

**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.
04 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ДВИГАТЕЛЕЙ»

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) «Специальные виды двигателей». – 25 с.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Специальные виды двигателей» 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, кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Тырловой С.И.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Любченко Д.И.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Доценко Д.М.

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

Цель преподавания дисциплины – изучение студентами особенностей рабочих процессов тепловых двигателей, отличающихся от традиционных двигателей внутреннего сгорания, методов расчета параметров рабочих процессов, влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на их технико-экономические показатели.

Предметом изучения дисциплины: процессы в приводных устройствах с двигателями внутреннего сгорания, методика их расчета, связь их с конструкцией и условиями эксплуатации.

Задачи изучения дисциплины - получение комплекса знаний, позволяющих квалифицированно анализировать и рассчитывать различные рабочие процессы и конструкции нетрадиционных двигателей.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.

Дисциплина «Специальные виды двигателей» 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 профессионального, математического и естественно-научного циклов дисциплин,

умения воспользоваться имеющейся информацией для дальнейшего проектирования и расчета рабочего процесса двигателя и его систем,

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

Основывается на базе дисциплин: введение в профессию, устройство и работа поршневых двигателей, автотракторные ДВС, термодинамика и теплопередача, тепломассообмен, теория рабочих процессов ДВС.

Является основой для изучения следующих дисциплин: диагностика и техобслуживание ДВС, системы топливоподачи и управление ДВС.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-1. Способен к конструкторской деятельности в области энергетического машиностроения	ПК-1.1. Знает нормативную базу, устройство и принципы работы объектов профессиональной деятельности, проводит поисковые исследования по созданию их перспективных схем.	знать организацию рабочих процессов двигателей Кушуля, двигателей с бесшатунным силовым механизмом, свободно-поршневых и газотурбинных двигателей, конструктивные и структурные схемы этих двигателей, характеристики и области использования, а также пути их дальнейшего развития и совершенствования; уметь определять конструктивные параметры и структурные схемы с учетом условий эксплуатации и требований, предъявляемых к ним, с учетом возможности расширения нетрадиционных видов топлив и требований по охране окружающей среды владеть навыками современных методов расчетов рабочих процессов различных специальных видов двигателей, их характеристик и основных технико-экономических показателей.
---	---	---

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:	70	20
Лекции	28	8

Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	28	8
Лабораторные работы	14	4
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	18	18
Самостоятельная работа студента (всего)	74	124
Форма аттестации	Зачет 8 семестр	Зачет 9 семестр

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение. Цели и задачи курса.

1. Основные проблемы и особенности развития транспортной энергетики.
2. Необходимость поиска новых типов двигателей. Проблемы экономики органического топлива и охраны окружающей среды.

Тема 2. Газотурбинные двигатели.

1. Термодинамические циклы ГТД и их анализ. Возможности развития циклов ГТД.
2. Рабочие процессы ГТД. Оценка потерь энергии.
3. Основные структурные схемы ГТД. Их типичные характеристики. Основы расчета ГТД.
4. Газотурбинные двигатели для транспортных машин (автотракторные, судовые и тепловозные).
5. Особенности систем ГТД: системы пуска, топливоподачи и регулирования, воздухооборота и охлаждения, смазки. Особенности технического обслуживания и эксплуатации ГТД.

6. Влияние внешних условий на работу ГТД. Техничко-экономическая оценка перспектив применения ГТД.

Тема 3. Свободно-поршневые двигатели внутреннего сгорания.

1. Термодинамический цикл СПД и его анализ. Особенности организации рабочего процесса свободно-поршневых двигателей и их систем.
2. Конструктивные схемы свободно-поршневых компрессорных машин и свободно-поршневых генераторов газа. Основные технико-экономические характеристики СПД и области их использования, а также перспективы дальнейшего развития.

Тема 4. Бесшатунные силовые механизмы.

1. Конструктивные схемы бесшатунных силовых механизмов. Особенности бесшатунных двигателей с односторонним и двусторонним рабочим процессом.
2. Основные параметры и конструкции бесшатунных двигателей.

Тема 5. Роторно-поршневые двигатели.

1. Принцип действия РПД. Особенности конструкции.
2. Сравнение характеристик РПД с поршневыми и газотурбинными двигателями..

Тема 6. Двигатели Кушуля.

1. Принцип оптимизации организации рабочего процесса поршневого двигателя внутреннего сгорания.
2. Особенности конструкции и организации рабочего процесса двигателя Кушуля.

Тема 7. Ракетные двигатели на твердом и жидком топливе.

Тема 8. Принципы сравнения термодинамических циклов различных двигателей.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Введение. Цели и задачи курса	2	2
2.	Газотурбинные двигатели	4	
3.	Свободно-поршневые двигатели внутреннего сгорания	4	2

4.	Бесшатунные силовые механизмы	4	2
5.	Роторно-поршневые двигатели	3	
6.	Двигатели Кушуля	3	
7.	Ракетные двигатели на твердом и жидком топливе	4	2
8.	Принципы сравнения термодинамических циклов различных двигателей	4	
	Итого:	28	8

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Расчет идеального рабочего ГТД	4	2
2.	Расчет реального цикла ГТД .	4	
3.	Расчет процесса ГТД с регенерацией.	4	
4.	Расчет теплообменника-регенератора.	4	2
5.	Расчет камеры сгорания.	4	
6.	Расчет рабочих полостей роторно-поршневых двигателей.	4	
7.	Сравнение термодинамических циклов специальных видов двигателей.	4	2
	Итого:	28	8

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Ознакомление с основными типами газотурбинных двигателей. Изучение конструкции и принципа действия турбовинтового двигателя аи-20.	3	1
2.	Изучение устройства и принципа работы свободно-поршневого генератора газа.	2	1
3.	Изучение бесшатунных силовых механизмов.	2	1
4.	Изучение рабочего процесса роторно-поршневого двигателя Ванкеля.	2	
5.	Ознакомление с конструкциями ракетных двигателей на твердом топливе.	3	1
6.	Ознакомление с конструкциями ракетных двигателей на жидком топливе.	2	
	Итого:	14	4

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Введение. Цели и задачи курса	работа с лекциями и учебной литературой	3	5
2.	Газотурбинные двигатели	работа с лекциями и учебной литературой	3	5
3.	Свободно-поршневые двигатели внутреннего сгорания	работа с лекциями и учебной литературой	3	5
4.	Бесшатунные силовые механизмы	работа с лекциями и учебной литературой	3	5

5.	Роторно-поршневые двигатели	работа с лекциями и учебной литературой	3	5
6.	Двигатели Кушуля	работа с лекциями и учебной литературой	3	5
7.	Ракетные двигатели на твердом и жидком топливе	работа с лекциями и учебной литературой	3	5
8.	Принципы сравнения термодинамических циклов различных двигателей	работа с лекциями и учебной литературой	3	5
9.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 1	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	3	5
10.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 2	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	3	5
11.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 3	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	5
12.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 4	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	5
13.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 5	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	3
14.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 6	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	2	3
15.	Расчет идеального рабочего ГТД	выполнение и защита практических работ	2	3
16.	Расчет реального цикла ГТД	выполнение и защита практических работ	2	5
17.	Расчет процесса ГТД с регенерацией.	выполнение и защита практических работ	2	6
18.	Расчет теплообменника-регенератора	выполнение и защита практических работ	3	6
19.	Расчет камеры сгорания	выполнение и защита практических работ	3	6
20.	Расчет рабочих полостей роторно-поршневых двигателей	выполнение и защита практических работ	3	7
21.	Сравнение термодинамических циклов специальных видов двигателей	выполнение и защита практических работ	3	7
22.	Определение конструктивных параметров газотурбинного двигателя	выполнение индивидуального задания	18	18
Итого:			74	124

