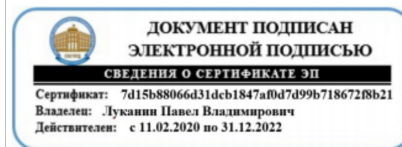


УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.02**

Нагнетатели и системы снабжения воздухом промышленных предприятий

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b130301-3\_22-14.plx

Кафедра:  Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:  
(специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергетика теплотехнологий  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Лаб. занятия				
6	УП	17	37,75	0,25	2	Зачет
	РПД	17	37,75	0,25	2	
Итого	УП	17	37,75	0,25	2	
	РПД	17	37,75	0,25	2	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Пеленко В.В.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморозин С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области конструктивных особенностей, принципов работы, современного состояния и перспектив развития нагнетателей, в оценке и анализе физических процессов, протекающих в нагнетателях, расчета основных геометрических размеров машин и их характеристик, в выборе экономичных режимов работы, в обеспечении правильной эксплуатации нагнетателей.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Изучить конструктивные особенности и принципы работы нагнетателей.
- Рассмотреть современное состояние и перспективы развития нагнетателей.
- Продемонстрировать организацию правильной эксплуатации нагнетателей.
- Установить возможности выбора экономичных режимов работы.
- Провести оценку и анализ физических процессов, протекающих в нагнетателях.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Физика

Теоретическая механика

Математика

Гидрогазодинамика (Гидравлика)

Материаловедение, технологии конструкционных материалов

Физика для теплоэнергетиков

Прикладная механика

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-6.2: Готовность к выполнению работ по организационному и техническому обеспечению полного цикла или отдельных стадий эксплуатации теплотехнологического оборудования различных производств**

**Знать:** Схемы, конструкции, характеристики, технико-экономические показатели и особенности эксплуатации компрессоров и оборудования систем воздухообеспечения.

**Уметь:** Анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, осуществлять выбор основного и вспомогательного оборудования систем воздухообеспечения.

**Владеть:** Навыками разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности систем воздухообеспечения промышленных предприятий.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Общие сведения о нагнетателях	6					О
Тема 1. Классификация нагнетателей. Основные понятия и определения. Основные типы и классификация нагнетателей. Показатели работы нагнетателей.		2		4		
Тема 2. Принцип действия нагнетателей. Принцип действия динамических нагнетателей. Принцип действия объемных нагнетателей. Высота всасывания.		2		4		
Раздел 2. Основы теории нагнетателей						О,Л
Тема 3. Центробежные нагнетатели. Конструктивная схема. Параллелограмм скоростей. Уравнение Эйлера. Подобие центробежных нагнетателей. Лабораторная работа №1 Расчет рабочего колеса одноступенчатого однопоточного насоса.		3	4	5,75		
Тема 4. Осевые нагнетатели. Решетка профилей. Основные уравнения. Характеристики осевых нагнетателей. Лабораторная работа № 2 Расчёт максимальной допустимой высоты всасывания		2	4	4		
Раздел 3. Насосы и системы водоснабжения					О,Л	
Тема 5. Системы водоснабжения. Классификация насосных станций. Принципиальные схемы компоновки систем водоснабжения. Трубопроводная арматура.	2		4			

Тема 6. Насосы. Типовая схема и пуск насосной установки. Работа насоса на сеть. Регулирование насосов. Осевое усилие. Многоступенчатые насосы. Лабораторная работа №3 Расчёт минимальной допустимой высоты всасывания		2	4	6		
Раздел 4. Компрессоры и системы воздухообеспечения						
Тема 7. Системы воздухообеспечения. Сжатый воздух в промышленности. Очистка сжатого воздуха. Состав системы воздухообеспечения. Основные типы потребителей сжатого воздуха.		2		4		О,Л
Тема 8. Компрессоры. Конструкции компрессоров. Индикаторная диаграмма. Многоступенчатые компрессоры с дифференциальным поршнем. Характеристики компрессоров. Регулирование компрессоров. Лабораторная работа № 4 Расчет компрессорной станции		2	5	6		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	37,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		34,25		37,75		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-6.2	Обучающийся: 1) Излагает современное состояние и перспективы развития нагнетателей; знает характеристики и технико-экономические показатели компрессоров и оборудования систем воздухообеспечения. 2) Демонстрирует умение выбора нагнетателей и вспомогательного оборудования систем воздухообеспечения, а также их экономичных режимов работы. 3) Использует навыки анализа физических процессов, протекающих в нагнетателях, а также навыки по разработке мероприятия по повышению их энергетической эффективности.	1. Вопросы устного собеседования. 2. Практико-ориентированные задания

