



## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

- формирование у обучающихся уровня знаний и умений, необходимых для успешного осуществления научной и производственной деятельности в области проектирования и эксплуатации энергетического оборудования;
- научить обучающихся самостоятельно осуществлять подбор насосов, компрессоров, вентиляторов, а также рационально эксплуатировать оборудование станций и вентиляторов.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

- обеспечение общей и профессиональной подготовленности, определяющей готовность студента к будущей профессии.
- обобщение знаний по основным направлениям совершенствования технологий проектирования и эксплуатации энергетического оборудования;
- приобретение необходимых знаний для принятия обоснованных проектно-конструкторских и технологических решений по выбору состава, оптимальных параметров и организации процессов жизненного цикла энергетического оборудования;
- получение и формирование навыков решения прикладных задач в профессиональной области, а также самостоятельно приобретать и применять полученные знания;
- ознакомление с методами сравнительного анализа вариантов конструктивного исполнения энергетического оборудования с целью правильного принятия и обоснования конкретных технических решений при его проектировании и производстве.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Насосы, компрессоры и вентиляторы» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Насосы, компрессоры и вентиляторы» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен организовывать и совершенствовать производственно-технологические процессы строительно-монтажных работ в сфере теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения

ПК-7 - Способен осуществлять и контролировать проведение расчётного обоснования технических решений систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ПК-1	Знать эксплуатационные требования к энергетическому оборудованию
	Уметь использовать нормативные требования по организации монтажа энергетического оборудования
	Владеть современными технологиями и рекомендациями, обеспечивающими снижение трудоемкости и энергоемкости монтажа энергетического оборудования
ПК-7	Знать нормативную базу проведения расчётов систем теплогасоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения
	Уметь осуществлять подбор насосного, вентиляционного и компрессорного оборудования систем теплогасоснабжения, вентиляции
	Владеть навыком подбора оборудования для насосных и компрессорных станций, вентиляторов

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Насосы, компрессоры и вентиляторы» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36			
В том числе:					
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ), в том числе в форме практической подготовки ( <i>при наличии</i> )	18	18			
Лабораторные работы (ЛР), в том числе в форме практической подготовки ( <i>при наличии</i> )	-	-			
<b>Самостоятельная работа</b>	72	72			
Курсовой проект (работа) (есть, нет)	Нет	Нет			
Контрольная работа (есть, нет)	Нет	Нет			
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	зачет	зачет			
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Общие сведения по машинам для подачи жидкостей и газов	<p>- Краткий исторический обзор развития насосо- и вентиляторостроения. Применение насосов и вентиляторов в теплогазоснабжении и вентиляции. Понятие о гидравлических системах.</p> <p>- Классификация. Области применения (Определения и классификация. Динамические машины. Объемные машины. Струйные насосы и пневматические подъемники для жидкостей. Подача и напор объемных и динамических машин. Области использования различных машин).</p> <p>- Основные положения и определения (Параметры машин, подающих жидкости и газы. Мощность и КПД. Совместная работа насоса и трубопроводной системы).</p>	2	2	8	12
2	Центробежные насосы и вентиляторы. Основы теории	<p>Способ действия. Уравнение Эйлера. Теоретический и действительный напоры, развешаемые рабочим колесом. Уравнения энергии потока в рабочем колесе машины. Влияние угла установки лопатки на выходе из крыльчатки на напор, развиваемый центробежной машиной. Течение в межлопастных каналах. Основные размеры рабочего колеса. Подводы и отводы. Мощность и КПД. Многоступенчатые и многопоточные центробежные машины. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Действительные характеристики при постоянной частоте вращения. Подобие центробежных машин. Коэффициент быстроходности. Формулы пропорциональности. Пересчет характеристик при изменении частоты вращения машины и вязкости среды. Безразмерные и универсальные характеристики. Испытания насосов. Регулирование подачи. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования. Сводные графики. Параллельное и последовательное соединения центробежных насосов. Неустойчивость работы. Помпаж</p>	2	2	8	12
3	Центробежные насосы	<p>Формы рабочих колес насосов различной быстроходности. Коэффициенты полезного действия центробежных, насосов. Упрощенный способ расчета рабочего колеса насоса малой быстроходности. Кавитация. Допустимая высота всасывания. Типы характеристик. Основные части конструкций центробежных насосов. Применяемые материалы. Конструкции центробежных насосов. Влияние температуры жидкости на конструкцию центробежных насосов. Особые конструкции агрегатов с центробежными насосами. Насосное оборудование тепловых электрических станций и тепловых сетей. Насосное оборудование атомных электрических станций. Выбор насосов по заданным рабочим параметрам. Приводные</p>	2	2	8	12

