

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Институт транспорта и логистики
Кафедра двигателей внутреннего сгорания**

УТВЕРЖДАЮ
Директор института транспорта и логистики
Быкадоров В.В.
2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«АГРЕГАТЫ НАДДУВА ДВС»

По направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль «Двигатели внутреннего сгорания»

Луганск 2023

Лист согласования рабочей программы учебной дисциплины

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Агрегаты наддува ДВС». – 49с.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Агрегаты наддува ДВС» разработана с учетом ФГОС ВО: Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 145.

СОСТАВИТЕЛИ:

канд. техн. наук, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Данилейченко А.А.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Брянцев М.А.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Ковтун А.С.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» 12.04 2023г., протокол № 8

Заведующий кафедрой _____ А.А.Данилейченко

Переутверждена: « _____ » _____ 202_ г., протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института транспорта и логистики
« 14 » 04 2023 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической
комиссии института



Е.И.Иванова

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель преподавания дисциплины – формирование у студентов знаний, обеспечивающих комплексное представление о системах наддува ДВС, агрегатах систем наддува, видам и конструкциям нагнетателей, влиянии наддува на технико-экономические и экологические показатели ДВС.

Предмет изучения дисциплины: рабочие процессы в системах наддува двигателей внутреннего сгорания, методика их расчета, связь их с конструкцией и условиями эксплуатации.

Задачи изучения дисциплины: получение комплекса знаний, позволяющих рассчитать, спроектировать, испытать и оценить правильность выбора основных параметров систем наддува двигателей внутреннего сгорания.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Агрегаты наддува ДВС» курс входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, модуль профессиональных дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знания разделов из цикла фундаментальных и профессионально-ориентированных дисциплин,

умения воспользоваться имеющейся информацией для дальнейшего проектирования и расчета систем наддува и их агрегатов,

навыки работы на ЭВМ, полученные при изучении курсов Информатики и Инженерной графики.

Основывается на базе дисциплин: введение в профессию, термодинамика и теплопередача, основы газовой динамики комбинированных ДВС, физика, механика жидкости и газа, системы ДВС, устройство и работа поршневых двигателей.

Является основой для изучения следующих дисциплин: специальные виды ДВС, автотракторные ДВС, двигатели летательных аппаратов, волновые обменники давления.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

ПК-3. Способен участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов	ПК-3.2. Умеет проводить расчетно-экспериментальные исследования по заданной методике, обрабатывать и анализировать результаты исследований.	Знать виды агрегатов для наддува ДВС, их характеристики, циклы комбинированных ДВС, основы расчета систем наддува. Уметь анализировать и составлять отчетные данные, результаты теоретических и экспериментальных работ. Владеть навыками расчета систем наддува с турбокомпрессором.
--	---	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	68	16
Лекции	34	8
Семинарские занятия		
Практические занятия	17	4
Лабораторные работы	17	4
Курсовая работа (курсовой проект)	36	36
Другие формы и методы организации образовательного	-	-

процесса (расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.)		
Самостоятельная работа студента (всего)	76	128
Форма аттестации	Экзамен/Курсовая работа	Экзамен/Курсовая работа

4.2. Содержание разделов дисциплины бсеместр

1.ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- 1.1. Форсирование ДВС путем применения наддува
- 1.2. Основные понятия о наддуве ДВС
- 1.3. История применения наддува ДВС

2.ИДЕАЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ КОМБИНИРОВАННЫХ ДВС

- 2.1. Цикл двигателя с механическим наддувом
- 2.2. Циклы двигателей с использованием энергии выхлопных газов
- 2.3. Цикл двигателя с турбонаддувом
- 2.4. Цикл двигателя с охлаждением наддувочного воздуха

3.НАГНЕТАТЕЛИ

- 3.1. Объемные нагнетатели
- 3.2. Волновой обменник давления «Комплекс»

4.ЛОПАТОЧНЫЕ КОМПРЕССОРЫ

- 4.1. Геометрические параметры крылового профиля и решетки профилей
- 4.2. Осевой компрессор
- 4.3. Центробежный компрессор
- 4.4. Течение газа через осевой компрессор
- 4.5. Течение газа через центробежный компрессор
- 4.6. Работа вращения колеса
- 4.7. Основные параметры ступени компрессора
- 4.8. Характеристики лопаточного компрессора
- 4.9. Расчет лопаточного компрессора

5.ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ

- 5.1. Течение газа через турбину
- 5.2. Основные параметры турбины
- 5.3. Показатели эффективности использования энергии выхлопных газов
- 5.4. Характеристика турбины
- 5.5. Гидравлические потери в лопаточных машинах
- 5.6. Расчет турбины
- 5.7. Особенности расчета импульсной турбины

6.ТУРБОКОМПРЕССОРЫ

- 6.1. Общие положения
- 6.2. Конструктивные схемы турбокомпрессоров
- 6.3. Конструктивные особенности и параметры отечественных и зарубежных турбокомпрессоров
- 6.4. Схемы комбинированных двигателей

7. СОГЛАСОВАННОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК АГРЕГАТОВ НАДДУВА И ДВИГАТЕЛЕЙ

- 7.1. Совмещенные характеристики агрегатов наддува и гидравлические характеристики двигателя
- 7.2. Согласованность работы компрессора и турбины
- 7.3. Согласование характеристик турбокомпрессора и поршневой части
- 7.4. Особенности работы системы воздухообеспечения с двухступенчатым наддувом

8.РЕГУЛИРОВАНИЕ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

- 8.1. Влияние скорости вращения коленчатого вала на работу двигателя с газотурбинным

наддувом

8.2. Влияние нагрузочного режима на работу двигателя с газотурбинным наддувом

8.3. Целесообразность применения регулируемого наддува

8.4. Способы регулирования компрессоров и турбин

8.5. Регулирование бензиновых двигателей с наддувом

9.ОХЛАЖДЕНИЕ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА

9.1. Необходимость охлаждения воздуха

9.2. Способы охлаждения наддувочного воздуха

9.3. Расчет рекуперативного теплообменника

9.4. Системы охлаждения и регулирование температуры наддувочного воздуха

10.РАЗВИТИЕ СИСТЕМ НАДДУВА

10.1. Одноступенчатые системы наддува

10.2. Системы двухступенчатого наддува

10.3. Система наддува «Гипербар»

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основные положения, форсирование ДВС путем применения наддува, основные понятия о наддуве	4	2
2	Идеальные циклы комбинированных двс	4	
3	Нагнетатели	4	
4	Лопаточные компрессоры	4	2
5	Газовые турбины	4	
6	Турбокомпрессоры	4	
7	Согласованность характеристик агрегатов наддува и двигателей	2	
8	Регулирование турбокомпрессоров	2	
9	Охлаждение наддувочного воздуха	2	2
10	Развитие систем наддува	4	
	Итого:	34	8

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчет центробежного компрессора	4	1
2	Расчет осевого компрессора	4	1
3	Расчет центростремительной турбины	3	1
4	Расчет осевой турбины	3	
5	Расчет струйных аппаратов	3	1
	Итого:	17	4

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Ознакомление с конструкцией турбокомпрессора с радиальной центростремительной турбиной (тип ТКР-11).	3	1
2	Ознакомление с конструкцией турбокомпрессора с осевой турбиной (тип ТК-23)	3	1
3	Ознакомление с аппаратурой для замера числа оборотов ротора ТК, температуры и давления заторможенного потока.	3	1
4	Ознакомление с устройством волнового обменника	3	

	давления.		
5	Ознакомление с конструкцией эжекционных систем наддува.	3	1
6	Определение КПД ТК с помощью уравнения Рато.	2	
	Итого:	17	4

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Центробежные и осевые компрессоры.	работа с лекциями и учебной литературой	2	6
2.	Треугольники скоростей центробежного компрессора	работа с лекциями и учебной литературой	2	4
3.	Профилирование центробежного компрессора.	работа с лекциями и учебной литературой	2	4
4.	Методика расчета параметров рабочего процесса и элементов конструкции компрессора	работа с лекциями и учебной литературой	2	4
5.	Схемы и принцип работы осевого компрессора.	работа с лекциями и учебной литературой	2	4
6.	Ряды турбокомпрессоров.	работа с лекциями и учебной литературой	1	4
7.	Газовые турбины.	работа с лекциями и учебной литературой	1	4
8.	Графическое изображение процесса расширения газа и понятие о КПД турбины. Классификация турбин	работа с лекциями и учебной литературой	1	4
9.	Расчет параметров рабочего процесса и элементов конструкции радиальной центростремительной турбины	работа с лекциями и учебной литературой	1	4
10.	Расчет параметров рабочего процесса и элементов конструкции осевой турбины	работа с лекциями и учебной литературой	1	4
11.	Многоступенчатые турбины.	работа с лекциями и учебной литературой	1	4
12.	Нетрадиционные системы наддува ДВС.	работа с лекциями и учебной литературой	2	6
13.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 1	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	4
14.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 2	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	4
15.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 3	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	4
16.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 4	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	4
17.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 5	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	4
18.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 6	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	4

19.	Расчет центробежного компрессора	выполнение и защита практических работ	2	4
20.	Расчет осевого компрессора	выполнение и защита практических работ	2	3
21.	Расчет центростремительной турбины	выполнение и защита практических работ	2	3
22.	Расчет осевой турбины	выполнение и защита практических работ	2	3
23.	Расчет струйных аппаратов	выполнение и защита практических работ	2	3
24.	Расчет системы газотурбинного наддува ДВС	выполнение курсовой работы	36	36
	Итого:		76	128

4.7. Курсовые работы/проекты.

Цель курсовой работы - получение практических навыков по расчету систем газотурбинного наддува двигателей внутреннего сгорания.

Тематика курсового проекта: Проектирование систем газотурбинного наддува двигателей внутреннего сгорания.

Курсовая работа выполняется в 7 семестре. Объем графической части - 1 лист формата A1 (594x841 мм), примерный объем расчетно-пояснительной записки - 30 страниц формата A4 (210x297 мм).

Планируемый объем самостоятельной работы при выполнении курсовой работы - 36 часов.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Компетентностная технология, направленная на формирование у студентов способностей практического применения знаний, умений и навыков в решении профессиональных задач.

Акмеологическая технология, определяющая стратегию организации образовательного процесса на достижение наивысших результатов в профессиональном становлении студентов.

Информационные технологии: мультимедиа-презентации для лекций, практических и лабораторных работ, использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект, размещенный во внутренней сети.) при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям.

Работа в команде: совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ.

6 Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Крайнюк А. И. Системы газодинамического наддува [Текст]: монография / А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус; М-во образования и науки Украины, Восточноукр. гос. ун-т. - Луганск: ВУГУ, 2000. - 224 с. - ISBN 966-590-102-8 : 5 грн.
2. Агрегаты наддува двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. А. Брянцев [и др.]. - Луганск : ЛНУ им. В. Даля, 2018. - 188 с.
3. Волновые обменники давления в системах наддува двигателей внутреннего сгорания [Текст]: монография / А. И. Крайнюк [и др.]; М-во образования и науки Украины, Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля. - Луганск: Ноулидж, 2013. - 155 с. - 40 грн.
4. Крайнюк А. И. Исследования физической сущности процессов трансформации энергии на принципах каскадно-теплового сжатия [Текст]: монография / А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус; М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля. - Луганск: Ноулідж, 2012. - 118 с. - 20 грн.

5. Гурьев, В. Г. Газотурбинный наддув судовых ДВС : учебное пособие / В. Г. Гурьев. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 124 с. - ISBN 978-5-9729-1538-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2092485> (дата обращения: 31.01.2024).

б) дополнительная литература:

1. Ведрученко В. Р. Тепловые двигатели и нагнетатели: учебное пособие / В. Р. Ведрученко, Е. М. Резанов, Е. С. Лазарев. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. - 184 с. - ISBN 978-5-9729-1558-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2100417>
2. Дмитренко А. В. Нагнетатели и тепловые двигатели: учебно-методическое пособие к курсовой работе по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели» / А. В. Дмитренко. - Москва: РУТ (МИИТ), 2018. - 37 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895118>
3. Гришин Ю. А. Агрегаты наддува двигателей: методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Агрегаты наддува двигателей» / Ю. А. Гришин. - Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2015. - 82 с. - ISBN 978-5-7038-4323-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2023144>
4. Шестаков Д. С. Газодинамический расчет турбокомпрессора для наддува двигателя внутреннего сгорания: учебно-методическое пособие / Д. С. Шестаков, Д. М. Солнцев; М-во науки и высш. образов. РФ. - Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 76 с. - ISBN 978-5-7996-3274-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1960936>
5. Кавтарадзе, Р. З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы : учебник / Р. З. Кавтарадзе. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2016. - 592 с. - ISBN 978-5-7038-4117-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1960951> (дата обращения: 25.01.2024).
6. Карташевич, А. Н. Устройство тракторов: Учебное пособие / Карташевич А.Н., Понталев О.В., Гордеенко А.В. - Минск :РИПО, 2016. - 444 с.: ISBN 978-985-503-571-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/949590> (дата обращения: 25.01.2024).
7. Дружинин, А. М. Модернизация двигателей внутреннего сгорания. Цилиндропоршневая группа нового поколения : учебное пособие / А. М. Дружинин. - 2-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 148 с. - ISBN 978-5-9729-1328-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2095079> (дата обращения: 25.01.2024).
8. Чайнов, Н. Д. Конструирование и расчет поршневых двигателей : учебник / Н. Д. Чайнов, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков ; под ред. Н. Д. Чайнова. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. - 536 с. - ISBN 978-5-7038-4854-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1964153> (дата обращения: 25.01.2024).
9. Карташевич, А. Н. Карташевнч, А. Н. Теория автомобилей и двигателей : учеб. пособие / А. Н. Карташевнч, Г. М. Кухарснок, Л. Л. Рудашко. - Минск : РИПО, 2018. - 307 с. - ISBN 978-985-503-828. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1020272> (дата обращения: 25.01.2024).
10. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика [Текст] : учебник / Г. Н. Абрамович. - 4-е изд., перераб. - Москва : Наука, 1976. - 888 с. - 1 р. 92 к.
11. Дейч М. Е. Техническая газодинамика : (основы газодинамики турбин) [Текст] : учебное пособие / М. Е. Дейч. - Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1953. - 544 с. + табл. - 9 грн.
12. Агрегаты воздухообеспечения комбинированных двигателей внутреннего сгорания [Текст] / под ред. М. Г. Круглова. - Москва : Машиностроение, 1973. - 296 с. - 1 р. 23 к.
13. Теория двигателей внутреннего сгорания. Рабочие процессы [Текст] : учебник / под ред. Н. Х. Дьяченко. - 2-е изд., доп. и перераб. - Ленинград : Машиностроение, 1974. - 552 с. - 1 р. 41 к.

в) методические указания:

1. Методические указания к практическим занятиям и курсовой работе «Расчет системы газотурбинного наддува ДВС» по дисциплине «Газовая динамика и агрегаты наддува»: для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль

«Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс] / сост. М. А. Брянцев. - Луганск : ЛНУ им. В. Даля, 2018. - 36 с.

2. Методические указания к практическим занятиям «Расчет струйных аппаратов» по дисциплине «Газовая динамика и агрегаты наддува»: для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс] / сост. М. А. Брянцев. - Луганск : ЛНУ им. В. Даля, 2018. - 30 с.

3. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Газовая динамика и агрегаты наддува»: для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс] / сост. М. А. Брянцев. - Луганск : ЛНУ им. В. Даля, 2018. - 22 с.

4. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Агрегаты наддува ДВС»: для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс] / Сост. М.А.Брянцев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018.- 20с.

5. Методические указания к практическим занятиям «Расчет струйных аппаратов» по дисциплине «Газовая динамика и агрегаты наддува» (для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания») [Электронный ресурс] / Сост.: Брянцев М.А. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2018.- 30с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант-студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины (модуля)

Лекционные занятия проводятся в академических аудиториях.

Освоение дисциплины предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Практические занятия: проводятся с использованием раздаточного материала, наглядных пособий, демонстрационных плакатов. Прочее: комплект электронных раздаточных материалов выдается студентам в электронной форме.

Лабораторные работы: лаборатория ДВС, оснащенная специализированными лабораторными стендами (Стенд «Всетин» с ДВС, стенды с дизелями 5Д2, 6ЧН12/14, 1Ч12/14, 5Д4, стенд СДТА, стенд «Motorpal», стенд с ДВС 4ЧН8,5/11 с волновым обменником давления, наглядное пособие двигатель ТВЗ-117 и СПГГ, лабораторные стенды 1, 2, 3, 4 по теплотехнике, лабораторное контрольно-измерительное оборудование, наглядные пособия), плакаты со схемами лабораторных работ, шаблоны отчетов по лабораторным работам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет (комплект электронных раздаточных материалов выдается студентам в электронной форме).

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

**Паспорт
оценочных средств по учебной дисциплине
«Агрегаты наддува ДВС»**

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-3. Способен участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов	Базовый	Знать виды агрегатов для наддува ДВС, их характеристики, циклы комбинированных ДВС, основы расчета систем наддува.
Основной		Повышенный	Уметь анализировать и составлять отчетные данные, результаты теоретических и экспериментальных работ.
Заключительный		Высокий	Владеть навыками расчета систем наддува с турбокомпрессором.

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ПК-3	Способен участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов	ПК-3.2. Умеет проводить расчетно-экспериментальные исследования по заданной методике, обрабатывать и анализировать результаты исследований.	Тема 1 Цели и задачи курса. Центробежные и осевые компрессоры.	6
				Тема 2 Треугольники скоростей центробежного компрессора.	
				Тема 3 Профилирование центробежного компрессора.	
				Тема 4 Методика расчета параметров рабочего процесса и элементов конструкции компрессора.	
				Тема 5 Схемы и принцип работы осевого компрессора.	
				Тема 6 Ряды турбокомпрессоров.	
				Тема 7 Газовые турбины.	
				Тема 8 Графическое изображение процесса расширения газа и понятие о КПД турбины. Классификация турбин.	
				Тема 9 Расчет параметров рабочего процесса и элементов конструкции радиальной центробежной турбины.	
				Тема 10 Расчет параметров рабочего процесса и элементов конструкции осевой турбины.	
				Тема 11 Многоступенчатые турбины.	
				Тема 12 Нетрадиционные системы наддува ДВС.	

Показатели и критерии оценивания компетенций описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-3	ПК-3.2. Умеет проводить расчетно-экспериментальные исследования по заданной методике, обрабатывать и анализировать результаты исследований.	Знать виды агрегатов для наддува ДВС, их характеристики, циклы комбинированных ДВС, основы расчета систем наддува. Уметь анализировать и составлять отчетные данные, результаты теоретических и экспериментальных работ.	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10,	Лабораторная работа, курсовая работа, практическая работа, контрольная работа.

			Владеть навыками расчета систем наддува с турбокомпрессором.	Тема 11, Тема 12	
--	--	--	--	---------------------	--

Диагностическое контрольное тестирование:

Комплект тестовых заданий, позволяющих осуществить оценку компетенции

ПК-3. Способен участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов	ПК-3.2. Умеет проводить расчетно-экспериментальные исследования по заданной методике, обрабатывать и анализировать результаты исследований.
--	---

образовательной программы 13.03.03 Энергетическое машиностроение, профиль «Двигатели внутреннего сгорания» дисциплина «Агрегаты наддува ДВС»

ВАРИАНТ 1

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 1.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Какие виды наддува бывают?

- 1) механический
- 2) газотурбинный
- 3) резонансный
- 4) инерционный
- 5) комбинированные системы

Ответ: 12345

Обоснование: все виды существуют

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 2.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Перечислите основные конструктивные элементы центробежного компрессора.

- 1) входное устройство.
- 2) рабочее колесо, снабженное лопатками.
- 3) лопаточный и (или) безлопаточный диффузор.
- 4) воздухохоборник («улитка»).
- 5) поршень

Ответ: 1234

Обоснование:

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 3.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Укажите основные элементы поршневого компрессора.

- 1) цилиндр.
- 2) поршневая группа (поршень, шатун, палец, кольца).
- 3) механизмы движения (кривошипно-шатунный).

- 4) системы регулирования, представляющие собой элементы, регулирующие производительность оборудования – трубопроводы, вспомогательные клапаны.
5) система смазки, элементы охлаждения.

Ответ: 12345

Обоснование: 12345

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Укажите основные типы компрессоров.

- 1) поршневой.
- 2) мембранный.
- 3) винтовой.
- 4) пластинчатый.
- 5) спиральный.

Ответ: 12345

Обоснование: Поршневой компрессор использует возвратно-поступательное движение поршня для сжатия газа в цилиндре. Применяется для производства сжатого воздуха, а также для передачи природного газа по трубопроводам.

Мембранный компрессор газ сжимает с помощью мембраны, которая двигается вперед и назад. Он обычно используется для чистых газов.

Винтовой компрессор использует вращающиеся винты для сжатия газа, обеспечивая высокую производительность и надежность.

Пластинчатый компрессор использует пластинчатые роторы для сжатия газа, компактен и хорошо подходит для небольших помещений.

Спиральный компрессор имеет спиральную форму и обеспечивает непрерывный поток сжатого воздуха.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Что такое турбонаддув?

- 1) способ наддува ДВС, при котором вся энергия отработавших газов используется для получения механической энергии в расширительной машине (газовой турбине), которая на 1/2 используется на привод нагнетателя.
- 2) один из методов агрегатного наддува, основанный на использовании энергии отработавших газов. Основной элемент системы - турбина, в которой выхлопные газы адиабатно совершают термодинамическую работу для совершения работы над воздухом с целью адиабатного повышения давления. Таким образом, если пренебречь потерями на механическое трение, получается, что разность внутренней энергии выхлопных газов до и после турбины равна разности внутренней энергии воздуха после и до центробежного компрессора.
- 3) наддув, при котором привод компрессора осуществляется непосредственно от коленчатого вала двигателя, компрессор способен закачивать воздух в цилиндры при минимальных оборотах и без задержки увеличивать давление наддува строго пропорционально оборотам мотора
- 4) инерционный наддув, при котором основным фактором создания избыточного давления перед клапаном является скоростной напор потока во впускном трубопроводе. Дает

незначительную прибавку мощности при высоких (больше 140 км/ч) скоростях движения. Используется в основном на мотоциклах.

5) резонансный наддув, при котором эффект достигается за счёт колебательных явлений во впускном и/или выпускном трубопроводах, при котором используется кинетическая энергия объема воздуха во впускных коллекторах (нагнетатель в этом случае не нужен). Для кратковременного повышения давления вполне подойдет волна сжатия, «гуляющая» по впускному трубопроводу при работе мотора. Достаточно лишь рассчитать длину самого трубопровода, чтобы волна, несколько раз отразившись от его концов, пришла к клапану в нужный момент.

Ответ: 2

Обоснование: один из методов агрегатного наддува, основанный на использовании энергии отработавших газов. Основной элемент системы - турбина, в которой выхлопные газы адиабатно совершают термодинамическую работу для совершения работы над воздухом с целью адиабатного повышения давления. Таким образом, если пренебречь потерями на механическое трение, получается, что разность внутренней энергии выхлопных газов до и после турбины равна разности внутренней энергии воздуха после и до центробежного компрессора.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое резонансный наддув?

- 1) способ наддува ДВС, при котором вся энергия отработавших газов используется для получения механической энергии в расширительной машине (газовой турбине), которая на 1/2 используется на привод нагнетателя.
- 2) один из методов агрегатного наддува, основанный на использовании энергии отработавших газов. Основной элемент системы - турбина, в которой выхлопные газы адиабатно совершают термодинамическую работу для совершения работы над воздухом с целью адиабатного повышения давления. Таким образом, если пренебречь потерями на механическое трение, получается, что разность внутренней энергии выхлопных газов до и после турбины равна разности внутренней энергии воздуха после и до центробежного компрессора.
- 3) наддув, при котором привод компрессора осуществляется непосредственно от коленчатого вала двигателя, компрессор способен закачивать воздух в цилиндры при минимальных оборотах и без задержки увеличивать давление наддува строго пропорционально оборотам мотора
- 4) инерционный наддув, при котором основным фактором создания избыточного давления перед клапаном является скоростной напор потока во впускном трубопроводе. Дает незначительную прибавку мощности при высоких (больше 140 км/ч) скоростях движения. Используется в основном на мотоциклах.
- 5) наддув, при котором эффект достигается за счёт колебательных явлений во впускном и/или выпускном трубопроводах, при котором используется кинетическая энергия объема воздуха во впускных коллекторах (нагнетатель в этом случае не нужен). Для кратковременного повышения давления вполне подойдет волна сжатия, «гуляющая» по впускному трубопроводу при работе мотора. Достаточно лишь рассчитать длину самого трубопровода, чтобы волна, несколько раз отразившись от его концов, пришла к клапану в нужный момент.

Ответ: 5

Обоснование: резонансный наддув, при котором эффект достигается за счёт колебательных явлений во впускном и/или выпускном трубопроводах, при котором используется кинетическая энергия объема воздуха во впускных коллекторах (нагнетатель в этом случае не нужен). Для кратковременного повышения давления вполне подойдет волна сжатия,

«гуляющая» по впускному трубопроводу при работе мотора. Достаточно лишь рассчитать длину самого трубопровода, чтобы волна, несколько раз отразившись от его концов, пришла к клапану в нужный момент.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Что такое механический наддув?

- 1) способ наддува ДВС, при котором вся энергия отработавших газов используется для получения механической энергии в расширительной машине (газовой турбине), которая на 1/2 используется на привод нагнетателя.
- 2) один из методов агрегатного наддува, основанный на использовании энергии отработавших газов. Основной элемент системы - турбина, в которой выхлопные газы адиабатно совершают термодинамическую работу для совершения работы над воздухом с целью адиабатного повышения давления. Таким образом, если пренебречь потерями на механическое трение, получается, что разность внутренней энергии выхлопных газов до и после турбины равна разности внутренней энергии воздуха после и до центробежного компрессора.
- 3) наддув, при котором привод компрессора осуществляется непосредственно от коленчатого вала двигателя, компрессор способен закачивать воздух в цилиндры при минимальных оборотах и без задержки увеличивать давление наддува строго пропорционально оборотам мотора
- 4) наддув, при котором основным фактором создания избыточного давления перед клапаном является скоростной напор потока во впускном трубопроводе. Дает незначительную прибавку мощности при высоких (больше 140 км/ч) скоростях движения. Используется в основном на мотоциклах.
- 5) наддув, при котором эффект достигается за счёт колебательных явлений во впускном и/или выпускном трубопроводах, при котором используется кинетическая энергия объема воздуха во впускных коллекторах (нагнетатель в этом случае не нужен). Для кратковременного повышения давления вполне подойдет волна сжатия, «гуляющая» по впускному трубопроводу при работе мотора. Достаточно лишь рассчитать длину самого трубопровода, чтобы волна, несколько раз отразившись от его концов, пришла к клапану в нужный момент.

Ответ: 3

Обоснование: наддув, при котором привод компрессора осуществляется непосредственно от коленчатого вала двигателя, компрессор способен закачивать воздух в цилиндры при минимальных оборотах и без задержки увеличивать давление наддува строго пропорционально оборотам мотора

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Что такое инерционный наддув?

- 1) способ наддува ДВС, при котором вся энергия отработавших газов используется для получения механической энергии в расширительной машине (газовой турбине), которая на 1/2 используется на привод нагнетателя.
- 2) один из методов агрегатного наддува, основанный на использовании энергии отработавших газов. Основной элемент системы - турбина, в которой выхлопные газы адиабатно совершают термодинамическую работу для совершения работы над воздухом с целью адиабатного повышения давления. Таким образом, если пренебречь потерями на механическое трение, получается, что разность внутренней энергии выхлопных газов до и

после турбины равна разности внутренней энергии воздуха после и до центробежного компрессора.

3) наддув, при котором привод компрессора осуществляется непосредственно от коленчатого вала двигателя, компрессор способен закачивать воздух в цилиндры при минимальных оборотах и без задержки увеличивать давление наддува строго пропорционально оборотам мотора

4) наддув, при котором основным фактором создания избыточного давления перед клапаном является скоростной напор потока во впускном трубопроводе. Дает незначительную прибавку мощности при высоких (больше 140 км/ч) скоростях движения. Используется в основном на мотоциклах.

5) наддув, при котором эффект достигается за счёт колебательных явлений во впускном и/или выпускном трубопроводах, при котором используется кинетическая энергия объема воздуха во впускных коллекторах (нагнетатель в этом случае не нужен). Для кратковременного повышения давления вполне подойдет волна сжатия, «гуляющая» по впускному трубопроводу при работе мотора. Достаточно лишь рассчитать длину самого трубопровода, чтобы волна, несколько раз отразившись от его концов, пришла к клапану в нужный момент.

Ответ: 4

Обоснование: инерционный наддув, при котором основным фактором создания избыточного давления перед клапаном является скоростной напор потока во впускном трубопроводе. Дает незначительную прибавку мощности при высоких (больше 140 км/ч) скоростях движения. Используется в основном на мотоциклах.

Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Определить мощность, развиваемую турбиной, если расход газа через нее $G_T = 0,1$ кг/с, давление и температура газа перед турбиной $p_T^* = 0,18$ МПа, $T_T^* = 700$ К, КПД по параметрам торможения $\eta_T^* = 0,75$. Давление газа за турбиной $p_{\Gamma}^* = 0,105$ МПа. Показатель адиабаты выхлопных газов $\gamma_{\Gamma} = 1,33$, газовая постоянная $R_{\Gamma} = 289$ Дж/(кг·К).

Решение

4) Степень понижения полного давления в турбине $\pi_T^* = p_T^* / p_{\Gamma}^* = 0,18 / 0,105 = 1,67$.

3) Изоэнтروпическая работа турбины по параметрам заторможенного потока

$$l_{TS}^* = \frac{\gamma_{\Gamma}}{\gamma_{\Gamma} - 1} R_{\Gamma} T_T^* \left(1 - \frac{1}{\pi_T^{*\frac{\gamma_{\Gamma}}{\gamma_{\Gamma} - 1}}} \right) =$$

$$= \frac{1,33}{1,33 - 1} 289 \cdot 700 \left(1 - \frac{1}{1,67^{\frac{1,33}{1,33 - 1}}} \right) = 97400 \text{ Дж/кг.}$$

2) Работа расширения в реальной турбине $l_T = l_{TS}^* \eta_T^* = 97400 \cdot 0,75 = 73000 \text{ Дж/кг.}$

1) Мощность, развиваемая турбиной $N_T = G_T l_T = 0,1 \cdot 73000 = 7300 \text{ Вт.}$

5) ответ 7300Вт

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

4	3	2	1	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Рассмотрим влияние скорости вращения коленчатого вала на параметры комбинированного двигателя. Пусть расчетным является номинальный режим, то есть режим максимальной мощности.

1) При уменьшении частоты вращения вала двигателя проходное сечение соплового аппарата турбины оказывается излишне большим,

2) давление перед турбиной падает и, соответственно, падает мощность турбины, передаваемой компрессору,

3) что ведет к падению давления наддува.

4) Воздуха дизелю не хватает, температура отработавших газов растет, может возникнуть помпаж компрессора.

5) в итоге, низкий наддув, повышение температуры отработавших газов и помпаж компрессора являются основными причинами того, что дизель без регулировки турбокомпрессора не может работать на частотах вращения вала ниже 0,5 от номинальных.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

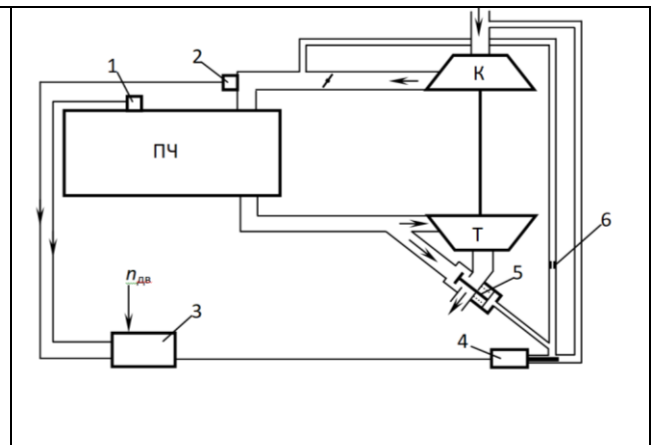
1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В схеме регулирования давления наддува в бензиновых двигателях блок управления двигателем 3 по сигналам с датчика детонации 1, с датчика давления наддува 2 и частоты вращения коленчатого вала $n_{дв}$ управляет временем открытого и закрытого положения электромагнитного клапана 4 тем самым, управляет давлением наддува. В какой последовательности это происходит при резком открытии дроссельной заслонки поршневой части ПЧ и на больших нагрузках и высоких частотах вращения?



1) электромагнитный клапан 4 открывается (черный наконечник втягивается соленоидом внутрь клапана 4), трубопроводы, расположенные ниже жиклера 6 сообщаются с атмосферой

2) на мембрану клапана 5 не действует давление наддува, так как оно атмосферное

3) что приводит к закрытию клапана 5 под действием его пружины

4) так как клапан 5 закрыт (в нижнем положении) все отработавшие газы направляются на турбину, что в итоге приводит

5) к отсутствию перепуска газов за турбину и повышению мощности турбины, а значит и компрессора, давление наддува повышается.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

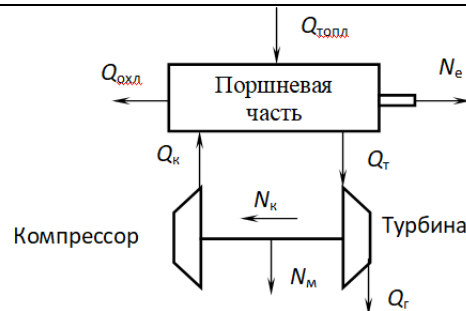
Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Установите последовательность составления энергетического баланса двигателя с турбокомпрессором и определите его эффективный КПД.

Исходные данные: расход воздуха $G_k=0,412$ кг/с; коэффициент избытка воздуха $\alpha=1,3$; температура выхлопных газов $T_t = 893$ К; теплоемкость отработавших газов при постоянном давлении $c_{pg}=1115$ Дж/(кг·К); мощность турбины $N_t=22,6$ кВт; эффективная мощность двигателя $N_e = 284$ кВт; мощность механических потерь в турбокомпрессоре $N_m = 2,5$ кВт. Тепловая мощность, подводимая с топливом $Q_{топл} = 928,9$ кВт



Решение

5) Тепловая мощность на входе в поршневую часть со стороны компрессора

$$Q_k = N_t - N_m = 22,6 - 2,5 = 20,1 \text{ кВт}.$$

2) Тепловая мощность газов на входе в турбину $Q_t = c_{pg}(T_t^* - T_0)G_t = 1115 \cdot (893 - 300) \cdot 0,434 = 287 \text{ кВт}.$

Расход газа на входе в турбину $G_t = G_k \left(1 + \frac{1}{\alpha l_0}\right) = 0,412 \cdot \left(1 + \frac{1}{1,3 \cdot 14,5}\right) = 434 \text{ кг/с}.$

3) Тепловая мощность, уходящая с отработавшими $Q_g = Q_t - N_t = 287 - 22,6 = 264,4 \text{ кВт}.$

4) Тепловая мощность, уходящая в систему охлаждения

$$Q_{охл} = Q_{топл} + Q_k - N_e - Q_g = 928,9 + 20,1 - 284 - 287 = 378 \text{ кВт}.$$

1) Тепловая мощность, подводимая в поршневую часть двигателя

$$Q_k + Q_{топл} = 20,1 + 928,9 = 949 \text{ кВт}.$$

Эффективный КПД двигателя $\eta_e = \frac{N_e}{Q_{топл}} = \frac{284}{928,9} = 0,306.$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

5	2	3	4	1
2	3	5	4	1

Задание на установление соответствия

повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие степеней повышения давления для компрессоров.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Центробежный компрессор	1	до 10 и более
Б	Поршневой компрессор	2	1,2-4
В	Спиральный нагнетатель	3	до 3
Г	Осевой компрессор в 1й ступени	4	до 1,7
		5	до 1,8

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия

повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Подберите к каждому компрессору свое описание.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	мембранный компрессор	1	компрессоры, такие как винтовые и пластинчатые, используют вращающиеся роторы для сжатия газа.
Б	роторный компрессор	2	в этом типе компрессора газ сжимается с помощью мембраны, которая движется вперед и назад. Он обычно используется для чистых газов.
В	центробежный компрессор	3	лопаточные компрессоры используются в авиационных двигателях и газотурбинных.
Г	осевой компрессор	4	использует пластинчатые роторы для сжатия газа, компактен и хорошо подходит для небольших помещений.
		5	лопаточной конструкции работает на основе динамического сжатия газа. Применяется в больших системах и воздушных компрессорах.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	5	3

Задание на установление соответствия повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие степеней повышения давления для систем наддува.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Система наддува с изобарной турбиной	1	до 7
Б	Система наддува с импульсной турбиной	2	более 1,9
В	С волновым обменником давления	3	до 3
Г	С винтовым компрессором	4	до 1,9
		5	до 1,7

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	4	3	1

Задание с развернутым ответом Высокий уровень

Задание 16.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

При частоте вращения ротора $n = 160\,000$ об/мин абсолютная скорость воздуха на входе в лопатки центробежного компрессора равна $c_1 = 140$ м/с. Определить относительную скорость воздуха на входе в лопатки компрессора на диаметре колеса на входе, равном $d = 37$ мм, а также угол между вектором относительной скорости и вектором окружной скорости. Схема течения (треугольник скоростей) воздуха на входе в колесо показана на рис. 1.

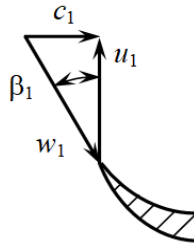


Рис. 1. Треугольник скоростей газа на входе в рабочее колесо компрессора

Ответ (решение):

Окружная скорость колеса на диаметре $d_1 = 37$ мм

$$u_1 = \frac{\pi n d_1}{30 \cdot 2} = \frac{3,14 \cdot 160\,000 \cdot 0,037}{30 \cdot 2} = 310 \text{ м/с} \cdot$$

Угол между векторами скоростей w_1 и c_1

$$\beta_1 = \arctg \frac{c_1}{u_1} = \arctg \frac{140}{310} = 24,3^\circ \cdot$$

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 17.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Температура воздуха на выходе из компрессора $T_k = 385$ К, температура воды на входе в охладитель $T_1 = 298$ К, температура воды на выходе из воздухоохладителя $T_2 = 303$ К, коэффициент теплопередачи воздухоохладителя 201 Вт/(м²·К), тепловая мощность воздухоохладителя 215 кВт, температура воздуха после охладителя $T_{\text{охл}} = 324$ К. Определить среднелогарифмический перепад температур в охладителе и площадь теплообмена охладителя.

Ответ (решение):

Среднелогарифмический перепад температур в воздухоохладителе

$$T_n = \frac{(T_k - T_2) - (T_{\text{охл}} - T_1)}{2,3 \lg \frac{T_k - T_2}{T_{\text{охл}} - T_1}} = \frac{(385 - 303) - (324 - 298)}{2,3 \lg \frac{385 - 303}{324 - 298}} = 49^\circ \cdot$$

Площадь теплообмена воздухоохладителя $F_{\text{охл}} = \frac{Q}{k T_n} = \frac{215}{201 \cdot 49} = 22 \text{ м}^2 \cdot$

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 18.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Определить мощность на привод компрессора для двигателя с механическим наддувом мощностью 100 кВт, если КПД компрессора $\eta_k = 0,6$; коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,1$; удельная адиабатная работа компрессора $l_{\text{к.ад}} = 40$ кДж/кг; удельный эффективный расход топлива $g_e = 0,245$ кг/кВт·ч; количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания топлива $l_0 = 14,3$ кг/кг, механический КПД передачи $\eta_m = 0,95$.

Ответ (решение):

Расход воздуха через двигатель и, соответственно, компрессор равен

$$G_k = \frac{g_e \alpha l_0 N_e}{3600} = \frac{0,245 \cdot 1,1 \cdot 14,3 \cdot 100}{3600} = 0,107 \text{ кг/с} \cdot$$

Мощность, необходимая для привода компрессора

$$N_k = \frac{G_k I_{k,ад}}{\eta_k \eta_m} = \frac{0,107 \cdot 40000}{0,6 \cdot 0,95} = 7,51 \text{ кВт}$$

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 19.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Укажите недостатки поршневого компрессора

Ответ (решение): Недостатки поршневого компрессора 1. Характеристика компрессора не очень хорошо согласуется с потребными характеристиками дизеля в широком диапазоне изменения режимов работы.

2. Сложность и громоздкость конструкции.
3. Неуравновешенность.
4. Загрязнение подаваемого воздуха маслом.
5. Пульсации давления.
6. Существенный нагрев компрессора, что снижает его производительность.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 20.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Какие показатели улучшаются при использовании наддува?

Ответ (решение): Применение наддува позволяет добиться следующего.

1. Повысить мощность двигателя при заданных габаритах или уменьшить вес и габариты при той же мощности.
2. Улучшить экономичность за счет роста индикаторного и механического КПД.
3. Расширить возможности получения желаемой характеристики крутящего момента двигателя по частоте вращения.
4. Улучшить экологические показатели двигателя.
5. Уменьшить падение мощности при снижении плотности окружающего воздуха.

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 1

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	1234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	2	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	4	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	43215	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	12345	1б – полное правильное соответствие

		06 – остальные случаи
12.	52341 или 23541	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
13.	A2B1B4Г5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
14.	A2B1B5Г3	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
15.	A2B4B3Г1	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
16.	Окружная скорость колеса на диаметре $d_1 = 37$ мм $u_1 = \frac{\pi n d_1}{30 \cdot 2} = \frac{3,14 \cdot 160\,000 \cdot 0,037}{30 \cdot 2} = 310 \text{ м/с}$ Угол между векторами скоростей w_1 и c_1 $\beta_1 = \arctg \frac{c_1}{u_1} = \arctg \frac{140}{310} = 24,3^\circ$	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
17.	Среднелогарифмический перепад температур в воздухоохладителе $T_n = \frac{(T_k - T_2) - (T_{охл} - T_1)}{2,31g \frac{T_k - T_2}{T_{охл} - T_1}} = \frac{(385 - 303) - (324 - 298)}{2,31g \frac{385 - 303}{324 - 298}} = 49^\circ$ Площадь теплообмена воздухоохладителя $F_{охл} = \frac{Q}{k T_n} = \frac{215}{201 \cdot 49} = 22 \text{ м}^2$	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
18.	Расход воздуха через двигатель и, соответственно, компрессор равен $G_k = \frac{g_e \alpha l_0 N_e}{3600} = \frac{0,245 \cdot 1,1 \cdot 14,3 \cdot 100}{3600} = 0,107 \text{ кг/с}$ Мощность, необходимая для привода компрессора $N_k = \frac{G_k l_{к.ад}}{\eta_k \eta_m} = \frac{0,107 \cdot 40000}{0,6 \cdot 0,95} = 7,51 \text{ кВт}$	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
19.	Недостатки поршневого компрессора 1. Характеристика компрессора не очень хорошо согласуется с потребными характеристиками дизеля в широком диапазоне изменения режимов работы. 2. Сложность и громоздкость конструкции. 3. Неуравновешенность. 4. Загрязнение подаваемого воздуха маслом. 5. Пульсации давления. 6. Существенный нагрев компрессора, что снижает его производительность.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
20.	Применение наддува позволяет добиться следующего. 1. Повысить мощность двигателя при заданных габаритах или уменьшить вес и габариты при той же мощности. 2. Улучшить экономичность за счет роста индикаторного и механического КПД. 3. Расширить возможности получения желаемой характеристики крутящего момента двигателя по частоте вращения. 4. Улучшить экологические показатели двигателя. 5. Уменьшить падение мощности при снижении плотности окружающего воздуха.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

Шкала оценивания теста

шкала оценивания	интервал баллов
5	27-30
4	21-26

шкала оценивания	интервал баллов
3	14-20
2	0-13

ВАРИАНТ 2

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 1.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Выберите нагнетатели объемного типа (заряд сжимается в изолированных внутренних полостях машины с уменьшением объема этих полостей при переносе из полости всасывания в полость нагнетания)

- 1) поршневые
- 2) диафрагменные
- 3) роторные
- 4) центробежные
- 5) осевые

Ответ: 123

Обоснование: 4 и 5 не объемные, у центробежных воздух засасывается в центр вращающегося рабочего колеса с радиальными лопастями и прижимается к центру центробежной силой; осевые компрессоры состоят из чередующихся подвижных лопаточных решёток ротора, состоящих из лопаток закреплённых на валу и именуемых рабочими колёсами (РК), и неподвижных лопаточных решёток статора и именуемых направляющими аппаратами. Совокупность, состоящая из одного рабочего колеса и одного направляющего аппарата именуется ступенью.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 2.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Какого типа охладители применяются для охлаждения наддувочного воздуха в системах надува ДВС?

- 1) водо-воздушные.
- 2) воздухо-воздушные.
- 3) масляно-воздушные
- 4) все вышеперечисленные
- 5) все ответы неверные

Ответ: 12

Обоснование: наддувочный воздух охлаждается воздухом и охлаждающей жидкостью ДВС.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 3.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Какие виды надува ДВС нашли широкое практическое применение?

- 1) газотурбинный
- 2) приводной
- 3) эжекционный
- 4) инерционный
- 5) резонансный

Ответ: 12

Обоснование: Газотурбинный метод использует турбину, приводимую в действие отработавшими газами, чтобы повысить давление воздуха перед поступлением в двигатель. В приводном наддуве компрессор механически приводится в действие двигателем обычно через ремень от коленчатого вала.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Перечислите основные конструктивные элементы турбокомпрессора

- 1) компрессорное колесо.
- 2) турбинное колесо.
- 3) вал турбины.
- 4) подшипники скольжения.
- 5) перепускной клапан.

Ответ: 12345

Обоснование: колесо компрессора и турбины находятся на одном валу на подшипниках, размещенных в корпусе с перепускным клапаном, предотвращающим перегрев турбины и перенаддув.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Найдите определение газовой турбины.

- 1) лопаточная машина с лопатками на рабочем колесе.
- 2) лопаточная машина динамического действия, в которой часть энергии поступающих газов используется для получения механической работы в процессе расширения газов в неподвижных элементах проточной части машины и в межлопаточных каналах рабочего колеса.
- 3) лопаточная машина динамического действия, где происходит преобразование подводимой механической работы в энергию давления. Сжатие осуществляется за счет действия центробежных сил инерции на массы рабочего тела, увлекаемые во вращательное движение вместе с рабочим колесом компрессора
- 4) поршневая машина, использующая возвратно-поступательное движение поршня для сжатия газа в цилиндре. Всасывающие и нагнетательные клапаны автоматически реагируют на перепад давления, обеспечивая сжатие газа
- 5) роторная машина, в которой сжатие воздуха осуществляется с помощью ротора винтового или спирального профиля

Ответ: 2

Обоснование: газовой турбина - лопаточная машина динамического действия, в которой часть энергии поступающих газов используется для получения механической работы в процессе расширения газов в неподвижных элементах проточной части машины и в межлопаточных каналах рабочего колеса.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Выберите определение центробежного компрессора.

- 1) лопаточная машина с лопатками на рабочем колесе.
- 2) лопаточная машина динамического действия, в которой часть энергии поступающих газов используется для получения механической работы в процессе расширения газов в неподвижных элементах проточной части машины и в межлопаточных каналах рабочего колеса.
- 3) лопаточная машина динамического действия, где происходит преобразование подводимой механической работы в энергию давления. Сжатие осуществляется за счет действия центробежных сил инерции на массы рабочего тела, увлекаемые во вращательное движение вместе с рабочим колесом компрессора
- 4) поршневая машина, использующая возвратно-поступательное движение поршня для сжатия газа в цилиндре. Всасывающие и нагнетательные клапаны автоматически реагируют на перепад давления, обеспечивая сжатие газа
- 5) роторная машина, в которой сжатие воздуха осуществляется с помощью ротора винтового или спирального профиля

Ответ: 3

Обоснование: центробежный компрессор - лопаточная машина динамического действия, где происходит преобразование подводимой механической работы в энергию давления. Сжатие осуществляется за счет действия центробежных сил инерции на массы рабочего тела, увлекаемые во вращательное движение вместе с рабочим колесом компрессора

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое турбина активного типа?

- 1) турбина, в которой процесс расширения газов заканчивается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока.
- 2) турбина, в которой расширение газов происходит как в сопловом аппарате, так и в сужающихся межлопаточных каналах рабочего колеса и вращающий момент создается как вследствие поворота потока, так и вследствие действия реактивной силы при расширении
- 3) турбина, в которой процесс расширения газов начинается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока
- 4) турбина, в которой расширение газов начинается в сопловом аппарате, так и в сужающихся межлопаточных каналах рабочего колеса и вращающий момент создается как вследствие поворота потока, так и вследствие действия реактивной силы при расширении
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1

Обоснование: турбина активного типа, если процесс расширения газов заканчивается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое турбина реактивного типа?

- 1) турбина, в которой процесс расширения газов заканчивается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока.
- 2) турбина, в которой расширение газов происходит как в сопловом аппарате, так и в

сужающихся межлопаточных каналах рабочего колеса и вращающий момент создается как вследствие поворота потока, так и вследствие действия реактивной силы при расширении

3) турбина, в которой процесс расширения газов начинается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока

4) турбина, в которой расширение газов начинается в сопловом аппарате, так и в сужающихся межлопаточных каналах рабочего колеса и вращающий момент создается как вследствие поворота потока, так и вследствие действия реактивной силы при расширении

5) нет правильного ответа

Ответ: 2

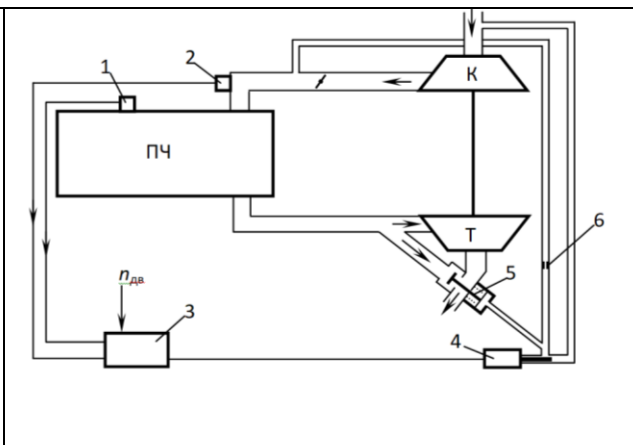
Обоснование: турбина, в которой расширение газов происходит как в сопловом аппарате, так и в сужающихся межлопаточных каналах рабочего колеса и вращающий момент создается как вследствие поворота потока, так и вследствие действия реактивной силы при расширении.

Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В схеме регулирования давления наддува в бензиновых двигателях блок управления 3 поршневой части ПЧ по сигналам с датчика детонации 1, с датчика давления наддува 2 и частоты вращения коленчатого вала $n_{дв}$ управляет временем открытого и закрытого положения электромагнитного клапана 4 тем самым, управляет давлением наддува. В какой последовательности это происходит при переходе с больших нагрузок на малые и в случае превышения максимального давления наддува?



4) электромагнитный клапан 4 закрывается (его черный наконечник перекрывает связь трубопроводов, расположенных ниже жиклера 6 с атмосферой

3) на мембрану клапана 5 действует давление наддува

2) что приводит к открытию клапана 5 под действием давления наддува

1) так как клапан 5 открылся (клапан поднимается вверх) часть отработавших газов направляющихся к турбине через этот клапан 5 отводится в выхлопной тракт, минуя турбину, что в итоге приводит

5) к перепуску газов за турбину и понижению мощности турбины, а значит и компрессора, давление наддува снижается.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

4	3	2	1	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Установите последовательность работы турбокомпрессора

3) Отработавшие газы поступают на рабочее колесо турбины,

2) где в результате расширения в ней ОГ производят механическую работу по вращению вала, далее сработавшие газы отводятся в атмосферу

1) вращения вала передается на находящееся с другой стороны вала рабочее колесо компрессора

4) при вращении рабочего колеса компрессора происходит сжатие в нем воздуха

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие компрессоров.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	поршневой компрессор	1	использует вращающиеся винты для сжатия газа, обеспечивая высокую производительность и надежность
Б	винтовой компрессор	2	использует возвратно-поступательное движение поршня для сжатия газа в цилиндре. Применяется для производства сжатого воздуха, а также для передачи природного газа по трубопроводам.
В	пластинчатый компрессор	3	компрессор газ сжимает с помощью мембраны, которая движется вперед и назад. Он обычно используется для чистых газов.
Г	спиральный компрессор	4	использует пластинчатые роторы для сжатия газа, компактен и хорошо подходит для небольших помещений.
		5	имеет спиральную форму и обеспечивает непрерывный поток сжатого воздуха.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие компрессоров.

Подберите к каждому виду наддува свое описание.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	резонансный	1	один из методов агрегатного наддува, основанный на использовании энергии отработавших газов. Основной элемент системы - турбина, в которой выхлопные газы адиабатно совершают термодинамическую работу для совершения работы над воздухом с целью адиабатного повышения давления. Таким образом, если пренебречь потерями на механическое трение, получается, что разность внутренней энергии выхлопных газов до и после турбины равна разности внутренней энергии воздуха после и до центробежного компрессора.
Б	турбонаддув	2	наддув, при котором эффект достигается за счёт колебательных явлений во впускном и/или выпускном трубопроводах, при котором используется кинетическая энергия объема воздуха во впускных коллекторах (нагнетатель в этом случае не нужен). Для кратковременного повышения давления вполне подойдет волна сжатия, «гуляющая» по впускному трубопроводу при работе мотора. Достаточно лишь рассчитать длину самого трубопровода, чтобы волна, несколько раз отразившись от его концов, пришла к клапану в нужный момент.
В	инерционный	3	наддув, при котором привод компрессора осуществляется непосредственно от коленчатого вала двигателя, компрессор способен закачивать воздух в цилиндры при минимальных оборотах и без задержки увеличивать давление наддува строго пропорционально оборотам мотора
Г	механический	4	наддув благодаря непосредственной передаче давления от отработавших газов к воздуху в ячейках вращающегося ротора, торцовые шайбы которого снабжены окнами подвода и отвода газов и воздуха низкого и высокого давления
		5	наддув, при котором основным фактором создания избыточного давления перед клапаном является скоростной напор потока во впускном трубопроводе. Дает незначительную прибавку мощности при высоких (больше 140 км/ч) скоростях движения. Используется в основном на мотоциклах.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	5	3

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие назначений деталей турбокомпрессора.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	турбинное колесо	1	обеспечивают вращение вала ротора.
Б	компрессорное колесо	2	преобразует энергию отработавших газов и передает ее компрессору.
В	вал турбины (ось)	3	соединяет турбинное и компрессорное колеса.
Г	подшипники скольжения	4	засасывает воздух, сжимает его и направляет в цилиндры двигателя.
		5	управляет потоком отработанных газов, воздействующим на колесо турбины

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	4	3	1

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 16.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Характеристики компрессора, полученные при разных атмосферных условиях, могут отличаться, поэтому измеренные при испытаниях параметры приводят к стандартным атмосферным условиям. Как это делают?

Ответ (решение): Характеристики компрессора, полученные при разных атмосферных условиях, могут отличаться, поэтому измеренные при испытаниях параметры приводят к стандартным атмосферным условиям. Согласно ГОСТ Р 53637-2009 стандартными условиями считаются: давление $p_{ст} = 100$ кПа; температура $T_{ст} = 25^\circ$ С. Расход воздуха, приведенный к стандартным условиям, вычисляют по формуле $G_{кпр} = G_k \frac{p_{ст}}{p_0} \sqrt{\frac{T_0}{T_{ст}}}$, где p_0 и T_0 – давление и

температура окружающей среды, при которых снимается характеристика компрессора.

Частоту вращения колеса компрессора, приведенную к стандартным условиям, вычисляют по формуле $n_{пр} = n \sqrt{\frac{T_{ст}}{T_0}}$, где n – частота вращения колеса компрессора, при которой снимается

характеристика компрессора.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 17.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Какие существуют способы регулирования компрессоров и турбин?

Ответ (решение):

Для регулирования компрессоров и турбин могут использоваться следующие способы.

1. Дросселирование воздуха на входе в компрессор или на выходе из него.
2. Изменение угла входа потока воздуха на входе в компрессор (поворотными лопатками).
3. Поворот лопаток лопаточного диффузора.
4. Одновременное применение способов 2 и 3.
5. Перепуск воздуха из нагнетательного патрубка во всасывающий, в турбину или в атмосферу.
6. Дросселирование газа на входе в турбину или на выходе из нее.
7. Изменение высоты соплового аппарата турбины.
8. Применение регулируемого соплового аппарата.
9. Перепуск части выпускных газов в атмосферу.
10. Одновременное регулирование турбины и компрессора.
11. Изменение частоты вращения вала компрессора или турбокомпрессора дифференциальной передачей.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Опишите схему двигателя с силовой турбиной

Ответ (решение): Двигатель может иметь турбокомпрессор с газовой связью и силовую турбину. Если турбина турбокомпрессора имеет связь с коленчатым валом, то двигатель называется турбокомпаундным.

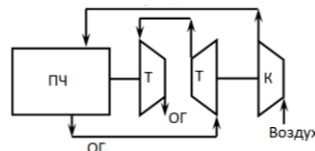


Схема двигателя с силовой турбиной

Достоинством схемы является повышение КПД двигателя за счет более полного использования энергии отработавших газов. Схема используется на некоторых грузовиках Scania и в двухтактных тепловозных и судовых дизелях.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 19.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Из каких материалов изготавливают детали турбокомпрессора?

Ответ (решение): Колесо компрессора и улитку компрессора изготавливают преимущественно из алюминиевых сплавов литьем, а при высоких давлениях наддува и температурах (до 200° С) применяют сталь. Турбина работает при высоких температурах газа (500 – 1300° С), поэтому колесо турбины изготавливают из легированной стали, а корпус турбины – из чугуна или из стали. В настоящее время ведущие мировые производители ведут работы по применению керамических материалов в турбокомпрессорах.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 20.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Какие основные свойства волнового обменника давления?

Ответ (решение): Достоинства обменника давления "Компрекс" следующие.

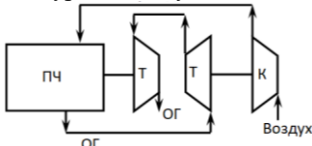
1. Благоприятное протекание внешней скоростной характеристики двигателя.
2. Высокая приемистость.

К недостаткам обменника можно отнести следующее.

1. Смешение газов в зоне контакта.
2. Увеличенные габариты по сравнению с турбокомпрессором.
3. Большая стоимость.
4. Отклонение от расчетного режима приводит к ухудшению показателей двигателя.
5. Теплообмен со стенками ротора снижает плотность воздуха.

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 2

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	123	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	12	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	12	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	2	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	2	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	43215	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	32145	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	14325	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
12.	15234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
13.	A2B1B4Г5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
14.	A2B1B5Г3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
15.	A2B4B3Г1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
16.	Характеристики компрессора, полученные при разных атмосферных условиях, могут отличаться, поэтому измеренные при испытаниях параметры приводят к стандартным атмосферным условиям. Согласно ГОСТ Р 53637-2009 стандартными условиями считаются: давление $p_{ст} = 100$ кПа; температура $T_{ст} = 25^\circ$ С. Расход воздуха, приведенный к стандартным условиям, вычисляют по формуле $G_{к пр} = G_k \frac{p_{ст}}{p_0} \sqrt{\frac{T_0}{T_{ст}}}$, где p_0 и T_0 – давление и температура окружающей среды, при которых снимается характеристика компрессора. Частоту вращения колеса компрессора, приведенную к стандартным условиям, вычисляют по формуле $n_{пр} = n \sqrt{\frac{T_{ст}}{T_0}}$, где n – частота вращения колеса компрессора,	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

	при которой снимается характеристика компрессора.	
17.	Для регулирования компрессоров и турбин могут использоваться следующие способы. 1. Дросселирование воздуха на входе в компрессор или на выходе из него. 2. Изменение угла входа потока воздуха на входе в компрессор (поворотными лопатками). 3. Поворот лопаток лопаточного диффузора. 4. Одновременное применение способов 2 и 3. 5. Перепуск воздуха из нагнетательного патрубка во всасывающий, в турбину или в атмосферу. 6. Дросселирование газа на входе в турбину или на выходе из нее. 7. Изменение высоты соплового аппарата турбины. 8. Применение регулируемого соплового аппарата. 9. Перепуск части выпускных газов в атмосферу. 10. Одновременное регулирование турбины и компрессора. 11. Изменение частоты вращения вала компрессора или турбокомпрессора дифференциальной передачей.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
18.	Двигатель может иметь турбокомпрессор с газовой связью и силовую турбину. Если турбина турбокомпрессора имеет связь с коленчатым валом, то двигатель называется турбокомпаундным.  Схема двигателя с силовой турбиной Достоинством схемы является повышение КПД двигателя за счет более полного использования энергии отработавших газов. Схема используется на некоторых грузовиках Scania и в двухтактных тепловозных и судовых дизелях.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
19.	Колесо компрессора и улитку компрессора изготавливают преимущественно из алюминиевых сплавов литьем, а при высоких давлениях наддува и температурах (до 200° С) применяют сталь. Турбина работает при высоких температурах газа (500 – 1300° С), поэтому колесо турбины изготавливают из легированной стали, а корпус турбины – из чугуна или из стали. В настоящее время ведущие мировые производители ведут работы по применению керамических материалов в турбокомпрессорах.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
20.	Достоинства обменника давления "Комплекс" следующие. 1. Благоприятное протекание внешней скоростной характеристики двигателя.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной

	2. Высокая приемистость. К недостаткам обменника можно отнести следующее. 1. Смещение газов в зоне контакта. 2. Увеличенные габариты по сравнению с турбокомпрессором. 3. Большая стоимость. 4. Отклонение от расчетного режима приводит к ухудшению показателей двигателя. 5. Теплообмен со стенками ротора снижает плотность воздуха.	ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
--	---	---

Шкала оценивания теста

шкала оценивания	интервал баллов
5	27-30
4	21-26
3	14-20
2	0-13

Оценочные средства по дисциплине «Агрегаты наддува ДВС»

Вопросы при защите практической работы (базовый уровень):

1. Расчет системы г.т.н. при $P_t = \text{const}$ для 2-х и 4-х тактных ДВС. Расчет системы г.т.н. при $P_t = \text{var}$, основные положения и исходные уравнения.
2. Уравнение объемного баланса для выхлопного коллектора, определение коэффициента выходящих из цилиндра газов $D_{st}V$.
3. Определение мощности турбины по кривой давления в выхлопном коллекторе.
4. Определение проходного сечения соплового аппарата турбины для 4-х и 2-х тактных ДВС, корректировка мощности импульсной турбины.
5. Уравнение объемного баланса для выхлопного коллектора, определение коэффициента выходящих через турбину газов $D_t V$.
6. Турбонаддув с преобразователем импульсов давления.
7. Изобарные системы турбонаддува дизелей.
8. Импульсные системы турбонаддува дизелей.
9. Система наддува с волновым обменником давления.
10. Ряды турбокомпрессоров.
11. Принципиальная схема ТК, особенности рабочего процесса.
12. КПД турбины. Совершенствование конструкции и рабочего процесса турбины.
13. КПД компрессора, совершенствование конструкции и рабочего процесса компрессора.
14. Система наддува "Гипербар".
15. Совместная работа турбины и компрессора.
16. Характеристики совместной работы дизеля и турбокомпрессора. Качественное регулирование турбонаддува.
17. Количественное регулирование турбонаддува.
18. Продувка цилиндра двигателя. Условия протекания и расчет. Импульсная система наддува двигателя.
19. Качественное и количественное регулирование турбонаддува в дизелях.
20. Центробежные компрессоры для наддува дизелей.
21. Центробежные лопаточные машины для наддува ДВС.
22. Скорость звука.
23. Предельная скорость газа.
24. Мощностной к.п.д. процессов сжатия и расширения.
25. Эффективный к.п.д. процессов сжатия и расширения.
26. Связь мощностного и эффективного к.п.д.
27. Адиабатический к.п.д. процессов сжатия и расширения.
28. Адиабатический к.п.д. по параметрам заторможенного потока.

29. Схема и принцип действия центробежного компрессора.
30. Классификация турбин.
31. Эжекционные системы наддува.

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к практическим занятиям:

- «Расчет струйных аппаратов» по дисциплине «Газовая динамика и агрегаты наддува» (для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания») / Сост.: Брянцев М.А. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2018.- 30с.;

- «Расчет системы газотурбинного наддува ДВС» по дисциплине «Газовая динамика и агрегаты наддува» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост. М.А.Брянцев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018.- 350с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству практическая работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Практическая работа выполнена на высоком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 75-100 %, соответствуют правильному решению на 90-100 % вопросов/задач)
4	Практическая работа выполнена на среднем уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 50-75 %, соответствуют правильному решению на 75-89 % вопросов/задач)
3	Практическая работа выполнена на низком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно 40-50 %, соответствуют правильному решению на 50-74 % вопросов/задач)
2	Практическая работа выполнена на неудовлетворительном уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически неправильно, соответствуют правильному решению менее чем на 50 %)

Вопросы при защите лабораторной работы (базовый уровень):

1. Наддув как средство форсирования ДВС.
2. Идеальный цикл комбинированного ДВС с нагнетателем.
3. Идеальный цикл комбинированного ДВС с использованием энергии выхлопных газов.
4. Идеальный цикл комбинированного ДВС с охлаждением наддувочного воздуха.
5. Идеальный цикл комбинированного ДВС с турбокомпрессором.
6. Объемные компрессоры. Роторно-шестеренчатые компрессоры (типа Рут).
7. Компрессоры с винтовыми роторами.
8. Поршневые компрессоры, роторно-пластинчатые компрессоры.
9. Центробежные компрессоры. Осевые компрессоры.
10. Газовые турбины. Осевые и радиальные турбины.
11. Схемы комбинированных ДВС.
12. Конструктивные схемы турбокомпрессоров.
13. Волновые преобразователи энергии.
14. Система наддува Comprex.
15. Геометрические параметры профиля и решетки профилей.
16. Основные параметры ступени компрессора.
17. Турбина активного типа.
18. Осевая турбина реактивного типа.
19. Радиальная турбина.

20. Основные параметры турбины.
21. Гидравлические потери в решетках турбомашин. Классификация потерь.
22. Профильные потери в решетках.
23. Концевые и дополнительные потери в решетках.
24. Характеристика компрессора.
25. Профилирование колеса компрессора.
26. Профилирование лопаток диффузора компрессора.
27. Характеристика турбины.
28. Располагаемая работа выпускных газов.
29. Показатели эффективности использования энергии выпускных газов.
30. Необходимость охлаждения наддувочного воздуха.
31. Способы охлаждения наддувочного воздуха.
32. Поверхностные охладители наддувочного воздуха.
33. Согласованность характеристик двигателя с объемным и лопаточным нагнетателями.
34. Способы регулирования компрессора.
35. Способы регулирования турбины.
36. Регулирование компрессора дросселированием воздуха.
37. Регулирование компрессора изменением угла входа потока воздуха на лопатки компрессора.
38. Регулирование компрессора поворотом лопаток лопаточного диффузора.
39. Регулирование компрессора перепуском воздуха.
40. Регулирование турбины дросселированием газа.
41. Регулирование турбины изменением угла выхода потока газа из соплового аппарата.

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к лабораторным работам по дисциплине «Газовая динамика и агрегаты наддува» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост. М.А.Брянцев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018.- 22с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству лабораторная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Лабораторная работа выполнена на высоком уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 90-100 % вопросов/задач)
4	Лабораторная работа выполнена на среднем уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 75-89 % вопросов/задач)
3	Лабораторная работа выполнена на низком уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 50-74 % вопросов/задач)
2	Лабораторная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны менее чем на 50 %)

Задания к контрольной работе (базовый уровень):

1. Что такое «наддув»?

* Предварительное сжатие заряда перед подачей его в рабочую камеру поршневого двигателя.

2. Какова цель применения наддува в ДВС?

* Увеличение массового наполнения рабочей камеры поршневого двигателя.

3. Дайте классификацию способов наддува ДВС.

* Наддув может быть осуществлен без применения специальных устройств - газодинамический, или волновой, наддув. В случае применения специальных устройств наддув осуществляется с помощью:

- а) приводных нагнетателей;
- б) турбонаддува;
- в) волновых преобразователей энергии.

4. Как различаются по принципу действия нагнетатели, применяемые для наддува ДВС?

* Применяются нагнетатели двух основных типов:

- а) нагнетатели объемного типа;
- б) осевые и центробежные нагнетатели (компрессоры) – лопаточные машины динамического действия.

5. Каков принцип действия нагнетателей объемного типа?

* В объемных нагнетателях заряд сжимается в изолированных внутренних полостях машины с уменьшением объема этих полостей при переносе из полости всасывания в полость нагнетания.

6. Перечислите основные типы объемных нагнетателей, применяемых для наддува ДВС.

- а) Роторно-шестеренчатые;
- б) поршневые;
- в) винтовые;
- г) роторно-пластинчатые.

7. Дайте определение осевых и центробежных компрессоров.

Лопаточные машины динамического действия, сжатие газа в которых происходит при взаимодействии высокоскоростного потока газа с лопатками рабочего колеса и неподвижными элементами проточной части машины.

8. Перечислите основные конструктивные элементы центробежного компрессора.

- а) входное устройство;
- б) рабочее колесо, снабженное лопатками;
- в) лопаточный и (или) безлопаточный диффузор;
- г) воздухохоборник («улитка»).

9. Дайте определение напорных характеристик нагнетателя.

Зависимости степени повышения давления и адиабатного КПД нагнетателя от расхода при различных частотах вращения ротора.

10. Дайте определение газовой турбины.

* Лопаточная машина динамического действия, в которой часть энергии поступающих газов используется для получения механической работы в процессе расширения газов в неподвижных элементах проточной части машины и в межлопаточных каналах рабочего колеса.

11. Какова цель применения газовых турбин в КДВС?

Использование части энергии выпускных газов в расширительной машине для получения механической работы.

12. Что такое турбонаддув?

Способ наддува ДВС, при котором часть энергии отработавших газов используется для получения механической энергии в расширительной машине (газовой турбине), которая частично или полностью используется на привод нагнетателя.

13. Что такое турбокомпрессор?

Агрегат, состоящий из компрессора и турбины, объединенных общим валом.

14. Перечислите основные конструктивные элементы газовой турбины

- а) Входной патрубок;
- б) сопловой (лопаточный или безлопаточный) аппарат;
- в) рабочее колесо, снабженное лопатками;
- г) выходной патрубок.

15. Что такое турбина активного типа?

Турбина, в которой процесс расширения газов заканчивается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока

16. Что такое турбина реактивного типа?

Турбина, в которой расширение газов происходит как в сопловом аппарате, так и в сужающихся межлопаточных каналах рабочего колеса и вращающий момент создается как вследствие поворота потока, так и вследствие действия реактивной силы при расширении.

17. Дайте определение адиабатного КПД нагнетателей.

* Отношение работы адиабатного изэнтропного сжатия к действительной работе, затраченной на сжатие.

18. Дайте определение адиабатного КПД турбин.

* Отношение действительной работы расширения газов на турбине к работе адиабатного изэнтропного расширения.

19. Перечислите основные составляющие потерь при течении газов в проточной части лопаточных машин.

а) Потери, обусловленные фундаментальными свойствами газов: теплоотдача и трение о стенки, вихреобразование и отрыв в пограничных слоях, образование скачков уплотнения, отрыв при нерасчетных углах входа потока, перераспределение и выравнивание параметров потока по сечению;

б) потери, обусловленные конструктивным исполнением реальных лопаточных машин: вторичные течения в межлопаточных каналах, утечки в зазорах, трение дисков рабочих колес о газ, потери кинетической энергии с потоком отходящих газов, потери при парциальном подводе газов к турбине.

20. Что такое максимальная работоспособность рабочего тела?

* Это максимальная удельная работа, которая может быть получена от рабочего тела в обратимых процессах перехода из данного состояния в состояние полного равновесия с окружающей средой.

21. Что такое эксергический КПД части тепловой машины?

Отношение полученной в данной части машины механической работы к разности эксергий на входе и на выходе из данной части тепловой машины.

22. Опишите способ использования энергии выпускных газов с турбиной постоянного давления.

Газы в турбину поступают из выпускного коллектора большого объема, с которым соединены выпускные патрубки группы цилиндров. Это обеспечивает близкие к стационарным параметры в потоке на входе в турбину, благоприятные для ее эффективной работы.

23. Опишите способ использования энергии выпускных газов с импульсной турбиной.

К турбине подсоединяются короткие патрубки от 1-3 цилиндров, чтобы выпускные импульсы от цилиндров не накладывались. Это обеспечивает минимальные потери работоспособности при перетекании газов из цилиндра в турбину.

24. Для чего применяется регулирование компрессоров и турбин?

Расширение диапазона эффективной совместной работы этих агрегатов друг с другом и с поршневым ДВС.

25. Какова цель охлаждения наддувочного воздуха в двигателях с наддувом?

- а) Повышение плотности свежего заряда;
- б) снижение теплонапряженности комбинированного ДВС;
- в) уменьшение удельной работы сжатия.

26. Какого типа охладители применяются для охлаждения наддувочного воздуха в системах надува ДВС?

Рекуперативные поверхностные водо-воздушные и воздухо-воздушные охладители.

Тест (базовый уровень)

1. Какой вид надува ДВС не нашел широкого практического применения?

Выберите один ответ:

- а) газотурбинный
- б) приводной
- в) **эжекционный**
- г) **резонансный**
- д) инерционный

2. Какой вид наддува характеризуется повышенным удельным эффективным расходом топлива?

Выберите один ответ:

- а) **Приводной**
- б) свободный газотурбинный
- в) резонансный
- г) инерционный
- д) Эжекционный

3. В турбокомпрессоре в потенциальную энергию давления сжатого воздуха преобразуется в основном:

Выберите один ответ:

- а) работа насосного хода выпуска
- б) кинетическая энергия вращения ротора, запасенная от предыдущего цикла
- в) работа, снимаемая с коленчатого вала
- г) **энтальпия потока отработавших газов**
- д) правильного ответа нет

4. Короткий конический канал, в который газ входит через большее основание и выходит через меньшее называется:

Выберите один ответ:

- а) сопло Лаваля
- б) трубка Вентури
- в) трубка Пито
- г) диффузор
- д) **сопло**

5. Для чего применяется охлаждение наддувочного воздуха перед впускным коллектором двигателя?

Выберите один ответ:

- а) для снижения теплонапряженности деталей цпг
- б) **для повышения массы заряда, поступающего в цилиндр**
- в) для снижения токсичности отработавших газов
- г) для повышения коэффициента избытка воздуха
- д) правильного ответа нет

6. В случае применения специальных устройств наддув осуществляется с помощью:

- а) приводных нагнетателей;
- б) турбонаддува;
- в) волновых преобразователей энергии.
- г) **все перечисленные**

7. Как различаются по принципу действия нагнетатели, применяемые для наддува ДВС?

- а) нагнетатели объемного типа;
- б) осевые и центробежные нагнетатели (компрессоры) – лопаточные машины динамического действия.
- в) **все перечисленные**

8. Какого типа охладители применяются для охлаждения наддувочного воздуха в системах наддува ДВС?

- а) Рекуперативные поверхностные водо-воздушные охладители.
- б) Рекуперативные поверхностные воздухо-воздушные охладители.
- в) **все перечисленные**

9. Каков принцип действия нагнетателей объемного типа?

- а) **В объемных нагнетателях заряд сжимается в изолированных внутренних полостях машины с уменьшением объема этих полостей при переносе из полости всасывания в полость нагнетания.**
- б) заряд сжимается в не изолированных внутренних полостях машины с уменьшением объема этих полостей при переносе из полости всасывания в полость нагнетания.

в) заряд сжимается в изолированных внутренних полостях машины с увеличением объема этих полостей при переносе из полости всасывания в полость нагнетания.

10. Перечислите основные типы объемных нагнетателей, применяемых для наддува ДВС.

- а) Все перечисленные
- б) поршневые;
- в) винтовые;
- г) роторно-пластинчатые.
- д) Роторно-шестеренчатые

11. Дайте определение осевых и центробежных компрессоров.

- а) Лопаточные машины динамического действия, сжатие газа в которых происходит при взаимодействии высокоскоростного потока газа с лопатками рабочего колеса и неподвижными элементами проточной части машины.
- б) Лопаточные машины кинематического действия, сжатие газа в которых не происходит при взаимодействии высокоскоростного потока газа с лопатками рабочего колеса и подвижными элементами проточной части машины
- в) Лопаточные машины динамического действия, сжатие газа в которых происходит без взаимодействия высокоскоростного потока газа с лопатками рабочего колеса и неподвижными элементами проточной части машины

12. Перечислите основные конструктивные элементы центробежного компрессора.

- а) входное устройство;
- б) рабочее колесо, снабженное лопатками;
- в) лопаточный и (или) безлопаточный диффузор;
- г) воздухохоборник («улитка»).
- д) все перечисленные

13. Дайте определение напорных характеристик нагнетателя.

- а) зависимости степени повышения давления и адиабатного КПД нагнетателя от расхода при различных частотах вращения ротора.
- б) зависимости степени повышения давления и адиабатного КПД ДВС от расхода при различных частотах вращения ДВС
- в) нет правильного ответа

14. Дайте определение газовой турбины.

- а) лопаточная машина динамического действия, в которой часть энергии поступающих газов используется для получения механической работы в процессе расширения газов в неподвижных элементах проточной части машины и в межлопаточных каналах рабочего колеса.
- б) лопаточная машина с лопатками на рабочем колесе.
- в) нет правильного ответа

11. Какова цель применения газовых турбин в КДВС?

- а) использование части энергии выпускных газов в расширительной машине для получения механической работы.
- б) использование части энергии системы охлаждения в расширительной машине для получения механической работы.
- в) нет правильного ответа

12. Что такое турбонаддув?

- а) способ наддува ДВС, при котором часть энергии отработавших газов используется для получения механической энергии в расширительной машине (газовой турбине), которая частично или полностью используется на привод нагнетателя.
- б) способ наддува ДВС, при котором вся энергия отработавших газов используется для получения механической энергии в расширительной машине (газовой турбине), которая частично используется на привод нагнетателя.
- в) нет правильного ответа

13. Что такое турбокомпрессор?

- а) агрегат, состоящий из компрессора и турбины, объединенных общим валом.

б) агрегат, состоящий из компрессора и турбины, на разных валах.

в) нет правильного ответа

14. Перечислить основные конструктивные элементы газовой турбины

а) Входной патрубок, выходной патрубок.

б) сопловой (лопаточный или безлопаточный) аппарат;

в) рабочее колесо, снабженное лопатками;

г) **все перечисленные**

15. Что такое турбина активного типа?

а) **турбина, в которой процесс расширения газов заканчивается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока.**

б) турбина, в которой расширение газов происходит как в сопловом аппарате, так и в сужающихся межлопаточных каналах рабочего колеса и вращающий момент создается как вследствие поворота потока, так и вследствие действия реактивной силы при расширении.

в) турбина, в которой процесс расширения газов начинается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока

16. Что такое турбина реактивного типа?

а) **турбина, в которой расширение газов происходит как в сопловом аппарате, так и в сужающихся межлопаточных каналах рабочего колеса и вращающий момент создается как вследствие поворота потока, так и вследствие действия реактивной силы при расширении.**

б) турбина, в которой процесс расширения газов заканчивается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока.

в) турбина, в которой процесс расширения газов начинается, в основном, в сопловом аппарате и вращающий момент на лопатках рабочего колеса создается в основном вследствие поворота потока

17. Дайте определение адиабатного КПД нагнетателей.

а) **отношение работы адиабатного изоэнтропного сжатия к действительной работе, затраченной на сжатие.**

б) отношение расхода воздуха к действительной работе, затраченной на сжатие.

в) нет ответа.

18. Дайте определение адиабатного КПД турбин.

а) **отношение действительной работы расширения газов на турбине к работе адиабатного изоэнтропного расширения.**

б) отношение реальной работы расширения газов на турбине к работе адиабатного изоэнтропного сжатия.

в) нет ответа.

19. Перечислите основные составляющие потерь при течении газов в проточной части лопаточных машин.

а) потери, обусловленные фундаментальными свойствами газов: теплоотдача и трение о стенки, вихреобразование и отрыв в пограничных слоях, образование скачков уплотнения, отрыв при нерасчетных углах входа потока, перераспределение и выравнивание параметров потока по сечению;

б) потери, обусловленные конструктивным исполнением реальных лопаточных машин: вторичные течения в межлопаточных каналах, утечки в зазорах, трение дисков рабочих колес о газ, потери кинетической энергии с потоком отходящих газов, потери при парциальном подводе газов к турбине.

в) **все перечисленное**

20. Для чего применяется регулирование компрессоров и турбин?

а) **для расширения диапазона эффективной совместной работы этих агрегатов друг с другом и с поршневым ДВС.**

б) для расширения диапазона эффективной совместной работы этих агрегатов друг с другом.

в) для расширения диапазона эффективной совместной работы этих агрегатов только с

Задачи (повышенный уровень)

1. Определить мощность на привод компрессора для двигателя с механическим наддувом мощностью 100 кВт, если КПД компрессора $\eta_k = 0,6$; коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,1$; удельная адиабатная работа компрессора $l_{к.ад} = 40$ кДж/кг; удельный эффективный расход топлива $g_e = 0,245$ кг/кВт·ч; количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания топлива $l_0 = 14,3$ кг/кг, механический КПД передачи $\eta_m = 0,95$.

Решение

Расход воздуха через двигатель и, соответственно, компрессор равен

$$G_k = \frac{g_e \alpha l_0 N_e}{3600} = \frac{0,245 \cdot 1,1 \cdot 14,3 \cdot 100}{3600} = 0,107 \text{ кг/с}.$$

Мощность, необходимая для привода компрессора

$$N_k = \frac{G_k l_{к.ад}}{\eta_k \eta_m} = \frac{0,107 \cdot 40000}{0,6 \cdot 0,95} = 7,51 \text{ кВт}.$$

2. При частоте вращения ротора $n = 160\,000$ об/мин абсолютная скорость воздуха на входе в лопатки центробежного компрессора равна $c_1 = 140$ м/с. Определить относительную скорость воздуха на входе в лопатки компрессора на диаметре колеса на входе, $d = 37$ мм, а также угол между вектором относительной скорости и вектором окружной скорости. Схема течения (треугольник скоростей) воздуха на входе в колесо показана на рис. 1.

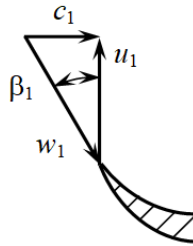


Рис. 1. Треугольник скоростей газа на входе в рабочее колесо компрессора

Решение

Окружная скорость колеса на диаметре $d_1 = 37$ мм

$$u_1 = \frac{\pi n d_1}{30 \cdot 2} = \frac{3,14 \cdot 160\,000 \cdot 0,037}{30 \cdot 2} = 310 \text{ м/с}.$$

Угол между векторами скоростей w_1 и c_1

$$\beta_1 = \arctg \frac{c_1}{u_1} = \arctg \frac{140}{310} = 24,3^\circ.$$

3. Определить мощность, развиваемую турбиной, если расход газа через нее $G_T = 0,1$ кг/с, давление и температура газа перед турбиной $p_T^* = 0,18$ МПа, $T_T^* = 700$ К, КПД по параметрам торможения $\eta_T^* = 0,75$. Давление газа за турбиной $p_r^* = 0,105$ МПа. Показатель адиабаты выхлопных газов $\gamma_r = 1,33$, газовая постоянная $R_r = 289$ Дж/(кг·К).

Решение

Степень понижения полного давления в турбине

$$\pi_T^* = p_T^* / p_r^* = 0,18 / 0,105 = 1,67.$$

Изоэнтروпическая работа турбины по параметрам заторможенного потока

$$l_{TS}^* = \frac{\gamma_r}{\gamma_r - 1} R_r T_r^* \left(1 - \frac{1}{\pi_{T_r}^{\frac{\gamma_r - 1}{\gamma_r}}} \right) =$$

$$= \frac{1,33}{1,33 - 1} 289 \cdot 700 \left(1 - \frac{1}{1,67^{\frac{1,33 - 1}{1,33}}} \right) = 97400 \text{ Дж/кг.}$$

Работа расширения в реальной турбине

$$l_T = l_{TS}^* \eta_T^* = 97400 \cdot 0,75 = 73000 \text{ Дж/кг.}$$

Мощность, развиваемая турбиной

$$N_T = G_T l_T = 0,1 \cdot 73000 = 7300 \text{ Вт.}$$

4. Температура воздуха на выходе из компрессора $T_k = 385 \text{ К}$, температура воды на входе в охладитель $T_1 = 298 \text{ К}$, температура воды на выходе из воздухоохладителя $T_2 = 303 \text{ К}$, коэффициент теплопередачи воздухоохладителя $201 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, тепловая мощность воздухоохладителя 215 кВт , температура воздуха после охладителя $T_{охл} = 324 \text{ К}$. Определить среднелогарифмический перепад температур в охладителе и площадь теплообмена охладителя.

Решение

Среднелогарифмический перепад температур в воздухоохладителе

$$T_n = \frac{(T_k - T_2) - (T_{охл} - T_1)}{2,3 \lg \frac{T_k - T_2}{T_{охл} - T_1}} = \frac{(385 - 303) - (324 - 298)}{2,3 \lg \frac{385 - 303}{324 - 298}} = 49^\circ.$$

Площадь теплообмена воздухоохладителя

$$F_{охл} = \frac{Q}{k T_n} = \frac{215}{201 \cdot 49} = 22 \text{ м}^2.$$

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100 % вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89 % вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74 % вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50 %)

Варианты заданий к курсовой работе (высокий уровень):

Тема: проектирование систем газотурбинного наддува двигателей внутреннего сгорания (по вариантам).

№ п/п	Обозначение двигателя	Марка двигателя	n, мин ⁻¹	Ne, кВт	g _e , кг/кВт·ч
1	6ЧКРН 45/66	MAN K6V	250	2060	0.197
2	12ДКРН 85/170	Stork SW1285/170	115	23540	0.200
3	16ЧН 26/26	5Д49	1000	2940	0.204
4	16ЧН 24/27	2Д70	1000	2200	0.204
5	12ДКРН 105/180	MAN KZ-105/180	106	30900	0.208

6	12ДКРН 106/180	FIAT 10612S	108	29420	0.210
7	6ДКРН 84/180	B&W 664VT2BP180	110	12800	0.210
8	18ЧРН 40/46	SEMT-Pielstick PS2	465	5880	0.211
9	6ЧН 15/18	B2-800-ATK-C2	2000	588	0.211
10	6ДКРН 75/160	ДБ-10	115	6620	0.215
11	12ДН 23/30	14Д40	750	1470	0.218
12	6ЧН 36/45	Г70	375	885	0.218
13	6ЧН 21/21	211Д-1	1400	550	0.218
14	12ДН 30/38	Sultzer 12ZV30/38	590	3310	0.220
15	6ЧН 31/36	K6S310DR	750	995	0.220
16	12ЧН 18/20	M756Б	1500	736	0.220
17	12ЧСПН18/20	M401	1550	736	0.224
18	6ЧН 23/30	MS-301SK	900	660	0.224
19	6ЧН 31.8/33	ПД1М	750	880	0.225
20	6ЧН 13/11.5	СМД-62	2100	135	0.226
21	42ЧСПН16/17	M503	2200	2940	0.227
22	12ЧН 15/18	1Д12	1500	368	0.230
23	16ДН 23/30	11Д45	750	2200	0.231
24	4ЧН 12/14	СМД-23	2050	110	0.234
25	6ЧСПН 12/14	K-164	1500	110	0.245

Вопросы при защите курсовой работы (базовый уровень):

1. Схема и принцип действия центробежного компрессора.
2. Профилирование центробежного компрессора - неподвижного вращающегося аппарата (НИА), вращающегося напавляющего аппарата (ВНА), рабочего колеса, щелевого и лопаточного диффузора.
3. Предельная скорость движения газа. Скорость звука.
4. Число Маха. Связь между критериями подобия М и а
5. Характеристики турбин и их регулирование.
6. Уравнение сохранения энергии в лопаточных машинах.
7. Расчет параметров рабочего процесса и элементов конструкции осевой турбины.
8. Уравнение количества движения в лопаточных машинах.
9. Расчет параметров рабочего процесса и элементов конструкции радиальной центробежной турбины.
10. Уравнение I закона термодинамики для лопаточных машин.
11. Классификация турбин.
12. Графическое изображение процесса расширения газа и понятие о к.п.д. турбины.
13. Мощностной к.п.д. процессов сжатия и расширения.
14. Устройство и работа одноступенчатой газовой турбины.
15. Эффективный к.п.д. процессов сжатия и расширения.
16. Связь мощностного и эффективного к.п.д.
17. Конструктивные особенности осевых компрессоров.
18. Адиабатический к.п.д. процессов сжатия и расширения.
19. Схемы и принцип работы осевого компрессора.
20. Адиабатический к.п.д. по параметрам заторможенного потока.
21. Методика расчета параметров рабочего процесса и элементов конструкции компрессора.
22. Схемы систем турбонаддува с постоянным и переменным давлением перед турбиной.
23. Конструктивные особенности центробежных компрессоров.
24. Треугольники скоростей центробежного компрессора.

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к практическим занятиям и курсовой работе «Расчет системы газотурбинного наддува ДВС» по дисциплине «Газовая

динамика и агрегаты наддува» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост. М.А.Брянцев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018.- 350с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству курсовая работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Работа представлена на высоком уровне (студент полностью представил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Изложение и оформление текста полностью соответствует требованиям оформления технического текста
4	Работа представлена на среднем уровне (студент в целом изложил рассматриваемую проблематику, привел мало аргументов в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). Изложение и оформление текста в основном соответствует требованиям оформления технического текста
3	Работа представлена на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). Изложение и оформление текста частично соответствует требованиям оформления технического текста
2	Работа представлена на неудовлетворительном уровне или не представлено (студент не готов, не выполнил задание и т.п.). Изложение и оформление текста полностью не соответствует требованиям оформлению технического текста

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен):

БИЛЕТ№1

1. История развития лопаточных машин.
2. Схема и принцип действия центробежного компрессора.
3. Циркуляция скорости. Теорема Стокса.
4. Определить параметры воздуха во впускном коллекторе двигателя с наддувом и затраты мощности на привод компрессора. Параметры нагнетателя: расход воздуха 0,4 кг/с; степень повышения давления 1,5; адиабатный КПД 0,63; механический КПД 0,9. Параметры окружающей среды - 100 кПа, 300 К.

БИЛЕТ№2

1. Свойства рабочего тела. Сплотность.
2. Профилирование центробежного компрессора - неподвижного вращающегося аппарата (ННА), вращающегося напавляющего аппарата (ВНА).
3. Циркуляционное движение. Теорема Томсона.
4. Поршневой двигатель развивает мощность 220 кВт (коэффициент избытка воздуха – 1,3; коэффициент наполнения – 0,75). Определить степень наддува двигателя с приводным нагнетателем, обеспечивающим расход воздуха 0,45 кг/с и степень повышения давления 1,55 при адиабатном КПД 0,65 и механическом КПД 0,92.

БИЛЕТ№3

1. Параметры состояния. Уравнение состояния.
2. Импульсно- эжекционные и парозжекционные системы наддува.
3. Основные свойства рабочего тела. Вязкость.

4. Поршневой двигатель развивает мощность 130 кВт (коэффициент избытка воздуха – 1,5; коэффициент наполнения – 0,75). Определить, как изменится удельный эффективный расход топлива, если для наддува применить приводной нагнетатель, обеспечивающий расход воздуха 0,65 кг/с и степень повышения давления 1,55 при адиабатном кпд 0,65 и механическом кпд 0,92.

БИЛЕТ №4

1. Параметры течения. Уравнение линии тока.
2. Системы наддува с приводным компрессором. Схемы, область применения, преимущества и недостатки.
3. Турбинные решетки. Назначение соплового аппарата.
4. Определить скорость вращения роторов компрессора Рут при следующих условиях: расход воздуха 0,4 кг/с; диаметр роторов 0,18 м; длина роторов 0,25 м; относительный объем полостей $V_{пол} = 0,5V_{\Sigma}$; коэффициент подачи $\eta = Q/Q_{теор} = 0,8$.

БИЛЕТ №5

1. Движение жидкой частицы. Вихревое и циркуляционное движение. Теорема Стокса.
2. Эжекционные системы наддува непрерывного действия.
3. Поршневые и ротационные компрессоры. Схемы, принцип работы, преимущества и недостатки.
4. Определить мощность и экономичность двигателя с наддувом в двух случаях: роторно-шестеренчатым компрессором и центробежным компрессором при мощности поршневого двигателя 200 кВт. В обоих случаях $\pi_k = 1,7$; расход воздуха 0,5 кг/с; механический кпд агрегата наддува 0,9. Адиабатный кпд РКШ 0,6; ЦБК – 0,77.

БИЛЕТ №6

1. Предельная скорость движения газа. Скорость звука.
2. Докритический и критический режимы работы струйных аппаратов.
3. Механические нагнетатели типа Рутс. Схемы, принцип работы, преимущества и недостатки.
4. Определить требуемую окружную скорость рабочего колеса турбины активного типа. Заторможенные параметры газа перед турбиной: 140 кПа; 750 К. Число Маха газа перед турбиной 0,15; газовая постоянная 288 Дж/(кг·град); показатель адиабаты 1,33. Угол между вектором скорости и осью колеса 70°, угол входа рабочего колеса 45°.

БИЛЕТ №7

1. Число Маха. Связь между критериями подобия М и λ .
2. Формы входных патрубков центробежных компрессоров.
3. Винтовые компрессоры типа Лисхольм. Схема, принцип работы, преимущества и недостатки.
4. Построить треугольник скоростей на входе в рабочее колесо турбины активного типа. Заторможенные параметры газа перед турбиной: 160 кПа; 850 К. Число Маха газа перед турбиной 0,15; газовая постоянная 288 Дж/(кг·град); показатель адиабаты 1,33. Угол между вектором скорости и осью колеса 70°, окружная скорость рабочего колеса 80 м/с.

БИЛЕТ №8

1. Газодинамические функции.
2. Газовые турбины. Активные и реактивные турбины.
3. Формы лопаток рабочего колеса ЦБ компрессора. Схемы, преимущества и недостатки.
4. Составить энергетический баланс двигателя с турбонаддувом и определить эффективный кпд. Расход воздуха через компрессор 0,412 кг/с; коэффициент избытка воздуха 1,3; низшая теплотворная способность топлива 4250 кДж; мощность турбины 22,5 кВт; температура газов перед турбиной 890 К; эффективная мощность двигателя 200 кВт; механические потери в турбокомпрессоре 2,5 кВт; теплоемкость выхлопных газов $c_p = 1115$ Дж/(кг·град).

БИЛЕТ №9

1. Уравнение неразрывности для элементарной струйки и ступени лопаточной машины.
2. Многоступенчатые турбины. Формы проточной части многоступенчатых турбин.
3. Энтропия. Физический смысл, размерность.
4. Определить расход охлаждающего воздуха через ОНВ. Расход воздуха через компрессор 0,7 кг/с; температура надвучного воздуха снижается в охладителе на 110°; температура охлаждающего воздуха увеличивается в охладителе на 40°.

БИЛЕТ №10

1. Уравнение сохранения энергии в лопаточных машинах.
2. Расчет параметров рабочего процесса и элементов конструкции осевой турбины.
3. Процесс сжатия в i-S диаграмме.
4. Определить мощность на привод вентилятора охладителя надвучного воздуха. Расход воздуха через компрессор 0,7 кг/с; температура надвучного воздуха снижается в охладителе на 110°; температура охлаждающего воздуха после охладителя 340 К; потери давления в охладителе 3000 Па; кпд вентилятора 0,6.

БИЛЕТ №11

1. Уравнение количества движения в лопаточных машинах.
2. Расчет параметров рабочего процесса и элементов конструкции радиальной центробежной турбины.
3. Критический расход газа.
4. Определить плотность воздуха после охладителя надвучного воздуха. Степень повышения давления в компрессоре 3,5; потери давления в ОНВ 0,008 МПа; адиабатный кпд компрессора 0,75; тепловая эффективность охладителя 0,72.

БИЛЕТ №12

1. Уравнение I закона термодинамики для лопаточных машин.
2. Классификация турбин.
3. Схемы систем двухступенчатого наддува ДВС. Принцип работы, преимущества и недостатки.
4. Определить эксергический кпд компрессора. Исходные данные: Давление и температура воздуха после компрессора $P_k^* = 150$ кПа $T_k^* = 350$ К, $c_p = 1005$ Дж/(кг·град). Параметры окружающей среды - 100 кПа, 300 К.

БИЛЕТ №13

1. Обобщенное уравнение Бернулли.
2. Графическое изображение процесса расширения газа и понятие о КПД турбины.
3. Многоступенчатые компрессоры. Схемы, принцип работы, преимущества и недостатки.
4. Определить требуемый угол входной кромки лопатки рабочего колеса компрессора на максимальном диаметре при расходе воздуха 0,5 кг/с и оборотах колеса 25000 об/мин. Диаметры колеса на входе 90 мм и 40 мм.

БИЛЕТ №14

1. Мощностной КПД процессов сжатия и расширения.
2. Теория ступени газовой турбины. Устройство и работа одноступенчатой газовой турбины.
3. Осерадиальные компрессоры. Схемы, принцип работы, преимущества и недостатки.
4. Определить адиабатный кпд компрессора, если заторможенные параметры после компрессора 170 кПа и 430 К. Параметры окружающей среды - 100 кПа, 300 К.

БИЛЕТ №15

1. Эффективный КПД процессов сжатия и расширения.
2. Ряды турбокомпрессоров. Ряды типа ТКР и ТК.
3. Уравнение Эйлера для идеальной жидкости.
4. Определить температуру газа после турбины, если адиабатический КПД турбины по параметрам торможения 0,72; степень расширения газа в турбине 1,34; температура газа перед турбиной 850 К.

БИЛЕТ №16

1. Связь мощностного и эффективного КПД.
2. Конструктивные особенности осевых компрессоров.
3. Уравнение момента количества движения.
4. Определить расход газа через компрессор, если избыточное давление в его входном патрубке диаметром 40 мм равно 4800 Па.

БИЛЕТ №17

1. Адиабатический КПД процессов сжатия и расширения.
2. Схемы и принцип работы осевого компрессора.
3. Движение жидкой частицы. Деформация.
4. Определить степень повышения давления в компрессоре, если заторможенная температура после компрессора равна 400 К, а адиабатный КПД равен 0,65.

БИЛЕТ №18

1. Адиабатический КПД по параметрам заторможенного потока.
2. Методика расчета параметров рабочего процесса и элементов конструкции компрессора.
3. Вращение жидкой частицы. Выражение для ω_z , ω_y , ω_x .
4. Определить заторможенную температуру газа после компрессора, если степень повышения давления в компрессоре равна 2, а адиабатный КПД равен 0,65. Параметры окружающей среды - 100 кПа, 300 К.

БИЛЕТ №19

1. Конструктивные особенности центробежных компрессоров.
2. Расчет эжектора.
3. Циркуляционное движение. Постулат Жуковского-Чаплыгина.
4. Степень повышения давления воздуха в компрессоре составляет 3,5. Адиабатический КПД компрессора равен 0,7. Воздух охлаждается в охладителе, имеющем тепловую эффективность 0,72 с потерями давления, равными 0,008 МПа. Температура охлаждающего воздуха после охладителя 320 К. Параметры окружающей среды: $p_0 = 100$ кПа; $T_0 = 300$ К. Найти температуру воздуха после охладителя.

БИЛЕТ №20

1. Треугольники скоростей центробежного компрессора.
2. Теорема Жуковского о подъемной силе профиля в решетке.
3. Диагональные компрессоры. Схемы, принцип работы, преимущества и недостатки.
4. Определить количество теплоты, отбираемое от наддувочного воздуха в ОНВ и расход охлаждающего воздуха при следующих условиях: расход воздуха через двигатель 1 кг/с; температура воздуха после компрессора 450 К; температура воздуха после охлаждения 360 К; нагрев охлаждающего воздуха в ОНВ 40° С.

БИЛЕТ №21

1. Основные понятия кинематики жидкости. Линия тока, трубка тока, элементарная струйка.
2. Схемы систем турбонаддува с постоянным и переменным давлением перед турбиной.

3. Многоступенчатые компрессоры. Схемы проточной части. Распределение работы сжатия между ступенями.
4. Определить степень повышения давления в компрессоре, если заторможенная температура после компрессора равна 450 К, а адиабатный КПД равен 0,68.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;

– применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

– применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

– применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

– увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

– продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;

– продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;

– продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			