4.7. Курсовые работы/проекты
не запланировано учебным планом.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Сергеев Н. В. Двигатели иностранных фирм: учебное пособие / Н. В. Сергеев, В. П. Шоколов. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. - 256 с. - ISBN 978-5-9729-0899-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1903231>
2. Тырловой С.И. Специальные виды двигателей [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ [С.И.Тырловой, М.А.Брянцев, Н.А.Антоненко, А.А.Данилейченко]; - Луганск: изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2019. – 97с. - Режим доступа: https://yadi.sk/d/M-hvRP5R_jKa7w
3. Транспортные машины с газотурбинными двигателями [Текст] / [Н. С. Попов, С. П. Изотов, В. В. Антонов и др.]; под ред. Н. С. Попова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. - 259 с. - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN В пер. : 1 р. 30 к.
4. Комаров О. В. Авиационные и судовые конвертированные газотурбинные двигатели наземного применения: учебное пособие / О. В. Комаров, Т. А. Недошивина, Б. С. Ревзин; под общ. ред. канд. техн. наук, доц. О. В. Комарова. - Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2019. - 196 с. - ISBN 978-5-7996-2599-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1960067>
5. Зябров В. А. Энергетические установки судов различных типов и назначения: методические рекомендации для выполнения лабораторных работ / В. А. Зябров, Д. А. Попов, В. С. Епифанов. — Москва: МГАВТ, 2020. - 73 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1057310>

б) дополнительная литература:

6. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок : учебник / А. Н. Арбеков, А. Ю. Вараксин, В. Л. Иванов [и др.] ; под общ. ред. А. Ю. Вараксина. - 4-е изд., испр. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. - 680 с. - ISBN 978-5-7038-4755-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1963334> (дата обращения: 27.01.2024).
7. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели : учебник / М. В. Добровольский ; под ред. Д. А. Ягодникова. - 4-е изд., испр. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2020. - 472 с. - ISBN 978-5-7038-5359-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1965792> (дата обращения: 27.01.2024).
8. Кирюхин, А. Л. Судовые газотурбинные установки : учебное пособие / А.Л. Кирюхин. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 256 с. — (Военное образование). - ISBN 978-5-16-015858-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1910887> (дата обращения: 27.01.2024).
9. Обуховский, А. Д. Теория авиационных двигателей : учебное пособие / А. Д. Обуховский, Ю. В. Телкова. - 2-е изд. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 138 с. - ISBN 978-5-7782-4232-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1866300> (дата обращения: 27.01.2024).

10. Михальцев, В. Е. Расчет параметров цикла при проектировании газотурбинных двигателей и комбинированных установок : учебное пособие / В. Е. Михальцев, В. Д. Моляков ; под. ред. И. Г. Суровцева. - Москва : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2014. - 58, [2] с. : ил. - ISBN 978-5-7038-3814-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2038227> (дата обращения: 27.01.2024).
11. Курасов, В. С. Теория двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / В.С. Курасов, В.В. Драгуленко. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 86 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-109793-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836395> (дата обращения: 27.01.2024).
12. Комаров, О. В. Авиационные и судовые конвертированные газотурбинные двигатели наземного применения : учебное пособие / О. В. Комаров, Т. А. Недошивина, Б. С. Ревзин ; под общ. ред. канд. техн. наук, доц. О. В. Комарова. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2019. - 196 с. - ISBN 978-5-7996-2599-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1960067> (дата обращения: 27.01.2024).
13. Котляр И. В. Судовые газотурбинные установки [Текст] : учебник / И. В. Котляр. - Ленинград : Судостроение, 1967. - 283 с. - 84 к.
14. Транспортные машины с газотурбинными двигателями [Текст] / [Н. С. Попов, С. П. Изотов, В. В. Антонов и др.] ; под ред. Н. С. Попова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. - 259 с. - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN В пер. : 1 р. 30 к..
15. Агеев Л.Е. Сверхмощные двигатели сельскохозяйственных машин - К, Агропромиздат, 1988. - 415 с.
16. Райков И. Я. Конструкция автомобильных и тракторных двигателей [Текст] : учебник / И. Я. Райков, Г. Н. Рывтинский. - Москва : Высшая школа, 1986. - 352 с. - 2 р. 70 к.
17. Обуховский, А. Д. Теория авиационных двигателей : учебное пособие / А. Д. Обуховский, Ю. В. Телкова. - 2-е изд. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 138 с. - ISBN 978-5-7782-4232-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1866300> (дата обращения: 29.01.2024).
18. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей [Текст] : учебник / под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1983. - 375 с. - 1 р. 70 к.
19. Тракторные дизели [Текст] : справочник / Б. А. Взоров [и др.]; под общ. ред. Б. А. Взорова. - Москва : Машиностроение, 1981. - 535 с. - 2 р. 60 к.

в) методические указания:

20. Методические указания «Расчет рабочего процесса роторно-поршневого двигателя» к практическим занятиям по курсу «Специальные виды двигателей» для студентов направления 13.03.03 Энергетическое машиностроение специальности «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс]/Сост.: М.А.Брянцев. - Луганск, Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. -15с.
21. Методические указания «Расчет газотурбинной установки» к практическим занятиям по дисциплине «Специальные виды двигателей» для студентов направления 13.03.03 Энергетическое машиностроение специальности «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс]/Сост.: М.А.Брянцев. - Луганск, Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. -19с.
22. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Специальные виды ДВС» (для студентов направления подготовки 13.03.03.«Энергетическое машиностроение» специальности «Двигатели внутреннего сгорания») [Электронный ресурс]/ Сост. М.А.Брянцев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. - 25с.
23. Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине "Специальные виды двигателей" [Электронный ресурс] : для студентов специальности "Двигатели внутреннего сгорания"/ Сост.Сторчеус Ю.В. -. Луганск, ВНУ им. В.Даля, 2013. - 22с.
24. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Специальные виды двигателей» (для студентов направления 13.03.03 Энергетическое машиностроение

специальности «Двигатели внутреннего сгорания») [Электронный ресурс]/ Сост.: М.А.Брянцев. - Луганск: ЛНУ им.В.Даля, 2019. - 23с.

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

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: комплект электронных раздаточных материалов выдается студентам в электронной форме.

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

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Специальные виды двигателей»

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-1. Способен к конструкторской деятельности в области энергетического машиностроения	Базовый	знать организацию рабочих процессов двигателей Кушуля, двигателей с бесшатунным силовым механизмом, свободно-поршневых и газотурбинных двигателей, конструктивные и структурные схемы этих двигателей, характеристики и области использования, а также пути их дальнейшего развития и совершенствования вышеуказанных двигателей
Основной		Повышенный	уметь определять конструктивные параметры и структурные схемы с учетом условий эксплуатации и требований, предъявляемых к ним, с учетом возможности расширения нетрадиционных видов топлив и требований по охране окружающей среды
Заключительный		Высокий	владеть навыками современных методов расчетов рабочих процессов различных специальных видов двигателей, их характеристик и основных технико-экономических показателей.

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

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции реализуемой дисциплине) (по	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
-------	--------------------------------	---	--	--	---------------------------------------

1.	ПК-1	Способен к конструкторской деятельности в области энергетического машиностроения	ПК-1.1. Знает нормативную базу, устройство и принципы работы объектов профессиональной деятельности, проводит поисковые исследования по созданию их перспективных схем.	Тема 1 Основные проблемы и особенности развития транспортной энергетики.	8/9
				Тема 2 Газотурбинные двигатели.	
				Тема 3 Свободно-поршневые двигатели внутреннего сгорания.	
				Тема 4 Бесплатунные силовые механизмы.	
				Тема 5 Роторно-поршневые двигатели.	
				Тема 6 Двигатели Кушуля.	
				Тема 7 Ракетные двигатели на твердом и жидком топливе.	
				Тема 8 Принципы сравнения термодинамических циклов различных двигателей.	

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-1	ПК-1.1. Знает нормативную базу, устройство и принципы работы объектов профессиональной деятельности, проводит поисковые исследования по созданию их перспективных схем.	знать организацию рабочих процессов двигателей Кушуля, двигателей с бесплатунным силовым механизмом, свободно-поршневых и газотурбинных двигателей, конструктивные и структурные схемы этих двигателей, характеристики и области использования, а также пути их дальнейшего развития и совершенствования вышеуказанных двигателей; уметь определять конструктивные параметры и структурные схемы с учетом условий эксплуатации и требований, предъявляемых к ним, с учетом возможности расширения нетрадиционных видов топлив и требований по охране окружающей среды владеть навыками современных методов расчетов рабочих процессов различных специальных	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8	Практическая работа, лабораторная работа, контрольная работа, индивидуальное задание

			видов двигателей, их характеристик и основных технико-экономических показателей.		
--	--	--	--	--	--

Диагностическое контрольное тестирование:

Комплект тестовых заданий, позволяющих осуществить оценку компетенции

ПК-1. Способен к конструкторской деятельности в области энергетического машиностроения	ПК-1.1. Знает нормативную базу, устройство и принципы работы объектов профессиональной деятельности, проводит поисковые исследования по созданию их перспективных схем.
--	---

образовательной программы 13.03.03 Энергетическое машиностроение, профиль «Двигатели внутреннего сгорания» дисциплина «Специальные виды двигателей»

ВАРИАНТ 1

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 1.

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

К какому типу машин относится двигатель Стирлинга?

- 1) тепловая машина.
- 2) электрическая машина.
- 3) двигатель с внешним подводом тепла.
- 4) двигатель внутреннего сгорания.
- 5) двигатель внешнего сгорания.

Ответ: 135

Обоснование: двигатель Стирлинга, является тепловым двигателем, т.к. работает по прямому термодинамическому циклу. Тепловые машины включают любые тепловые двигатели и холодильные установки, следовательно, двигатель Стирлинга является тепловой машиной. Горячий источник тепла находится вне рабочего цилиндра двигателя Стирлинга, следовательно, этот двигатель относится к двигателям внешнего сгорания или в общем случае – к двигателям с внешним подводом тепла.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 2.

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

Какая мощность двигателя является удельной?

- 1) индикаторная.
- 2) эффективная.
- 3) литровая.
- 4) поршневая.
- 5) агрегатная.

Ответ: 34

Обоснование: литровая и поршневая мощность двигателя – это мощность, приходящаяся, соответственно, на 1 литр рабочего объема и 1 м² площади поршня. В двигателестроении поршневую мощность принято относить к 1 дм² площади поршня. Остальные указанные виды мощности являются абсолютными.

Задание с выбором ответа

базовый уровень

Задание 3.

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

Газотурбинный двигатель не является:

- 1) двигателем внутреннего сгорания.
- 2) электрическим двигателем.
- 3) тепловым двигателем.
- 4) двигателем внешнего сгорания.
- 5) роторно-поршневым двигателем.

Ответ: 125

Обоснование: в двигателе внешнего сгорания подвод тепла и расширение рабочего тела происходит в разных структурных элементах конструкции; в газотурбинном двигателе – подвод тепла осуществляется в камере сгорания, расширение газа – в рабочих решётках турбины. Газотурбинный, как и любой двигатель, преобразующий тепловую энергию в механическую работу, является тепловым. Газотурбинный двигатель не является ни электрическим, ни роторно-поршневым.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

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

В конструкции двигателя Стирлинга отсутствует:

- 1) цилиндропоршневая группа.
- 2) конденсатор.
- 3) регенератор теплоты.
- 4) испаритель.
- 5) клапаны.

Ответ: 245

Обоснование: в цикле Стирлинга, как и любом газовом цикле, рабочее тело не претерпевает фазовых переходов, т.е. изменения агрегатного состояния, следовательно, в конструкции двигателя Стирлинга отсутствуют конденсатор и испаритель. Постоянство объема при изохорном подводе и отводе тепла в конструкции двигателя Стирлинга обеспечивается кинематикой механизма, согласующего движение рабочего и вытеснительного поршней, при этом клапаны в конструкции двигателя не нужны.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

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

Какой КПД выражает долю подведенной тепловой энергии, преобразуемую в механическую работу, снимаемую с выходного вала двигателя?

- 1) механический.
- 2) индикаторный.
- 3) эффективный.
- 4) термический.
- 5) адиабатический.

Ответ: 3

Обоснование: по определению эффективный КПД – это отношение полезной работы, снимаемой с вала двигателя к подведенному в действительном цикле теплу, т.е. механическая работа, производимая двигателем с единицы подведенного тепла.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

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

Во сколько раз теоретически мощность роторно-поршневого двигателя больше мощности поршневого четырехтактного ДВС при одинаковом рабочем объеме, степени сжатия, частоте вращения вала, низшей теплоте сгорания топлива и прочих равных условиях?

- 1) 2.
- 2) 1,5.
- 3) 3.
- 4) 0,5.
- 5) 2,5.

Ответ: 1

Обоснование: четырёхтактный цикл поршневого ДВС осуществляется за два оборота коленчатого вала; такой же четырёхтактный цикл в роторно-поршневом двигателе осуществляется за один оборот выходного вала, следовательно, при одинаковой частоте вращения и прочих равных условиях частота циклов в роторно-поршневом двигателе в два раза выше, чем в поршневом ДВС, т.о. роторно-поршневой двигатель теоретически в два раза мощнее.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

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

В каком из указанных специальных видов двигателей достаточно просто с точки зрения конструкции реализовать двухсторонний рабочий процесс (по обе стороны днища поршня)?

- 1) двигатель Стирлинга.
- 2) двигатель Ванкеля.
- 3) газотурбинный двигатель.
- 4) волновой дисковый двигатель.
- 5) двигатель Баландина.

Ответ: 5

Обоснование: двусторонний рабочий процесс относится только к поршневым двигателям внутреннего сгорания. Его реализация возможна в двигателе Баландина (бесшатунный двигатель), где поршни соединяются с коленчатым валом посредством штоков, в результате чего появляется возможность герметизации пространства между днищем поршня, штоком и проходной крышкой, что в конструктивном плане не представляет особой сложности, в отличие от классического кривошипно-шатунного механизма, где ввиду относительного качания шатуна вокруг оси поршневого пальца указанную герметизацию выполнить весьма затруднительно и нецелесообразно.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

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

Какой из теоретических газовых циклов не реализуется на практике в натурном тепловом двигателе?

- 1) цикл Отто.
- 2) цикл Карно.
- 3) цикл Брайтона.
- 4) цикл Стирлинга.
- 5) цикл Дизеля.

Ответ: 2

Обоснование: каждый из указанных теоретических циклов, кроме цикла Карно, имеет действительный аналог, реализуемый в соответствующем натурном двигателе. Реализация цикла Карно на практике связана с рядом трудностей, в частности, сложностью реализации изотермического сжатия и расширения рабочего тела, а также ряда других.

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности осуществляется рабочий процесс двигателя Стирлинга, начиная от начала сжатия рабочего тела (газ)?

- 1) Вытеснительный поршень медленно движется вблизи НМТ. Под давлением газов рабочий поршень движется к НМТ, совершая полезную работу.
- 2) Газ охлаждается, проходя через охладитель, тепло, отведенное от газа, излучается в окружающую среду.
- 3) Рабочий поршень сжимает газ и подаёт его в холодную полость под вытеснительный поршень.
- 4) Рабочий поршень медленно движется вблизи НМТ. Вытеснительный поршень движется к ВМТ, перемещая газ из горячей полости в холодную. Проходя регенератор, газ охлаждается до минимальной температуры цикла. Давление рабочего тела падает до величины предварительной заправки. Суммарный объём цилиндров остаётся постоянным.
- 5) Рабочий поршень медленно движется вблизи ВМТ. Вытеснительный поршень перемещает рабочее тело из холодной полости через регенератор и нагреватель в горячую полость. Давление и температура газа увеличиваются до максимальных значений.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности осуществляется рабочий процесс свободнопоршневого генератора газа (СПГГ)?

- 1) С момента перекрытия газообменных окон рабочими поршнями начинается сжатие заряда в рабочем цилиндре. В конце такта сжатия происходит впрыск топлива (дизельный цикл) или подача искры (бензиновый цикл).
- 2) Давление в буферных полостях превышает давление в рабочем цилиндре. Поршни начинают сходиться.
- 3) Под действие горячих газов поршни расходятся. Открываются выхлопные окна. Горячий газ поступает на линию потребителей (силовая турбина, расширительная машина объёмного типа и др.).
- 4) С момента закрытия впускных клапанов свежий заряд сжимается в компрессорных полостях и затем поступает через перепускные клапаны в рабочий цилиндр через впускные окна.
- 5) Поршни расходятся, сжимая воздух в буферных полостях. Под действием разрежения открываются клапаны и в компрессорные полости поступает атмосферный воздух.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности осуществляется рабочий процесс свайного дизель-молота?

- 1) С момента открытия газообменных окон начинается продувка цилиндра от отработавших газов атмосферным воздухом.
- 2) Под действием силы тяжести боёк молота движется вниз, сжимая воздушный заряд в цилиндре.
- 3) Под давлением горячего газа поршень движется вверх, поднимая боёк молота и совершая работу против силы тяжести.
- 4) В углубление шабота впрыскивается топливо.
- 5) Вследствие удара по топливу, находящемуся в углублении шабота, последнее распыливается относительно крупными каплями и воспламеняется в горячем воздушном заряде, достигшем температуры, превышающей температуру вспышки топлива.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности передаётся энергия горячего рабочего тела к внешнему потребителю в роторно-поршневом двигателе?

- 1) зубчатое колесо внутреннего зацепления.
- 2) трансмиссия.
- 3) зубчатая шестерня наружного зацепления.
- 4) эксцентриковый вал.
- 5) ротор.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

Найти соответствие между указанными элементами конструкции и специальными видами двигателей, в конструкции которых эти элементы применяются.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Поршень-вытеснитель	1	Двигатель Ванкеля
Б	Эксцентриковый вал	2	Свободнопоршневой генератор газа
В	Буферная полость	3	Волновой дисковый двигатель
Г	Направляющий аппарат	4	Газотурбинный двигатель
		5	Двигатель Стирлинга

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
---	---	---	---

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

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Найти соответствие между особенностями, присущими конкретному специальному виду двигателей и видом двигателя.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Низкий уровень излучаемого шума при работе	1	Роторно-поршневой двигатель
Б	Высокая удельная мощность на единицу массы	2	Двигатель Стирлинга
В	Полное уравнивание	3	Двигатель Баландина
Г	Отсутствие боковой силы, действующей на стенку цилиндра	4	Паровой двигатель
		5	Газотурбинный двигатель

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	5	1	3

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Найти соответствие между теоретическими циклами специальных видов двигателей и составляющими их термодинамическими процессами.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Цикл Эриксона	1	две изохоры и две изотермы
Б	Цикл Стирлинга	2	две изобары и две изохоры
В	Цикл Карно	3	две адиабаты и две изотермы
Г	Цикл Брайтона	4	две изотермы и две изобары
		5	две адиабаты и две изобары

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
4	1	3	5

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 16.

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

Определить эффективную мощность роторно-поршневого двигателя рабочим объёмом одной

камеры $V_h = 1,5$ л при частоте вращения $n = 5300$ мин⁻¹, если среднее эффективное давление цикла $p_e = 0,95$ МПа.

Ответ (решение): т.к. в роторно-поршневом двигателе (РПД) ротор образует со статором три рабочие камеры ($Z_K = 3$) и четырёхтактный цикл осуществляется за один оборот эксцентрикового вала, то мощность РПД вычисляется по формуле для поршневого ДВС с учётом отмеченного

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_h \cdot Z_K \cdot n}{60} = \frac{0,95 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 5300}{60} = 377,6 \text{ кВт.}$$

Эффективная мощность роторно-поршневого двигателя 377,6 кВт.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 17.

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

Какое нормальное напряжение возникает в штоке диаметром $d = 30$ мм двигателя Баландина с диаметром цилиндра $D = 82$ мм с двухсторонним рабочим процессом, если текущее давление сгорания в рабочей камере $p_i = 3$ МПа, а скорость поршня в текущий момент времени достигает максимальной величины. В камере сгорания по другую сторону днища поршня происходит выпуск в атмосферу. Давление в этой камере принять атмосферным. Определить знак нормального напряжения.

Ответ (решение): т.к. по условию скорость поршня в рассматриваемый момент времени достигает максимального значения, то ускорение поршня обращается в ноль, следовательно, по второму закону Ньютона равна нулю и сила инерции поршневой группы, приложенная к штоку. Т.к. по условию также сказано, что из камеры сгорания по другую сторону от днища поршня происходит выхлоп в атмосферу и давление в цилиндре для упрощения принято равным атмосферному, то в таком случае шток нагружен только силой P_Γ давления расширяющихся горячих газов в камере сгорания под поршнем, давящих на кольцевую площадь F_c

$$P_\Gamma = p_i \cdot F_c = p_i \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = 3 \cdot \frac{3,14}{4} (82^2 - 30^2) \cdot 10^{-3} = 13,7 \text{ кН.}$$

Нормальное напряжение, возникающее в штоке, определяется по формуле

$$\sigma = \frac{P_\Gamma}{F_s} = \frac{4P_\Gamma}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 13,7 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 30^2} = 19,4 \text{ МПа,}$$

где F_s – площадь поперечного сечения штока.

Знак напряжения определяется по известному из курса сопротивления материалов правилу для нормальных напряжений: растягивающее напряжение – положительное, сжимающее – отрицательное. Т.к. горячий газ давит на поршень со стороны штока, то очевидно, что сила давления растягивает шток и возникающее напряжение – положительное.

Нормальное напряжение положительное по знаку и равно 19,4 МПа.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

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

Определить среднюю скорость C_m рабочего поршня двигателя Стирлинга с кривошипно-шатунным механизмом при частоте вращения коленчатого вала $n = 2100$ об/мин, если относительная длина шатуна $\lambda = 0,25$. В положении рабочего поршня в ВМТ расстояние между осью поршневого пальца и осью коленчатого вала составляет 300 мм.

Ответ (решение): т.к. двигатель Стирлинга имеет обычный кривошипно-шатунный механизм аксиального типа, то средняя скорость поршня определяется по известной формуле

$$C_m = \frac{S \cdot n}{30},$$

где S – ход рабочего поршня.

По определению относительная длина шатуна λ равна отношению радиуса кривошипа R к длине шатуна L . Для аксиального кривошипно-шатунного механизма радиус кривошипа равен половине хода поршня S

$$\lambda = \frac{R}{L} = \frac{S}{2 \cdot L} \Rightarrow S = 2R = 2 \cdot L \cdot \lambda.$$

В записанном уравнении две неизвестные величины ход поршня S и длина шатуна L . Вторым уравнением, связывающим R и L , является сказанное в условии: $R + L = 300$ мм. Тогда получаем систему двух линейных уравнений

$$\begin{cases} R + L = 300 \\ R = \lambda \cdot L \end{cases}.$$

Исключая из системы длину шатуна L , получаем

$$R + \frac{R}{\lambda} = 300.$$

И после алгебраических преобразований

$$R = 300 \frac{\lambda}{\lambda + 1} = 300 \frac{0,25}{0,25 + 1} = 60 \text{ мм.}$$

Тогда средняя скорость рабочего поршня

$$C_m = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{2 \cdot R \cdot n}{30} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 2100}{30} = 8,4 \text{ м/с.}$$

Средняя скорость рабочего поршня двигателя Стирлинга равна 8,4 м/с.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 19.

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

Вычислить термический КПД газотурбинного двигателя с СПГГ если механическая мощность силовой турбины 2 МВт, а массовый расход топлива 117 г/с. Низшая теплота сгорания топлива 43 МДж/кг.

Ответ (решение): термический КПД любого теплового двигателя является отношением работы цикла к подведенному в цикл теплу или что то же самое, отношение механической мощности двигателя к тепловой мощности, подводимой в цикл от горячего источника

$$\eta_t = \frac{L_m}{Q_1} = \frac{l_m}{q_1} = \frac{N_m}{N_t},$$

где L_m и l_m – абсолютная и удельная механическая работа цикла соответственно, Q_1 и q_1 – подведенное в цикл абсолютное и удельное количество тепла соответственно, N_m и N_t – механическая и тепловая мощность двигателя соответственно.

Тепловая мощность – это скорость подвода тепла в цикл, равная произведению массового расхода топлива G_T на удельную низшую теплоту сгорания топлива Q_H

$$N_t = G_T \cdot Q_H = 117 \cdot 10^{-3} \cdot 43 = 5 \text{ МВт.}$$

Тогда термический КПД газотурбинного двигателя с СПГГ равен

$$\eta_t = \frac{N_m}{N_t} = \frac{2}{5} = 0,4.$$

Термический КПД газотурбинного двигателя с СПГГ равен 0,4 (40%).

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 20.

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

Какое давление условного конца сжатия p_c создаётся в цилиндре атмосферного двигателя Баландина, если рабочий объём цилиндра $V_h = 0,5$ л, а объём камеры сгорания $V_c = 54$ см³. Атмосферное давление $B = 100$ кПа, процесс сжатия считать адиабатным. Аэродинамическим сопротивлением впускного коллектора двигателя и клапанной щели пренебречь.

Ответ (решение): давление p_c условного конца сжатия определяется по уравнению процесса сжатия. По условию задачи процесс сжатия является адиабатным, описываемым уравнением Пуассона

$$pV^k = \text{const}.$$

Подставляя в уравнение Пуассона параметры рабочего тела в начале и конце сжатия (соответственно точки «а» и «с» на индикаторной диаграмме), получим

$$p_a V_a^k = p_c V_c^k.$$

Откуда давление p_c будет равно

$$p_c = p_a \frac{V_a^k}{V_c^k} = p_a \cdot \varepsilon^k,$$

где ε – геометрическая степень сжатия.

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{V_h}{V_c} + 1 = \frac{0,5 \cdot 10^3}{54} + 1 = 10,3.$$

Т.к. по условию гидравлическое сопротивление впускного трактора двигателя равно нулю, то давление в условном конце наполнения p_a равно атмосферному: $p_a = B$, тогда p_c равно

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^k = B \cdot \varepsilon^k = 100 \cdot 10,3^{1,4} = 2618 \text{ кПа}.$$

Давление в условном конце сжатия равно 2618 кПа.

КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 1

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	135	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	34	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	125	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	245	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	2	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	32514	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	52413	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	24531	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
12.	53142	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
13.	A5B1B2Г4	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
14.	A2B5B1Г3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
15.	A4B1B3Г5	1б – полное правильное соответствие

		06 – остальные случаи
16.	Эффективная мощность роторно-поршневого двигателя 377,6 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
17.	Нормальное напряжение положительное по знаку и равно 19,4 МПа.	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.	Средняя скорость рабочего поршня двигателя Стирлинга равна 8,4 м/с.	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.	Термический КПД газотурбинного двигателя с СПГГ равен 0,4 (40%).	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.	Давление в условном конце сжатия равно 2618 кПа.	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
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

В конструкции газотурбинного двигателя отсутствует:

- 1) лопаточный компрессор.
- 2) кривошипно-шатунный механизм.
- 3) камера сгорания.
- 4) топливный насос.
- 5) цилиндропоршневая группа.

Ответ: 25

Обоснование: газотурбинный двигатель является тепловой машиной лопаточного типа. В конструкции любого газотурбинного двигателя не может быть ни кривошипно-шатунного механизма ни цилиндропоршневой группы.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 2.

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

К тепловым двигателям относятся:

- 1) двигатель Стирлинга.
- 2) двигатель Баландина.
- 3) шаговый электрический двигатель.
- 4) дизель-молот.
- 5) двигатель Ванкеля.

Ответ: 1245

Обоснование: очевидно, что из перечисленного только шаговый электрический двигатель не является тепловым. Все остальные являются тепловыми двигателями, т.к. в них реализованы термодинамические циклы, в которых осуществляется преобразование тепловой энергии в механическую работу.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 3.

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

К какому типу двигателей относится двигатель Ванкеля?

- 1) электрический.
- 2) тепловой.
- 3) роторно-поршневой.
- 4) внешнего сгорания.
- 5) внутреннего сгорания.

Ответ: 235

Обоснование: двигатель Ванкеля – это роторно-поршневой двигатель. Сгорание топлива происходит непосредственно в рабочем объёме двигателя, следовательно, это двигатель внутреннего сгорания. Двигатель Ванкеля, как и любой двигатель, преобразующий в работу тепло, очевидно, является тепловым.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 4.

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

В конструкции двигателя Баландина отсутствуют:

- 1) шатуны.
- 2) коленчатый вал.
- 3) клапаны.
- 4) цилиндропоршневая группа.
- 5) поршневые пальцы.

Ответ: 15

Обоснование: двигатель Баландина является поршневым двигателем внутреннего сгорания с кривошипно-крейцкопфным механизмом, следовательно, в конструкции двигателя Баландина есть коленчатый вал, цилиндропоршневая группа и клапаны. В отличие от кривошипно-шатунного механизма в двигателе Баландина поршни жёстко соединены со штоками, следовательно, шатуны и поршневые пальцы в такой конструкции отсутствуют.

Задание с выбором ответа

базовый уровень

Задание 5.

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

Свободнопоршневой генератор газа (СПГГ) выдает на выходе:

- 1) механическую работу.
- 2) электрическую энергию.
- 3) поток горячего газа при атмосферном давлении.
- 4) поток горячего газа с давлением существенно выше атмосферного.
- 5) поток горячего воздуха с давлением существенно выше атмосферного.

Ответ: 4

Обоснование: СПГГ не производит механическую энергию для внешнего потребителя. В данном агрегате вырабатывается горячий газ высокой температуры и давления, который выдаётся внешнему потребителю и является для него рабочим телом. Чаще всего горячий поток газа из СПГГ используется для получения механической работы в силовой газовой турбине.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

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

Что выражает удельный эффективный расход топлива?