		двигатели. Устройство и эксплуатация насосных установок				
4	Центробежные вентиляторы	Основные понятия. Применение. Давление, развиваемое вентилятором. Влияние самотяги. Коэффициент полного давления. Подача, мощность, КПД вентилятора. Выбор вентилятора по заданным параметрам. Характеристики. Регулирование центробежных вентиляторов. Конструктивное выполнение центробежных вентиляторов общего назначения. Тягодутьевые вентиляторы тепловых электрических станций. Вентиляторные установки. Влияние механических примесей в газе на работу вентилятора.	2	2	8	12
5	Осевые насосы и вентиляторы	- Основы теории (Решетка профилей. Основные уравнения. Напор, потери энергии, КПД. Многоступенчатые осевые насосы и вентиляторы. Особенности условий работы длинных лопастей. Расчет осевых насосов и вентиляторов. Характеристики. Регулирование подачи). - Конструкции осевых насосов и вентиляторов (Осевые насосы. Осевые вентиляторы).	2	2	8	12
6	Объемные поршневые и роторные насосы, нагнетатели	- Поршневые насосы (Способ действия. Индикаторная диаграмма. Подача поршневых насосов. Неравномерность всасывания и подачи. Мощность и КПД. Характеристики. Регулирование подачи. Совместная работа поршневого насоса и трубопровода. Допустимая высота всасывания. Конструкции поршневых насосов. Испытание поршневых насосов и определение неисправностей в работе). - Роторные насосы (Основные конструктивные типы. Неравномерность подачи. Мощность и КПД. Характеристики. Регулирование подачи. Области применения. Конструкции). - Виды объемных нагнетателей. Поршневые нагнетатели. Принцип действия. Классификация. Область применения. Конструктивные особенности. Характеристики. Определение подачи машин одно - и двукратного действия. Регулирование подачи, подбор. Компрессоры. Процессы сжатия и расширения газа в компрессоре. Управление подачей поршневых нагнетателей, сглаживание пульсации подачи.	2	2	8	12
7	Компрессорные нагнетатели.	- Основы теории (Основные понятия. Типы компрессоров. Термодинамика компрессорного процесса. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение. Ступенчатое сжатие. Количество ступеней. Промежуточное давление. Характеристики лопастных компрессоров. Пересчет характеристик. Особенности регулирования лопастных компрессоров). - Центробежные компрессоры (Ступень центробежного компрессора. Мощность центробежного компрессора. Приближенный расчет ступени. Конструкции центробежных компрессоров). - Осевые компрессоры (Ступень осевого компрессора. Конструктивные формы осевых компрессоров. Метод расчета основных размеров ступени. Примеры конструкций). - Поршневые компрессоры (Индикаторная диаграмма. Процессы сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре. Мощность и КПД. Мертвое пространство. Подача.	2	2	8	12

		<p>Многоступенчатое сжатие. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров. Действительная индикаторная диаграмма. Подача и давление поршневого компрессора, работающего не трубопровод. Регулирование подачи. Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора. Экономичность работы компрессора. Расчет основных размеров ступеней компрессора).</p> <p>- Роторные компрессоры (Способ действия. Подача. Мощность и КПД. Регулирование подачи роторных компрессоров. Конструкции роторных компрессоров)</p>				
8	Нагнетатели специальных типов	<p>- Вихревые насосы (Способ действия вихревого насоса. Основы теории. Действительные характеристики. Уравновешивание сил, действующих на колесо. Центробежно -вихревой насос. Область применения. Регулирование)</p> <p>- Водокольцевые вакуумные насосы (Способ действия. Вакуум. Подача. Мощность)</p> <p>- Струйные насосы (Способ действия. Основные понятия. Характеристика. Основные размеры)</p> <p>- Струйные нагнетатели (Теоретические основы работы. Классификация. Конструктивные особенности нагнетателей, применяемых в теплогазоснабжении и вентиляции. Характеристика струйного нагнетателя).</p>	2	2	8	12
9	Управление работой нагнетателей. Особенности эксплуатации нагнетателей. Выбор нагнетателей. Выбор привода	<p>- Способы воздействия на сеть, способы воздействия на нагнетатели, их технико - экономическое сравнение. Изменения числа оборотов, применение направляющих аппаратов и винтов регулируемого шага. Способы реализации этих методов.</p> <p>- Пусковая мощность электропривода. Правила пуска осевых, центробежных нагнетателей и компрессоров. Способы пуска. Особенности включения в работу насосов. Техника безопасности и охрана труда при эксплуатации нагнетателей.</p> <p>- Технические и экономические требования, предъявляемые к нагнетателям при выборе. Выбор требуемого типа и серии нагнетателей, Корректировка характеристики нагнетателя и характеристики сети. Выбор типоразмера нагнетателя. Учет особенностей технологического процесса и требований пожаро - и взрывоопасности при выборе нагнетателей.</p> <p>- Выбор электродвигателей для привода нагнетателей. Определение установочной мощности электропривода. Типы электродвигателей, применяемых для привода нагнетателей.</p>	2	2	8	12
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>	<b>108</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