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся показывает	Обучающийся демонстрирует правильное

	<p>всестороннее и глубокое знание основных положений, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных положений и их значение для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в использовании учебного материала. Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.</p>	<p>понимание условия задачи, выбора нужных законов и формул для ее решения. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.</p>
Не зачтено	<p>Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные положения; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом.</p>	<p>Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение.</p>

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 6	
1	Компрессоры со ступенями сжатия в отдельных цилиндрах.
2	Компрессоры с несколькими ступенями сжатия в одном цилиндре.
3	Состав системы воздухообеспечения и компрессорных станций.
4	Оборудование компрессорных станций.
5	Основные типы потребителей сжатого воздуха.
6	Приближенный расчет расхода воздуха у потребителей.
7	Расчет воздухопроводной сети
8	Основные типы и классификация нагнетателей
9	Конструктивная схема центробежных нагнетателей
10	Параллелограмм скоростей центробежных нагнетателей
11	Уравнение Эйлера для центробежных нагнетателей
12	Характеристики центробежных нагнетателей
13	Подобие центробежных нагнетателей
14	Работа насоса на сеть. Последовательное и параллельное соединение насосов
15	Регулирование насосов
16	Осевое усилие при работе насосов
17	Эксплуатация насосных установок
18	Геометрическая, полная и вакуумметрическая высота всасывания

19	Кавитационный запас
20	Термодинамика процесса сжатия
21	Уравнение сохранения энергии процесса сжатия.
22	КПД и мощность компрессора.
23	Охлаждение газа в компрессоре
24	Многоступенчатое сжатие.
25	Процессы сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Кейс 1. Центробежный насос перекачивает конденсат из конденсатора паровой турбины, переохлажденного до температуры  $t_B$ .

Рассчитать, на каком наименьшем вертикальном расстоянии от минимального уровня в конденсаторе  $H_{BC}^{ДОП}$  должна находиться ось насоса для обеспечения его нормальной работы без кавитационных срывов.

$Q=36$  м<sup>3</sup>/час;  $d_{вс}=150$  мм;  $p_k=19$  кПа;  $h_{вс}^п=0,5$  м/вод.ст.;  $n=1500$  об/мин;  $t_B=72$ ;  $C=1500$ .

1 вариант -  $H_{BC}^{ДОП}=+12,5$ ; 2 вариант -  $H_{BC}^{ДОП}=+0,5$ ; 3 вариант -  $H_{BC}^{ДОП}=0$ ; 4 вариант -  $H_{BC}^{ДОП}=-3,4$ .

Кейс 2. Электродвигатель со скоростью вращения 1500 мин<sup>-1</sup> центробежного насоса производительностью 600 м<sup>3</sup>/ч. вышел из строя. Рассчитать новую производительность центробежного насоса при замене приводного электродвигателя, если скорость вращения стала 1000 мин<sup>-1</sup>.

1 вариант:  $Q = 100$  м<sup>3</sup>/ч; 2 вариант:  $Q = 200$  м<sup>3</sup>/ч; 3 вариант:  $Q = 400$  м<sup>3</sup>/ч; 4 вариант:  $Q = 600$  м<sup>3</sup>/ч.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  +  Письменная  +  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку ответа на зачете 30 минут

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Аляев, В. А., Булаев, С. А., Косенков, Д. В., Котомкин, Д. О., Сагдеев, Д. И., Садыков, А. Х.	Насосы и компрессоры. Часть 1	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/63678.html">http://www.iprbookshop.ru/63678.html</a>
Локалов, Г. А., Марковский, В. М., Аронсон, К. Э.	Осевые и центробежные насосы тепловых электрических станций	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/69653.html">http://www.iprbookshop.ru/69653.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Коротков, В. А., Татаренко, Ю. В.	Компрессоры динамического принципа действия	Санкт-Петербург: Университет ИТМО	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/66514.html">http://www.iprbookshop.ru/66514.html</a>
Молодова, Ю. И.	Компрессоры объемного действия. Типы и механизмы движения	Санкт-Петербург: Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий	2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/66515.html">http://www.iprbookshop.ru/66515.html</a>

В.В. Филатов, Н.Н. Гладышев	Технологические энергоносители предприятий (Воздухоснабжение промышленных предприятий) [Текст]: методические указания к выполнению курсовой работы «Компрессорная станция для промышленного предприятия»	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2012	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/tepvozdux.htm">http://www.nizrp.narod.ru/tepvozdux.htm</a>
-----------------------------	--	---	------	---

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. База данных большой технической библиотеки "Сайт теплотехника" [Электронный ресурс]. URL: <http://teplokot.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска