообщается с атмосферой, во всасывающем отверстии возникает вакуум, в этом случае:

$$H = M + V + h + \frac{v_n^2}{2g} - \frac{v_{вс}^2}{2g}$$

где M и V — показания манометра и вакуумметра, установленных в выходном и входном сечениях насоса,

h_0 — разность уровней установки манометра и вакуумметра, м.

$$M = 1,6 \text{ ат} \approx 1,6 \cdot 0,98 \text{ бар} = 1,6 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па} = 156800 \text{ Па} = 16 \text{ м в. ст}$$

$$V = 200 \text{ мм рт ст} = 200 \cdot 133,32 \text{ Па} = 26664 \text{ Па} = 2,72 \text{ м в. ст.}$$

Скорость во всасывающем и нагнетательном патрубке определяется из уравнения неразрывности:

$$v = \frac{L}{3600 \cdot n \cdot D^2/4}$$

Скорость в нагнетательном патрубке: 100

$$v_n = \frac{100}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2/4} = 3,54 \text{ м/с.}$$

Скорость в всасывающем патрубке:

$$v_{вс} = \frac{100}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2/4} = 1,57 \text{ м/с.}$$

$$H = 16 + 2,72 + 1,0 + \frac{3,54^2 - 1,57^2}{2 \cdot 9,8} = 20,2 \text{ м}$$

Таким образом напор насоса равен
Мощность на валу насоса:

$$N = \frac{L-H-p-g}{n} = \frac{WO^{20} \cdot 2.9 \cdot 8 \cdot 1000}{0,62 - 3600} = 8869$$

Задача 1.2.

Определить теоретическое давление, развиваемое центробежным нагнетателем при перемещении воздуха при температуре 12⁰С, если внутренний диаметр рабочего колеса D₁=300 мм, абсолютная скорость при входе c₁=4,5 м/с, угол между окружной и абсолютной скоростью при входе a = 60⁰, наружный диаметр рабочего колеса D₂=500 мм, абсолютная скорость при выходе c₂=20,5 м/с, угол между окружной и абсолютной скоростью при выходе a₂ = 45⁰, угловая скорость вращения a = 60 с⁻¹.

Решение.

Плотность воздуха при температуре 12⁰С составляет:

$$\rho = \frac{353}{273 + 12} = \frac{353}{273 + 12} = 1,238 \text{ кг / м}^3.$$

Окружная скорость, направленная по касательной к данной точке окружности, определяется по формуле:

$$u = R \cdot a = \frac{D}{2} \cdot a,$$

где

a - угловая скорость вращения, с⁻¹,

D - диаметр рабочего колеса, м,
соответственно:

$$u_1 = \frac{D_1}{2} \cdot a = \frac{300}{2} \cdot 60 = 9 \text{ м/с},$$

$$u_2 = \frac{D_2}{2} \cdot a = \frac{500}{2} \cdot 60 = 15 \text{ м/с}.$$

Теоретическое давление, создаваемое вентилятором согласно уравнению Эйлера: P_m = P_e
(u₂c₂cos a₂ - u₁c₁cos a₁) = 1,238(15 · 20,5 · cos 45⁰ - 9 · 4,5 · cos 60⁰) = 244,1 Па.

Задача 1.3.

Определить действительное давление, развиваемое центробежным нагнетателем при перемещении воздуха с плотностью ρ = 1,15 кг / м³, если наружный диаметр рабочего колеса D₂=500 мм, число оборотов вращения n = 1450 мин⁻¹, коэффициент давления у=0,85.

Решение.

Действительное давление, Па, развиваемое вентилятором, можно выразить через коэффициент давления у, равный произведению коэффициента полезного действия с вентилятора на коэффициент закручивания потока φ₂ = —, u₂
где c_u - проекция абсолютной скорости на направление окружной скорости или скорость закручивания, м/с,

$$P = P_e \cdot \eta \cdot \phi_2.$$

$$u = \frac{nD}{60},$$

где

n - число оборотов вращения, мин⁻¹,
 D - диаметр рабочего колеса, м,

$$u_2 = \frac{2}{60} \frac{3,14 \cdot 0,5}{1450} = 37,9$$

Окружная скорость на выходе из рабочего колеса:

Действительное давление, развиваемое вентилятором:

$$P = p_0 \cdot \gamma \cdot u^2 = 1,15 \cdot 0,85 \cdot 37,9^2 = 1404,1 \text{ Па.}$$

Задача 1.4.

Определить удельное число оборотов (быстроходность) вентилятора, если при расходе воздуха $L=2500$ м³/час он развивает давление $P=500$ Па, число оборотов рабочего колеса $n=1450$ об/мин.

Решение.