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

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать эксплуатационные требования к энергетическому оборудованию	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать нормативные требования по организации монтажа энергетического оборудования	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть современными технологиями и рекомендациями, обеспечивающими снижение трудоемкости и энергоёмкости монтажа энергетического оборудования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-7	Знать нормативную базу проведения расчётов систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь осуществлять подбор насосного, вентиляционного и компрессорного оборудования систем теплогазоснабжения, вентиляции	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыком подбора оборудования для насосных и компрессорных станций, вентиляторов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	Знать эксплуатационные требования к энергетическому оборудованию	Тест	Выполнение теста на 70	100% Выполнение менее 70%
	Уметь использовать нормативные требования по организации монтажа энергетического оборудования	Решение стандартных практических задач,	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть современными технологиями и рекомендациями, обеспечивающими снижение трудоемкости и энергоемкости монтажа энергетического оборудования	Решение прикладных задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-7	Знать нормативную базу проведения расчётов систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения	Тест	Выполнение теста на 70	100% Выполнение менее 70%
	Уметь осуществлять подбор насосного, вентиляционного и компрессорного оборудования систем теплогазоснабжения, вентиляции	Решение стандартных практических задач,	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыком подбора оборудования для насосных и компрессорных станций, вентиляторов	Решение прикладных задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

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

#### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

- Какие машины предназначены для подачи газовых сред?
  - Насос.
  - Вентилятор.
  - Газодувка.
  - Компрессор.
  - Гидропередача.
- Какое отношение давления на выходе к давлению на входе ( $\epsilon$ ) принято для компрессоров?
  - $\epsilon=1,15$ .
  - $\epsilon>1,15$ .
  - $\epsilon<1,15$ .
- К какому классу относится центробежный насос?
  - Объёмный.
  - Динамический.

в) Вихревой.

г) Струйный.

4. Что такое «предельное давление насоса»?

а) Наибольшее давление на выходе из насоса, на которое рассчитана его конструкция.

б) Наибольшее давление на входе из насоса, на которое рассчитана его конструкция.

в) Наибольшее давление, создаваемое насосом.

5. Полезная мощность насоса определяется по формуле:

а)  $N_{\text{п}} = rQgH/1000 = Qp/1000$ .

б)  $N_{\text{п}} = \gamma QH/102$ .

в)  $h = N_{\text{п}}/N$ .

г)  $h_{\text{у}} = N_{\text{п}}/N_{\text{эл}}$ .

6. Какой показатель характеризует эффективность использования насосом подводимой к нему энергии?

а) Полезная мощность.

б) Давление.

в) Подача.

г) Рабочий объём насоса.

д) КПД.

7. Что влияет на КПД насоса?

а) Тип насоса.

б) Размер и конструкция насоса.

в) Род перемещаемой среды.

г) Режим работы машины.

д) Характеристика сети.

8. Что такое «кавитационный запас»?

а) Высота расположения центра входного отверстия насоса относительно свободной поверхности жидкости в открытом расходном резервуаре, из которого производится всасывание жидкости насосом.

б) Высота расположения свободной поверхности жидкости в открытом резервуаре, из которого производится всасывание, отсчитанная от центра входного отверстия насоса.

в) Превышение полного напора жидкости во всасывающем патрубке насоса над давлением  $P_{\text{н.п}}$  насыщенных паров этой жидкости.

9. В чём состоит физическая картина явления кавитации?

а) В появлении вибрации насоса на максимальных оборотах.

б) Во вскипании жидкости в зоне повышенного давления и в последующей конденсации паровых пузырьков при выносе кипящей жидкости в область пониженного давления.

в) Во вскипании жидкости в зоне пониженного давления и в последующей конденсации паровых пузырьков при выносе кипящей жидкости в область повышенного давления.

10. Каковы меры предотвращения возникновения кавитации?

а) Применение материалов, устойчивых к кавитации.

б) Соблюдение такой высоты всасывания, при которой кавитация не возникает.

в) Применение в насосных установках современной автоматики.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Как может вести себя мощность при увеличении расхода у осевого вентилятора?

а) Увеличивается.

б) Почти не изменяется.

в) Уменьшается.

2. Что такое «помпаж»?

а) Работа насоса (компрессора), на предельной мощности.

б) Неустойчивая работа насоса (компрессора), характеризующаяся резкими колебаниями напора и расхода перекачиваемой жидкости (газа).

в) Работа насоса (компрессора), при возникновении вибрации.

3. Отметьте наиболее эффективные способы регулирования параметров вихревых насосов.

а) Изменением диаметра рабочего колеса (обточкой).

б) Изменением частоты вращения рабочего колеса.

в) Задвижкой на напорном патрубке.

г) Задвижкой на всасывающем патрубке.

д) Изменением угла наклона лопастей.

е) Перепуском.

4. В осевых насосах:

а) Поток жидкости параллелен оси вращения лопастного колеса.

б) Поток жидкости перпендикулярен оси вращения лопастного колеса.

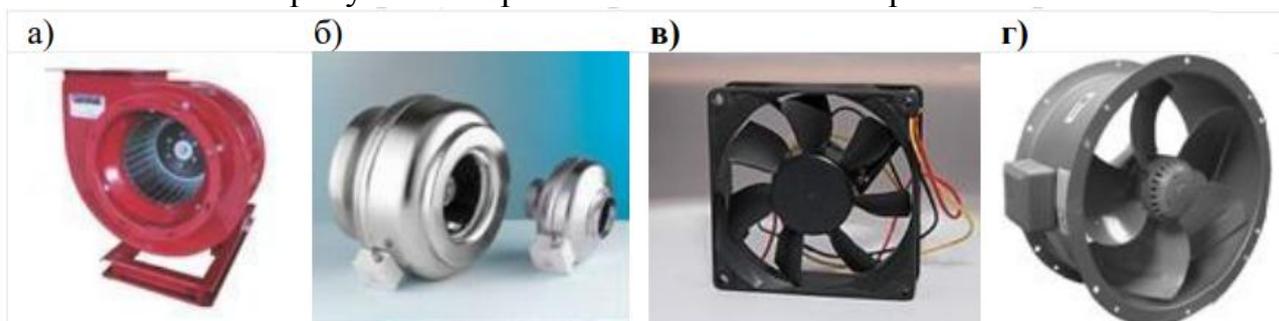
5. Что определяет теорема Жуковского?

а) Давление среды на выходе с рабочего колеса.

б) Относительную скорость набегающего потока.

в) Подъёмную силу лопасти.

6. На каком рисунке изображён осевой вентилятор?



7. Чем отличается типичная форма кривой Q-N осевой машины от центробежной?

а) Углом наклона к оси OX.

б) У осевой машины кривая часто имеет седлообразную форму.

в) У осевой машины кривая часто имеет экспоненциальную форму.

8. Как ведёт себя мощность при увеличении расхода у центробежного вентилятора?

- а) Увеличивается.
- б) Почти не изменяется.
- в) Уменьшается.

9. К какому типу насосов относится эрлифт?

- а) Центробежному.
- б) Вихревому.
- в) Шестерённому.
- г) Струйному.

10. Что означает реверсивность насоса?

а) При изменении направления вращения зубчаток они изменяют направление потока в трубопроводах, присоединённых к насосу.

б) Подводя жидкость под давлением к одному из патрубков насоса и сообщая другой патрубок со сливным баком, получаем работу машины в качестве гидродвигателя.

11. Что означает обратимость насоса?

а) При изменении направления вращения зубчаток они изменяют направление потока в трубопроводах, присоединённых к насосу.

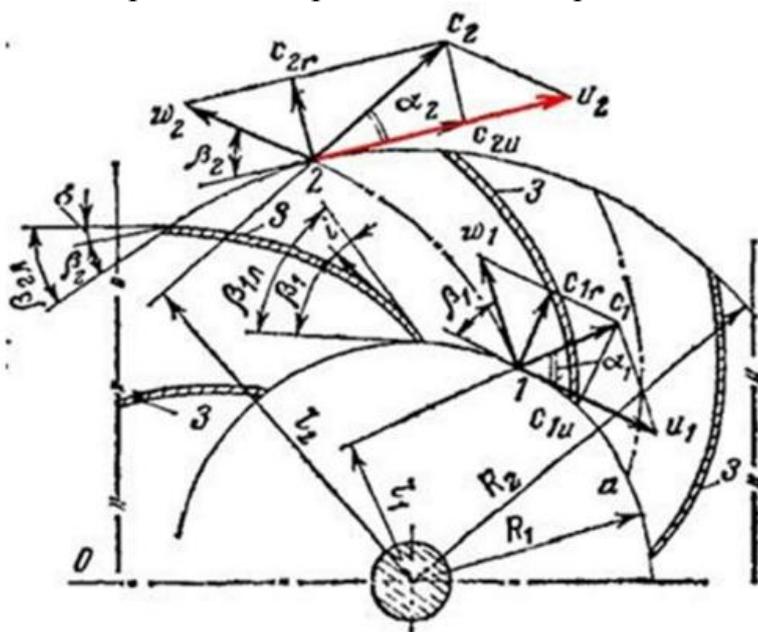
б) Подводя жидкость под давлением к одному из патрубков насоса и сообщая другой патрубок со сливным баком, получаем работу машины в качестве гидродвигателя.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. При последовательной работе двух насосов на сеть:

- а) Их КПД складываются, расход остаётся постоянным.
- б) Их подачи складываются, напор остаётся постоянным.
- в) Их напоры складываются, подача остаётся постоянной.

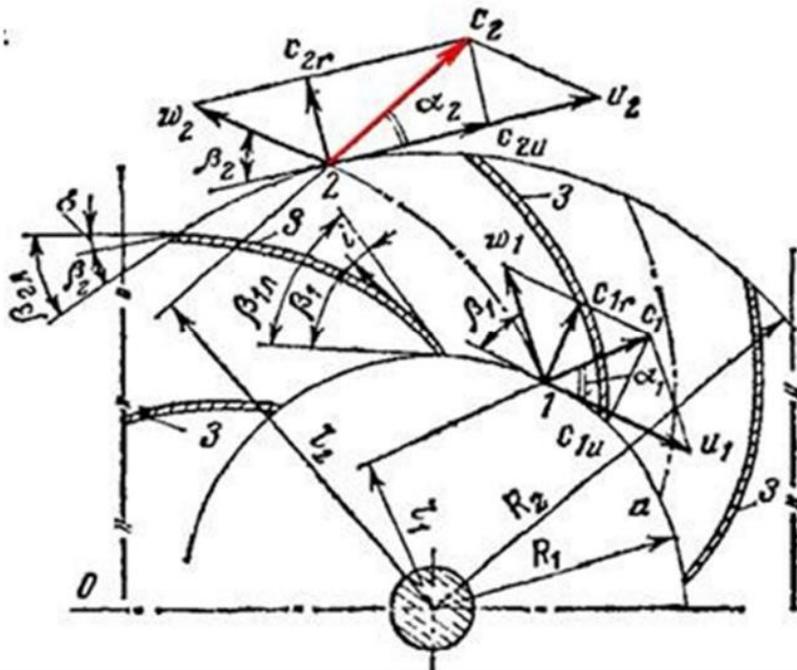
2. Вектор какой скорости выделен красным цветом?



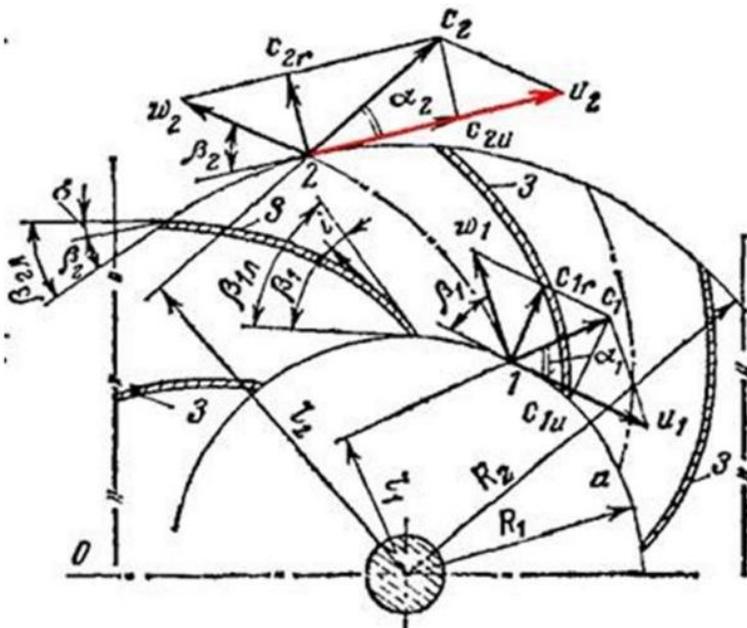
а) Окружная скорость при выходе с колеса.

б) Окружная скорость при попадании на лопатку.