Коэффициент быстроходности вентилятора определяется по формуле:

$$n_s = 5,5n$$

где L - расход воздуха, м³/с,

P - давление, Па,

n - число оборотов рабочего колеса, об/мин.

$$\text{Подставляя значения, получим: } n_s = 5,5 \cdot \frac{L/2500/3600}{(500)^4} = 62,8.$$

Задача 1.5.

Вентилятор с рабочим колесом $D_{ном}$, работая на какую то сеть воздуховодов с частотой вращения рабочего колеса $n_1=850$ об/мин, обеспечивает при расходе $L_1=5000$ м³/час полное давление $P_1=400$ Па, потребляемая мощность $N_1=0,653$ кВт. Какой будет расход воздуха L_2 и полное давление P_2 , если а) частота вращения рабочего колеса возрастет до $n_2=1450$ об/мин;

б) в сети будет работать вентилятор того же типа, но с колесом $1,05 D_{ном}$ и с частотой вращения $n_2=1450$ об/мин.

В соответствии с условиями гидродинамического подобия формула для пересчета подачи вентилятора при изменении диаметра и числа оборотов рабочего колеса имеет вид:

$$\frac{L}{L_2} = \left(\frac{D}{D_2} \right)^3 \frac{n}{n_2}$$

где u_2, n_2 - окружная скорость соответственно для измененного числа оборотов первоначального числа оборотов, определяемая по формуле:

$$u = \frac{nDn}{60},$$

где

n - число оборотов вращения, мин^{-1} ,

D', D - измененный и первоначальный диаметр рабочего колеса, м.

Формула для определения давления вентилятора при изменении числа оборотов и диаметра рабочего колеса:

$$P = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

Эта формула для пересчета мощности:

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

$$N \sim P L$$

При подстановке в формулы выражения для окружной скорости получим:

$$L_2 = L_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

Решение.

При увеличении частоты вращения рабочего колеса подача вентилятора составит:

$$L_2 = L_1 \frac{n_2^2}{n_1^2} = 5000 \frac{1450^2}{850^2} = 8529,4 \text{ м}^3/\text{час}$$

давление:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = 400 \left(\frac{1450}{850} \right)^2 = 1164 \text{ Па}$$

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 = 0,653 \left(\frac{1450}{850} \right)^3 = 3,24 \text{ кВт}$$

При одновременном изменении числа оборотов и рабочего колеса подача составит:

$$L_2 = L_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 = (1,05)^2 \frac{1450^2}{850^2} = 5000,1975 = 9873,9 \text{ м}^3/\text{час}$$

давление:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 = 400 \left(\frac{1,05 \cdot 1450}{1 \cdot 850} \right)^2 = 1283,3 \text{ Па}$$

потребляемая мощность:

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3 = 0,653 \left(\frac{1,05 \cdot 1450}{850} \right)^3 = 4,34 \text{ кВт}$$

Задача 1.6.

Рабочее колесо центробежного вентилятора имеет внутренний и наружный диаметр соответственно $D_1=250$ мм, $D_2=350$ мм. Определить при какой частоте вращения вала рабочее колесо будет создавать теоретическое давление $P_1=800$ Па, если относительные скорости на входе и выходе колеса, равные соответственно $w_1=12$ м/с, $w_2=18$ м/с, составляют с окружными скоростями углы $\beta_1=120^\circ$, $\beta_2=60^\circ$. Плотность воздуха при стандартных условиях $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Решение.

Теоретическое давление, Па, создаваемое вентилятором согласно уравнению Эйлера:

$$P_T = \rho (u_2 c_{2u} \cos \alpha_2 - u_1 c_{1u} \cos \alpha_1) = \rho (u_2 c_{2u} - u_1 c_{1u}),$$

где c_{1u} , c_{2u} - проекция абсолютной скорости на направление окружной скорости на входе и выходе рабочего колеса.

Из треугольника скоростей:

$$c_{2u} = u_2 - w_2 \cos \beta_2,$$

$c_{1u} = u_1 + w_1 \cos(180^\circ - \beta_1)$ — Д), где u_1 , u_2 - окружная скорость соответственно на входе и выходе из рабочего колеса, м/с,

$$u = \frac{nDn}{60},$$

определяемая по формуле:

n — число оборотов вращения, мин^{-1} , D — диаметр рабочего колеса, м,

w_1, w_2 — относительная скорость соответственно на входе и выходе из рабочего колеса, м/с,

φ_1, φ_2 — угол между продолжением окружной скорости и относительной скоростью, °. После подстановки имеем:

$$P = n^2 \left(\frac{D_2^2}{2} - D \right) - n \left(D_2 w_2 \cos \varphi_2 + D w_1 \cos (180 - \varphi_1) \right)$$

Подставляя значения известных величин получим квадратное уравнение:

$$(-60)^2 (0,35^2 - 0,25^2) n^2 - 60 \cdot (0,35 \cdot 18 \cdot \cos 60 + 0,25 \cdot 12 \cdot \cos(180 - 120)) n - \frac{800}{60} = 0$$

Из решения квадратного уравнения:

$$n = \frac{1,64 \cdot 10^{-4} n^2 - 0,243n - 666,7 = 0}{2 \cdot 1,64 \cdot 10^{-4}} = 2889 \text{ об/мин}$$

2.2. Формы промежуточной аттестации

Вопросы к зачету:

1. Что такое статическое, динамическое, полное давление?
2. Каковы по знаку (положительны, отрицательны) давления в воздуховодах на участках нагнетания? Всасывания?
3. Какие приборы требуются для измерения давления в воздуховодах?
4. Почему динамическое давление называют также скоростным?
5. Как выбрать сечение в воздуховоде для отбора давлений?
6. каким образом при отборе давлений следует располагать пневмометрические трубки в воздуховоде?
7. Сколько точек в сечении воздуховода следует взять для определения средних значений давлений?
8. Какие пневмометрические трубки и как следует присоединять к микроманометру, чтобы замерить $P_{ст}$, P_d , P_n в воздуховоде перед вентилятором? После вентилятора?
9. Как подготовить микроманометр ММН для производства замеров давлений?
10. Каким образом по показаниям шкалы микроманометра ММН определить истинные значения давлений?
11. В каких единицах измеряется давление в системе СИ, в технической системе? Указать связь между ними.
12. Как с помощью микроманометра определить расход воздуха в заданном сечении воздуховода?
13. Какими параметрами характеризуется работа вентилятора?
14. Что называется подачей (производительностью) вентилятора?
15. Как определить полное давление вентилятора?
16. Что представляет собой аэродинамическая характеристика вентилятора?
17. Что называется потребляемой мощностью вентилятора и полезной? Какая между ними взаимосвязь?
18. Как определяется коэффициент полезного действия?
19. Что представляет собой полная характеристика вентилятора?
20. Как изменятся L , P , N при увеличении частоты вращения рабочего колеса?
21. Как изменится характеристика $P-L$ при увеличении частоты вращения рабочего колеса вентилятора?
22. Что называется сетью?
23. Напишите уравнение характеристики сети.
24. Что представляет собой характеристика простейшей вентиляционной сети?
25. Как изменяется характеристика сети, если шибер на нагнетательной линии прикрыть? Или открыть?
26. Как определить рабочую точку вентилятора при его работе в сети?
27. Как изменятся потери давления в сети при уменьшении (увеличении) расхода среды через неё?
28. Что называется совместной параллельной работой вентиляторов?
29. В каких случаях применяется параллельная работа вентиляторов?
30. Как строится суммарная характеристика параллельно работающих вентиляторов?

31. Как определить по характеристикам общую производительность и давление, развиваемое вентиляторами, совместно работающими в единую сеть?
32. Как определить по характеристикам общую производительность и давление каждого вентилятора параллельно работавшего на единую сеть?
33. Как изменится производительность и давление работавшего вентилятора, если второй, установленный параллельно, выключить из работы?
34. Что называется совместной последовательной работой вентиляторов?
35. В каких случаях применяется совместная последовательная работа вентиляторов?
36. Как строится суммарная характеристика последовательно работающих вентиляторов?
37. Как определить по характеристикам общую производительность и давление вентиляторов, совместно работающих в единую сеть?
38. Как изменится производительность и давление вентилятора, если совместно работающий второй отключить?

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

3.1. Характеристика процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Таблица 5

№ п/п	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений, обучающихся
1.	Задачи для решения на практических занятиях	систематически на практических занятиях / устно	экспертный	По пятибалльной шкале	рабочая книжка преподавателя
2.	Защита отчёта по лабораторным работам	систематически на лабораторных занятиях / устно	экспертный	По пятибалльной шкале	рабочая книжка преподавателя
3.	Промежуточная аттестация – вопросы к зачету	по окончании изучения дисциплины/ устно и письменно	экспертный	По пятибалльной шкале	Зачетная ведомость, зачетная книжка

3.2. Критерии и шкала оценивания результатов изучения дисциплины во время занятий (текущий контроль успеваемости)

Критерии оценивания задач для решения на практических занятиях

Таблица 6

Шкала оценивания	Критерии оценки	Кол-во баллов
«Отлично»	выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.	(31-50) баллов
«Хорошо»	выставляется студенту, если он по существу излагает материал, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Знает наиболее важные закономерности	(16-30) баллов
«Удовлетворительно»	выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Знает перечень наиболее важных категорий, основные направления взаимодействия указанных категорий. Умеет определять смысл. Владеет основными методами способами и средствами получения, хранения, переработки информации.	(1-15) баллов
«Неудовлетворительно»	выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на практикоориентированные вопросы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	(0) баллов

Критерии оценивания защиты отчёта по лабораторным работам

Таблица 7

Шкала оценивания	Критерии оценки	Кол-во баллов
«Отлично»	ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей. Отвечает на все поставленные вопросы	(31-50) баллов
«Хорошо»	ставится, если выполнены требования к оценке «отлично», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта	(16-30) баллов
«Удовлетворительно»	ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки. Затрудняется дать ответы на поставленные вопросы	(1-15) баллов
«Неудовлетворительно»	ставится, если работа выполнена не полностью	(0) баллов

Общие критерии и шкала оценивания результатов для допуска к промежуточной аттестации

Таблица 9

Наименование оценочного средства		Балльная шкала
1.	Задачи для решения на практических занятиях	0-50 баллов
2.	Защита отчёта по лабораторным работам	0-50 баллов
Итого:		100 баллов

Максимальное количество баллов за семестр – 100. Обучающийся допускается к экзамену при условии 51 и более набранных за семестр баллов.

3.3. Критерии и шкала оценивания результатов изучения дисциплины на промежуточной аттестации

Основанием для определения оценки на экзаменах служит уровень освоения обучающимися материала и формирования компетенций, предусмотренных программой учебной дисциплины.

Успеваемость на **зачете** определяется оценками: «зачтено», «не зачтено».

Оценку «зачтено» получает обучающийся, освоивший компетенции дисциплины на всех этапах их формирования **на 51-100 %**, показавший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные рабочей программой, усвоивший основную и ознакомленный с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, освоивший компетенции дисциплины на всех этапах их формирования менее чем **на 51%**, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных рабочей программой заданий.

Шкала оценивания результатов

Таблица 10

Процентная шкала (при ее использовании)	Оценка в системе: «зачтено - не зачтено»
0-50%	Не зачтено
51-100%	Зачтено

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала ФГБОУ ВО «СамГТУ»
в г. Белебее Республики Башкортостан

_____ Л.М. Инаходова
« ____ » _____ 20__ г.

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины (модуля)

Б1.В.02.04 «Насосы, вентиляторы и компрессоры»

по направлению подготовки (специальности) 08.03.01 «Строительство» по направленности (профилю) подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция»

на 20__/20__ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1)
- 2)

Разработчик дополнений и изменений:

_____ (должность, степень, ученое звание) _____ (подпись) _____ (ФИО)

Дополнения и изменения рассмотрены и одобрены на заседании кафедры « ____ » _____ 20__ г., протокол № ____.

Заведующий кафедрой _____ (степень, звание, подпись) _____ (ФИО)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Б1.В.02.04 «Насосы, вентиляторы и компрессоры»

Код и направление подготовки (специальность)	<u>08.03.01 Строительство</u>
Направленность (профиль)	<u>Теплогазоснабжение и вентиляция</u>
Квалификация	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>очно-заочная</u>
Год начала подготовки	<u>2021</u>
Выпускающая кафедра	<u>Строительство</u>
Кафедра-разработчик	<u>Строительство</u>
Объем дисциплины, ч. / з.е.	<u>144 / 4</u>
Форма контроля (промежуточная аттестация)	<u>зачет</u>

	Час. / з.е.	Лек. зан., час.	Лаб. зан., час.	Практич. зан., час.	КСР	СРС	Контроль	Форма контроля
4	144 / 4	4	2	2	4	128	4	зачет
Итого	144 / 4	4	2	2	4	128	4	зачет

Универсальные компетенции:	
не предусмотрены учебным планом	
Общепрофессиональные компетенции:	
не предусмотрены учебным планом	
Профессиональные компетенции:	
ПК-2	Способность осуществлять разработку проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
ИД-1 ПК-2	Выполняет расчеты для проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
ПК-3	Способность осуществлять разработку проектной документации систем газоснабжения (сетей газораспределения и газопотребления)
ИД-1 ПК-3	Выполняет расчеты для проектирования систем газоснабжения (сетей газораспределения и газопотребления)
ПК-4	Способность к выполнению специальных расчетов для проектирования решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей
ИД-1 ПК-4	Выполняет гидравлические расчеты, расчеты тепловых схем с выбором оборудования для проектирования решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с насосами, вентиляторами и компрессорами.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные занятия, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме задач для решения на практических занятиях, защиты отчёта по лабораторным работам и промежуточный контроль в форме: зачет.