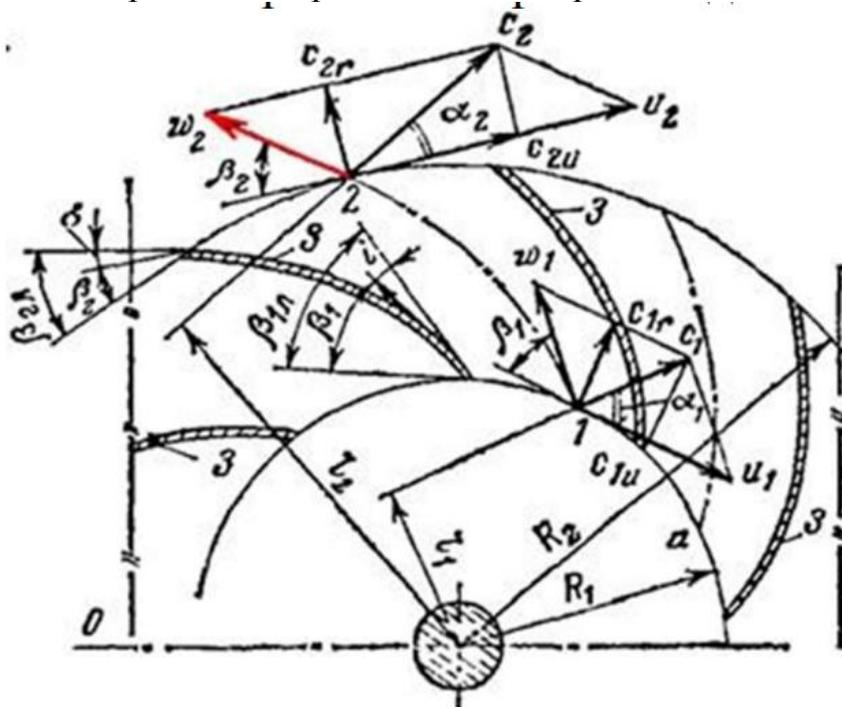
- в) Относительная скорость при попадании на лопатку.
  - г) Относительная скорость при выходе с колеса.
  - д) Абсолютная скорость при попадании на лопатку.
  - е) Абсолютная скорость при выходе с колеса.
  - ж) Радиальная скорость при попадании на лопатку.
  - з) Радиальная скорость при выходе с колеса.
3. Вектор какой скорости выделен красным цветом?



- а) Окружная скорость при выходе с колеса.
  - б) Окружная скорость при попадании на лопатку.
  - в) Относительная скорость при попадании на лопатку.
  - г) Относительная скорость при выходе с колеса.
  - д) Абсолютная скорость при попадании на лопатку.
  - е) Абсолютная скорость при выходе с колеса.
  - ж) Радиальная скорость при попадании на лопатку.
  - з) Радиальная скорость при выходе с колеса.
4. Вектор какой скорости выделен красным цветом?



- Окружная скорость при выходе с колеса.
  - Окружная скорость при попадании на лопатку.
  - Относительная скорость при попадании на лопатку.
  - Относительная скорость при выходе с колеса.
  - Абсолютная скорость при попадании на лопатку.
  - Абсолютная скорость при выходе с колеса.
  - Радиальная скорость при попадании на лопатку.
  - Радиальная скорость при выходе с колеса.
5. Вектор какой скорости выделен красным цветом?



- Окружная скорость при выходе с колеса.
- Окружная скорость при попадании на лопатку.
- Относительная скорость при попадании на лопатку.
- Относительная скорость при выходе с колеса.

- д) Абсолютная скорость при попадании на лопатку.
- е) Абсолютная скорость при выходе с колеса.
- ж) Радиальная скорость при попадании на лопатку.
- з) Радиальная скорость при выходе с колеса.
- 6. Какая величина определяется уравнением Эйлера?
  - а) Теоретический расход.
  - б) Теоретический КПД.
  - в) Теоретический напор.
  - г) Теоретическая мощность.
- 7. Выберите уравнение Эйлера.

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1,2}{z} \cdot \frac{1 + \sin \beta_2}{1 - (D_1 / D_2)^2}}$$

- а)  $N_T = (u_2 c_{2u} - u_1 c_{1u}) / g$
- б)  $N_T = rQ(R_2 c_{2u} - R_1 c_{1u})$
- 8. В чём состоит физическая картина явления кавитации?
  - а) В появлении вибрации насоса на максимальных оборотах.
  - б) Во вскипании жидкости в зоне повышенного давления и в последующей конденсации паровых пузырьков при выносе кипящей жидкости в область пониженного давления.
  - в) Во вскипании жидкости в зоне пониженного давления и в последующей конденсации паровых пузырьков при выносе кипящей жидкости в область повышенного давления.
- 9. Каковы меры предотвращения возникновения кавитации?
  - а) Применение материалов, устойчивых к кавитации.
  - б) Соблюдение такой высоты всасывания, при которой кавитация не возникает.
  - в) Применение в насосных установках современной автоматики.
- 10. В чём заключается испытание насоса?
  - а) В измерении  $Q$ ,  $H$ ,  $N$  и  $n$  при различных режимах работы, устанавливаемых открытием дросселя (задвижки) на напорной линии.
  - б) В измерении  $Q$ ,  $H$ ,  $N$  при повышении частоты вращения до разрушения корпуса.
  - в) В измерении  $Q$ ,  $H$ ,  $N$  при применении разных типов двигателей.

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Классификация нагнетателей по конструктивным особенностям и по принципу действия.
2. Область применения, классификация, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов радиальных нагнетателей.
3. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов осевых нагнетателей.

4. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов вихревых нагнетателей.

5. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов диаметральных нагнетателей.

6. Область применения, классификация, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов поршневых нагнетателей.

7. Область применения, классификация, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов струйных нагнетателей.

8. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов ротационных (пластинчатых) нагнетателей.

9. Область применения, принцип действия, конструктивная схема и назначение основных элементов шестеренных и винтовых нагнетателей.

10. Виды и конструктивные схемы радиальных насосов. Назначение различных видов насосов.

11. Кинематика частицы жидкости в колесе осевого нагнетателя.

12. Кинематика частицы жидкости в колесе радиального нагнетателя.

13. Типы вентиляторов. Классификация их по конструктивным особенностям. Вентиляторы с поворотным кожухом.

14. Особенности устройства вентиляторов для перемещения агрессивных, взрыво- и пожароопасных газов.

15. Формулы для расчета производительности разных типов нагнетателей.

16. Уравнение Л. Эйлера (вывод). Коэффициенты давления и закрутки.

17. Угол установки лопатки радиального нагнетателя на выходе из колеса и его влияние на развиваемое давление (статическое и динамическое).

18. Угол установки лопатки радиального нагнетателя на входе в колесо и его влияние на развиваемое давление. Безударный вход.

19. Направляющие аппараты. Их виды и влияние на работу лопастных нагнетателей.

20. Характеристики лопастных нагнетателей (радиальных и осевых) при постоянном и переменном числе оборотов.

21. Формулы для пересчета параметров лопастных нагнетателей при изменении размеров рабочего колеса.

22. Формулы для пересчета параметров лопастных нагнетателей при изменении числа оборотов рабочего колеса и объемной массы перемещаемой жидкости.

23. Устойчивость работы лопастных нагнетателей. Помпаж.

24. Методы управления работой нагнетателей путем воздействия на сеть и способы их реализации.

25. Методы управления работой нагнетателей путем воздействия на нагнетатель и способы их реализации.

26. Параметры совместной работ нагнетателя и сети. Анализ совместной работы нагнетателя и сети.

27. Правила пуска и останова различных типов нагнетателей.
28. Классификация объемных нагнетателей, их схемы и принцип действия.
29. Графики и степень неравномерности подачи поршневых нагнетателей. Методы сглаживания пульсации подачи. Управление работой поршневых нагнетателей.
30. Явление кавитации. Причины и последствия возникновения. Как определяется допустимая высота всасывания насосов?
31. Балансировка рабочих колес и шкивов нагнетателей.
32. Полезная, потребляемая и установленная мощность при вода нагнетателей. Энергетический баланс нагнетателей.
33. Причины возникновения осевого усилия у радиальных нагнетателей и меры борьбы с ним.
34. Полное техническое описание вентилятора в проектных материалах.
35. Шум нагнетателей. Параметры шума. Методы снижения уровня шума нагнетателей.
36. Вибрация нагнетателей. Причины возникновения. Методы снижения уровня вибрации нагнетателей.
37. Правила выбора нагнетателей и требования нормативных документов, которые необходимо соблюдать при выборе нагнетателей.
38. Требования к подводящим и отводящим каналам радиальных вентиляторов и их влияние на рабочие параметры.
39. Краткие сведения о характерных конструктивных особенностях вентиляторов Ц4-70 (ВР 80-70), 06-300 ил ВО-14-320, ВР-100-45, ВКР.
40. Краткие сведения и характерные конструктивные особенности циркуляционных насосов, применяемых в отоплении.

### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов и 2 задачи. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 40.

1. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал не менее 18 баллов при тестировании и решил задачи.

2. Оценка «Незачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 18 баллов при тестировании и не решил задачи.

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения по	ПК-1, ПК-7	Тест, защита

	машинам для подачи жидкостей и газов		лабораторных работ
2	Центробежные насосы и вентиляторы. Основы теории	ПК-1, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
3	Центробежные насосы	ПК-1, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
4	Центробежные вентиляторы	ПК-1, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
5	Осевые насосы и вентиляторы	ПК-1, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
6	Объемные поршневые и роторные насосы, нагнетатели	ПК-1, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
7	Компрессорные нагнетатели.	ПК-1, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
8	Нагнетатели специальных типов	ПК-1, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
9	Управление работой нагнетателей. Особенности эксплуатации нагнетателей. Выбор нагнетателей. Выбор привода	ПК-1, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ

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

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

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

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

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

Основная литература

1. Дячек, П. И., Насосы, вентиляторы и компрессоры: учебно-методическое пособие для студентов заочной формы обучения специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / П. И. Дячек. – Минск: БНТУ, 2022. – 54 с.

2. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей ВУЗов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1984. – 416 с., ил.

3. Поляков, ВВ. Насосы и вентиляторы (ВВ. Поляков, Л.С. Скворцов): Учеб. Для ВУЗов. — М.: Стройиздат, 1990. – 336 с.: ил.

4. Карасев, БВ. Насосные и воздухоудувные станции / Б.В. Карасев. — Минск: Вышэйшая школа, 1990.

5. Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах теплогазоснабжения и вентиляции : учебно-методическое пособие / составители И. С. Просвирина. — Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2021. — 98 с. — ISBN 978-5-93026-136-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115506.html>

6. Демешкин, В. П. Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ : учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки 08.03.01«Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» / В. П. Демешкин, Б. Р. Романенко, А. В. Плужник. — Макеевка: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2020. — 71 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99384.html>

7. Краснощеков Л.Ф., Расчет и проектирование воздухонагревательных установок для систем приточной вентиляции, Л.: изд. Литературы по строительству, 1972.

8. Мухин, О.А. Насосы и вентиляторы: текст лекций / О.А. Мухин, П.И. Дячек. — Минск: Ротапринт БПИ, 1982.

9. Водяные тепловые сети: справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина [и др.]; под ред. НК. Громова и ЕЛ. Шубина. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 376 с.

10. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник / В.И. Манюк [и др.]. — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1988. — 432 с.

11. Насосы, вентиляторы, компрессоры: лабораторный практикум для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / П. И. Дячек, А. Э. Захаревич. – Минск: БНТУ, 2013. – 59 с.

12. Лабораторный практикум по отоплению, насосам и вентиляторам. — Минск: Ротапринт БПИ, 1989.

Нормативная литература

13. Вентиляторы радиальные и осевые. Основные размеры и параметры: ГОСТ 10616.

14. Насосы. Термины и определения: ГОСТ 17398.

15. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний: ГОСТ 12.3.018.

16. Насосы осевые. Общие технические условия: ГОСТ 9366.

17. Вентиляторы радиальные общего назначения. Общие технические условия: ГОСТ 5976.

18. Вентиляторы общего назначения. Методы определения шумовых характеристик: ГОСТ 12.2028.

19. Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний: ГОСТ 10921.

20. Правила устройства, монтажа и безопасной эксплуатации взрывозащищенных вентиляторов (ПУМБЭВВ).

21. Пособие к СНиП 2.04.05. Раздел 11. Вентиляторные установки. — М., 1988.

22. Вентиляторы осевые общего назначения. Общие технические условия: ГОСТ 14442.

23. Вентиляторы крышные радиальные. Общие технические условия: ГОСТ 24814.

24. Вентиляторы крышные осевые. Общие технические условия. ГОСТ 24857.

25. Вентиляторы крышные осевые. Размеры и параметры: ГОСТ 30121.

26. Насосы динамические. Ряд основных параметров: ГОСТ 27854.

27. Насосы динамические. Методы испытаний: ГОСТ 6134.

28. Насосы центробежные консольные для воды. Основные параметры и размеры. Требования безопасности. Методы контроля: ГОСТ 22247.

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

1. LibreOffice

2. Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» <http://www.edu.ru/>, Образовательный портал ВГТУ

3. Информационная справочная система <http://window.edu.ru>  
<https://wiki.cchgeu.ru>

4. Современные профессиональные базы данных Tehnari.ru. Технический форум. Адрес ресурса: <https://www.tehnari.ru/>

5. Сообщество строителей РФ Адрес ресурса: <http://www.stroitel.club/>  
Стройпортал.ру Адрес ресурса: <https://www.stroyportal.ru/>

6. <http://www.altshuller.ru/> – Официальный Фонд Г.С. Альтшуллера;

7. РемТраст Адрес ресурса: <https://www.remtrust.ru/>

8. Строительный портал — социальная сеть для строителей. «Мы Строители» Адрес ресурса: <http://stroitelnii-portal.ru/>

9. Информационные справочные системы - Адрес ресурса: <http://docs.>

10. Современные профессиональные базы данных: <http://www.gostrf.com/>  
типовые проекты; <http://www.findpatent.ru/> - фонд патентов.

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Материально-техническая база включает:

- Специализированные лекционные аудитории, оснащенные оборудованием для лекционных демонстраций и проектором, стационарным экраном.
- Учебные аудитории, оснащенные необходимым оборудованием. Аудитории для проведения практических занятий, оборудованные проекторами, стационарными экранами и интерактивными досками.
- Помещения для самостоятельной работы студентов, оснащенные компьютерной техникой с выходом в сеть "Интернет".
- Библиотечный электронный читальный зал с доступом к электронным ресурсам библиотеки и доступом в образовательный портал ВГТУ.

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

По дисциплине «Насосы, компрессоры и вентиляторы» читаются лекции, проводятся практические занятия.

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

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

Вид учебных занятий	Деятельность студента (особенности деятельности студента инвалида и лица с ОВЗ, при наличии таких обучающихся)
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций,

	олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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