- 1) количество топлива, потреблённое двигателем в единицу времени.
- 2) количество топлива, потреблённое двигателем в единицу времени для выработки 1 кВт механической мощности на выходном валу, передаваемой внешнему потребителю.
- 3) количество топлива, потреблённое двигателем в единицу времени для выработки 1 кВт механической мощности непосредственно в рабочих камерах двигателя.
- 4) количество топлива, потреблённое двигателем в единицу времени для выработки 1 кВт механической мощности, затраченной на привод механизма газораспределения, генератора, вентилятора охлаждения и других узлов и агрегатов.
- 5) количество топлива, потреблённое двигателем транспортного средства на единицу пройденного пути.

Ответ: 2

Обоснование: по определению удельный эффективный расход топлива для любого вида теплового двигателя – это количество топлива, затраченное двигателем в единицу времени для выработки 1 кВт эффективной мощности, т.е. мощности, передаваемой внешнему потребителю. Количество топлива здесь понимается в общем смысле: масса (кг, г, мг), объём (м^3 , л, дм^3 , см^3) или собственно количество вещества (кмоль, моль). За единицу времени при определении удельного расхода топлива в двигателестроении широко применяется час. При этом для двигателей на жидких топливах наиболее часто используется удельный массовый расход топлива, имеющий размерность $\text{кг}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ и $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, для двигателей на газовых топливах – удельный объёмный расход топлива, приведенный к нормальным атмосферным условиям, и имеющий размерность $\text{нм}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

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

Как изменится индикаторный КПД теплового двигателя, если удельный индикаторный расход топлива увеличится в некоторое количество раз?

- 1) уменьшится в удвоенное количество раз.
- 2) увеличится в удвоенное количество раз.

- 3) уменьшится в такое же количество раз.
- 4) увеличится в такое же количество раз.
- 5) не изменится.

Ответ: 3

Обоснование: удельный индикаторный расход топлива и индикаторный КПД связаны гиперболической зависимостью, следовательно, увеличение одной из них в некоторое число раз ведет к уменьшению второй в такое же число раз.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

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

Для какого вида двигателя не имеют смысла понятия «эффективная мощность» и «индикаторная мощность»?

- 1) двигатель Ванкеля.
- 2) двигатель Баландина.
- 3) двигатель Стирлинга.
- 4) паровой двигатель.
- 5) электрический двигатель.

Ответ: 5

Обоснование: понятия эффективной и индикаторной мощности относятся только к тепловым двигателям. Для электрических двигателей эти понятия не существуют.

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности передаётся энергия горячего рабочего тела к внешнему потребителю в двигателе Баландина?

- 1) поршень.
- 2) коленчатый вал.
- 3) маховик.
- 4) крейцкопф.
- 5) шток.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности рабочее тело проходит через проточный тракт авиационного газотурбинного двигателя?

- 1) направляющие лопатки турбины и решетка рабочего колеса.
- 2) камеры сгорания.
- 3) входной направляющий аппарат компрессора и рабочая решетка колеса
- 4) газовое реактивное сопло.
- 5) решетка направляющего аппарата.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности располагаются различные виды двигателей в направлении увеличения быстроходности?

- 1) стационарные двигатели Стирлинга.
- 2) тепловозные дизели.
- 3) автомобильные двигатели Ванкеля.
- 4) судовые дизели, работающие на вязких высокомолекулярных моторных топливах.
- 5) газотурбинные двигатели.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности осуществляется рабочий процесс двигателя Ванкеля?

- 1) Следующая за рассматриваемой вершина ротора перекрывает заднюю кромку впускного окна. Объём рассматриваемой полости уменьшается. Растёт давление и температура смеси.
- 2) Горячие газы расширяясь, толкают ротор. С момента совмещения рассматриваемой вершины ротора с передней по ходу движения кромкой выпускного окна начинается истечение газов в увеличивающуюся выпускную щель.
- 3) Объём полости продолжает уменьшаться. Газы истекают в выхлопное окно до момента разобщения вершины ротора, следующей за рассматриваемой, с задней кромкой выхлопного окна. С момента сообщения рассматриваемой и предшествующей по ходу вращения полостей, начинается продувка рассматриваемой полости свежим зарядом.
- 4) Вершина ротора совмещается с передней по ходу вращения кромкой впускного окна. Осуществляется наполнение полости свежим зарядом и продувка полости, следующей за рассматриваемой.
- 5) Ротор поворачивается на угол, при котором рассматриваемая полость достигает минимального объёма. Между электродами свечи зажигания проскакивает искра и осуществляется воспламенение смеси.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

Найти соответствие между указанными видами специальных двигателей и областями их фактического и возможного применения.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
A	Двигатель Стирлинга	1	Авиация, морской и наземный транспорт, стационарные установки, электростанции

Б	Двигатель Баландина	2	Космический транспорт
В	Свободнопоршневой генератор газа	3	Стационарные установки, автомобильный транспорт, подводные лодки
Г	Газотурбинный двигатель	4	Наземный транспорт
		5	Морской и железнодорожный транспорт

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
3	4	5	1

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Найти соответствие

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Дизель-молот	1	Отсутствие в кинематической схеме механизма <u>возвратно-поступательно движущихся</u> звеньев.
Б	Двигатель Ванкеля	2	Возвратно-поступательное движение выходного звена. Совершение работы по поднятию груза на высоту.
В	Свободнопоршневой генератор газа (ГПГГ)	3	Получение сжатого воздуха для питания внешних потребителей.
Г	Свободнопоршневой дизель-компрессор (СПДК)	4	Получение горячего газа высокого давления для питания внешних потребителей.
		5	Получение горячего газа высокого давления для питания внешних потребителей, а также механической мощности вращения выходного вала.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	3

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Найти соответствие между указанными элементами конструкции и специальными видами двигателей, в конструкции которых эти элементы применяются.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Крейцкопф	1	Газотурбинный двигатель
Б	Регенератор	2	Двигатель Ванкеля
В	Рабочая решётка	3	Двигатель Стирлинга
Г	Треугольный ротор	4	Волновой дисковый двигатель

		5	Двигатель Баландина
--	--	---	---------------------

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
5	3	1	2

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 16.

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

На какую высоту может поднять боёк массой 500 кг свайный дизель-молот, рабочим объёмом $V_h = 73,6$ л, если среднее эффективное давление цикла $p_e = 400$ кПа?

Ответ (решение): в дизель-молоте полезная работа расширения газов

$$L_e = p_e \cdot V_h$$

затрачивается на поднятие бойка на заданную высоту H . При этом боёк массой m приобретает потенциальную энергию E

$$E = m \cdot g \cdot H,$$

где $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

Из закона сохранения энергии очевидно, что $L_e = E$ или в развернутом виде

$$p_e \cdot V_h = m \cdot g \cdot H,$$

отсюда искомая высота поднятия бойка

$$H = \frac{p_e \cdot V_h}{m \cdot g} = \frac{400 \cdot 73,6}{500 \cdot 9,81} = 6 \text{ м.}$$

Высота поднятия бойка 6 м.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 17.

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

Эффективная мощность двигателя Стирлинга увеличилась линейно от 20 до 26 кВт за 40 с. Какой средний эффективный КПД реализован двигателем в заданном промежутке времени, если за это время в цикл было подведено 2421 кДж тепла?

Ответ (решение): под средним эффективным КПД двигателя в данном временном интервале понимается отношение работы L , совершенной двигателем за указанное время к общему количеству тепловой энергии Q_1 , подведенной в цикл от горячего источника

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1}.$$

Т.к. в течение указанного промежутка времени $t = 40$ с эффективная мощность двигателя Стирлинга N_e изменялась, то механическая работа L , переданная с выходного вала внешнему потребителю, определяется интегралом

$$L = \int_{t_1}^{t_2} N_e(t) dt,$$

где t_1 и t_2 – начальный и конечный момент времени переходного режима двигателя. Т.к. в задании не оговорено иных условий, то для упрощения решения удобно принять начальный момент времени $t_1 = 0$. Тогда $t_2 = 40$ с.

По условию мощность двигателя изменяется линейно, тогда явное уравнение $N_e(t)$ запишется в общем виде

$$N_e(t) = a + bt.$$

Константа a определяется из условия: при $t = t_1 = 0$, $N_{e1} = 20$ кВт, подставляя в уравнение прямой, получаем $a = 20$ кВт.

Константа b является угловым коэффициентом прямой и представляет скорость изменения мощности двигателя выражает тангенс угла наклона прямой $N_e(t)$ к оси времени t . Из условия $N_{e2} = 26$ кВт при $t = t_1 = 40$ с находим b

$$b = \frac{N_{e2} - a}{t_2 - t_1} = \frac{N_{e2} - N_{e1}}{t_2} = \frac{26 - 20}{40} = 0,15 \text{ кВт/с.}$$

Тогда искомое уравнение $N_e(t)$ имеет вид

$$N_e(t) = 20 + 0,15t$$

Работа, совершённая двигателем во время переходного процесса

$$L = \int_{t_1}^{t_2} N_e(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} (20 + 0,15t) dt = \left(20t + 0,15 \frac{t^2}{2} \right) \Big|_0^{40} = 20 \cdot 40 + 0,15 \frac{40^2}{2} = 920 \text{ кДж.}$$

Средний эффективный КПД двигателя Стирлинга

$$\eta_t = \frac{920}{2421} = 0,38.$$

Средний эффективный КПД двигателя Стирлинга равен 0,38 (38%).

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

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

Найти механический КПД двигателя Ванкеля, приводящего генератор постоянного тока, если напряжение на клеммах генератора 250 В, сила тока 80 А, общий КПД генератора $\eta_g = 0,8$, индикаторная мощность двигателя $N_i = 29$ кВт. Потерями механической энергии в муфте, соединяющей валы генератора и двигателя, пренебречь.

Ответ (решение): т.к. по условию потери в муфте отсутствуют, то эффективная мощность двигателя N_e полностью затрачивается на привод генератора. Механическая мощность привода генератора N_m связана с электрической N_g выражением общего КПД генератора

$$\eta_g = \frac{N_g}{N_m}.$$

Электрическая мощность генератора равна

$$N_g = U \cdot I = \frac{250 \cdot 80}{1000} = 20 \text{ кВт.}$$

Механическая мощность привода генератора

$$N_m = \frac{N_g}{\eta_g} = \frac{20}{0,8} = 25 \text{ кВт.}$$

Механический КПД двигателя Ванкеля

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_m}{N_i} = \frac{25}{29} = 0,86.$$

Механический КПД двигателя Ванкеля равен 0,86 (86%).

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 19.

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

Вычислить массовый расход и массу горячего газа, прошедшую через выхлопные окна СПГГ за 0,02 с, если среднее проходное сечение окон $f_p = 25 \text{ см}^2$, истечение газа происходит в докритическом режиме с постоянной скоростью $w_p = 275 \text{ м/с}$, плотность газа $\rho_g = 2,3 \text{ кг/м}^3$.

Ответ (решение): массовый расход газа G_g определяется по уравнению неразрывности в гидравлической форме

$$G_g = \rho_g \cdot f_p \cdot w_p = 2,3 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 275 = 1,58 \text{ кг/с.}$$

Т.к. по условию задания расход газа постоянный, то масса газа, прошедшего через выхлопные окна за указанное время 0,02 с, будет равна

$$m_g = G_g \cdot t = 1,58 \cdot 0,02 = 0,0316 \text{ кг.}$$

Массовый расход газа через выхлопные окна СПГГ равен 1,58 кг/с, масса газа, прошедшего через выхлопные окна за 0,02 с, равна 0,0316 кг (31,6 г).

Задание с развернутым ответом Высокий уровень

Задание 20.

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

По результатам стендовых испытаний эффективный крутящий момент двигателя Баландина аппроксимирован по скоростной характеристике уравнением квадратной параболы

$$M_e(n) = -0,0001216 \cdot n^2 + 1,05792 \cdot n - 460,976.$$

Вычислить эффективную мощность двигателя Баландина при частоте вращения коленчатого вала $n = 5100$ об/мин. Определить на скоростной характеристике координаты точки максимального крутящего момента (n_M , $M_{\max}$).

Ответ (решение): эффективная мощность двигателя равна произведению эффективного крутящего момента двигателя на угловую скорость вращения коленчатого вала

$$N_e = M_e \cdot \omega = M_e \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi}{30} (-0,0001216 \cdot n^3 + 1,05792 \cdot n^2 - 460,976 \cdot n).$$

При $n = 5100 \text{ мин}^{-1}$ эффективная мощность равна

$$N_e = \frac{\pi}{30} (-0,0001216 \cdot n^3 + 1,05792 \cdot n^2 - 460,976 \cdot n) = \\ = \frac{3,14}{30} (-0,0001216 \cdot 5100^3 + 1,05792 \cdot 5100^2 - 460,976 \cdot 5100) \cdot 10^{-3} = 945,7 \text{ кВт.}$$

Для определения координаты точки (n_M , $M_{\max}$) найдем экстремум функции $M_e(n)$. Возьмём производную от крутящего момента по частоте вращения

$$\frac{dM_e}{dn} = -0,0001216 \cdot 2n + 1,05792 = -0,0002432 \cdot n + 1,05792.$$

Приравняв производную к нулю, определяем искомую частоту вращения коленчатого вала n_M , при которой двигатель развивает максимальный крутящий момент

$$\frac{dM_e}{dn} = -0,0002432 \cdot n + 1,05792 = 0 \Rightarrow n = n_M = \frac{-1,05792}{-0,0002432} = 4350 \text{ об/мин.}$$

Поскольку очевидно, что у квадратной параболы кроме вершины других экстремумов нет, то найденное значение $n_M = 4350 \text{ мин}^{-1}$ – единственное. Искомый максимальный крутящий момент двигателя равен

$$M_{e_{\max}} = M_e(n_M) = -0,0001216 \cdot 4350^2 + 1,05792 \cdot 4350 - 460,976 = 1840 \text{ Н·м.}$$

Эффективная мощность двигателя при $n = 5100 \text{ мин}^{-1}$ равна 945,7 кВт, максимальный крутящий момент двигателя 1840 Н·м при частоте вращения коленчатого вала 4350 мин^{-1} .

КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 2

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	25	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	1245	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	235	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи

4.	15	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	4	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	2	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	15423	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	35214	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	42135	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
12.	41523	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
13.	A3B4B5Г1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
14.	A2Б1В4Г3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
15.	A5Б3В1Г2	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
16.	Высота поднятия бойка 6 м.	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.	Средний эффективный КПД двигателя Стирлинга равен 0,38 (38%).	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.	Механический КПД двигателя Ванкеля равен 0,86 (86%).	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.	Массовый расход газа через выхлопные окна СПГТ равен 1,58 кг/с, масса газа, прошедшего через выхлопные окна за 0,02 с, равна 0,0316 кг (31,6 г).	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.	Эффективная мощность двигателя при $n = 5100 \text{ мин}^{-1}$ равна 945,7 кВт, максимальный крутящий момент двигателя 1840 Н·м при частоте вращения коленчатого вала 4350 мин^{-1} .	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
3	14-20
2	0-13

Вопросы при защите практической работы (базовый уровень):

1. Приведите методику расчета идеального рабочего цикла ГТД.
2. В чем отличие идеального рабочего цикла ГТД от реального цикла?.
3. Приведите методику расчета цикла ГТД с регенерацией.
4. Основы теории расчета теплообменника-регенератора.
5. Основы теории расчета камеры сгорания.
6. Расчет рабочих полостей роторно-поршневых двигателей.
7. Сравнение термодинамический цикл реального и идеального ГТД.
8. Приведите принципиальную схему простейшей ГТУ с регенератором.
9. КПД простейшей ГТУ сравнительно невелик, какой он?
10. Что такое регенерация в ГТД?
11. Как достигают снижения расхода мощности на привод компрессора?
12. Какие исходные данные при расчете ГТД?
13. Цель термодинамического расчета является определение параметров рабочего тела в основных точках цикла ГТУ?
14. Целью теплового расчета ГТУ является определение работы производимой в каждом из структурных элементов, определение индикаторных и эффективных показателей ГТУ как с регенерацией теплоты отработавших газов так и без нее?

Задачи (высокий уровень)

1. Рассчитать термический к.п.д. простейшей газотурбинной установки, работающей по циклу с подводом тепла при $p = \text{const}$, при следующих степенях повышения давления: 1) $\pi = 5$; 2) $\pi = 10$; 3) $\pi = 20$. Считать, что рабочее тело обладает свойствами воздуха. Показатель адиабаты принять равным 1.4.
2. Газотурбинная установка работает по циклу с подводом теплоты при $p = \text{const}$. Степень повышения давления $\pi = 12$. Рассчитать термический к.п.д. для двух случаев:
 - 1) рабочим телом является воздух;
 - 2) рабочим телом является гелий.
- 3)
 3. Компрессор газотурбинной установки сжимает воздух с начальными параметрами $p_1 = 1 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ и $t = 5^\circ\text{C}$ до давления $p_2 = 8 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$. Внутренний относительный к.п.д. компрессора равен 0.84. Определить температуру воздуха на выходе из компрессора, а также мощность привода компрессора, если известно что компрессор должен подавать $1 \cdot 10^5 \text{ кг/час}$ воздуха.
 4. В турбину газотурбинной установки входит гелий с параметрами $p_3 = 1 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$, $t_3 = 700^\circ\text{C}$. Внутренний к.п.д турбины равен 0,86, давление за турбиной $p_4 = 1 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$. Определить температуру гелия на выходе из турбины.
 5. В турбину газотурбинной установки входит гелий с параметрами $p_3 = 1 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$, $t_3 = 700^\circ\text{C}$. Внутренний к.п.д турбины равен 0,86, давление за турбиной $p_4 = 1 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$. Определить массовый расход гелия , если действительная мощность турбины равна 40 МВт.
 6. Начальные параметры воздуха, поступающего в компрессор ГТУ с сжиганием топлива при $p = \text{const}$, равны $p_1 = 1 \text{ бар}$, $t_1 = 20^\circ\text{C}$. степень повышения давления в компрессоре ГТУ равна $\pi = 6$. Температура газов перед соплами турбины 700°C . Рабочее тело обладает свойствами воздуха. Компрессор засасывает $2 \cdot 10^5 \text{ кг/час}$ воздуха. Определить параметра всех точек идеального цикла ГТУ, термический к.п.д. ГТУ, теоретические мощности турбины, компрессора, всей ГТУ.
 7. Начальные параметры воздуха, поступающего в компрессор ГТУ с сжиганием топлива при $p = \text{const}$, равны $p_1 = 1 \text{ бар}$, $t_1 = 20^\circ\text{C}$. степень повышения давления в компрессоре ГТУ равна $\pi = 7$.

Температура газов перед соплами турбины 700°C . Рабочее тело обладает свойствами воздуха. Компрессор засасывает $6 \cdot 10^5$ кг/час воздуха. Определить параметры всех точек действительного цикла, приняв внутренние к.п.д. турбины и компрессора соответственно 0,87 и 0,85.

8. Начальные параметры воздуха, поступающего в компрессор ГТУ с сжиганием топлива при $p=\text{const}$, равны $p_1=1\text{ бар}$, $t_1=20^{\circ}\text{C}$. степень повышения давления в компрессоре ГТУ равна $\pi=8$. Температура газов перед соплами турбины 700°C . Рабочее тело обладает свойствами воздуха. Компрессор засасывает $2 \cdot 10^5$ кг/час воздуха. Найти внутренний к.п.д. ГТУ, действительные мощности турбины, компрессора и всей ГТУ приняв внутренние к.п.д. турбины и компрессора соответственно 0,8 и 0,75.

9. Газотурбинная установка в которой топливо сгорает при $p=\text{const}$, работает при следующих параметрах: $t_1=12^{\circ}\text{C}$, $p_1=0,9$ бар, степень повышения давления $\pi = 7$, температура газов перед турбиной 750°C . Внутренние относительные к.п.д. турбины и компрессора равны 0,8. Вторая установка работает при тех-же параметрах, но внутренние относительные к.п.д. турбины и компрессора равны 0,85. Показатель адиабаты сжатия рабочего тела 1,4. Определить внутренние к.п.д. первой и второй установки.

10. Определить мощность газотурбинной установки работающей на дизельном топливе если действительный теплоперепад на турбине составляет 450,8 кДж/кг, внутренний кпд турбины 0,9, расход газа через турбину 0,5 кг/с, эффективный кпд ГТУ 0,4.

11. Как изменится мощность газотурбинной установки при переводе ее с дизельного топлива на бензин при прочих равных условиях.

12. В ГТУ работающей на бензине в результате аварии лопнул газоподводящий трубопровод перед турбиной. При этом мощность газотурбинной установки упала с 50 МВт до 42 МВт. Какое количество поддутов сгорания прорывается через трещину в патрубке при прочих равных условиях.

13. При переводе газотурбинной установки с бензина на дизельное топливо необходимо, чтобы мощность ГТУ не изменилась. Во сколько раз изменится расход топлива если расход воздуха и количество подводимой к рабочему телу теплоты остается неизменным.

14. Двухступенчатая ГТУ работающее при изобарном подводе теплоты. Определить параметры сжатого воздуха после компрессора 2-й ступени, если известно что, π_k первой ступени равно 4, а второй ступени 3. T_c в первой ступени 400 К, действительный теплоперепад в компрессоре 2-й ступени составляет 183 кДж/кг. Величину теплоемкости принять равной 0,76 Дж/кг К.

15. Выхлоп судовой ГТУ мощностью 10 МВт происходит в воду. Гидравлическое сопротивление выхлопу составляет 7500 Па. Степень понижения давления в турбине равна 4. Температура газов перед турбиной составляет 500 градусов. Расход газа через турбину 500 кг/с. Показатель адиабаты принять равным 1,4. Во сколько раз изменится мощность турбины, если выхлоп осуществить в атмосферу.

16. Рассчитать степень понижения давления в турбине если известно, что ее мощность равна 5 МВт, температура газов перед турбиной 1000 К, теплоемкость 1 кДж./кгК, расход газа 5000 кг/с.

17. Какое количество газа необходимо подать на турбину ГТУ мощностью 0,5 МВт при степени понижения давления 1,5. Температура газов перед турбиной 800 К, теплоемкость газов 0,9 кДж.кгК, показатель адиабаты 1,4.

18. Определите мощность компрессора, необходимую для сжатия 230 кг/с воздуха до давления 364700 Па. Теплоемкость сжимаемого воздуха принять равной 1,01 кДж/кгК.

19. Газотурбинную установку рассчитанную на работу в нормальных условиях, подняли на высоту 3 км. Как изменится мощность турбины, если атмосферное давление понизилось на 25%.
20. Определить к.п.д. газотурбинной установки при степени регенерации теплоты отработавших газов $\sigma_p=0,25$; $\sigma_p=0,5$; $\sigma_p=0,75$.
21. ГТУ с регенерацией, работающая с подводом теплоты при $p=\text{const}$, имеет мощность 5 МВт, температуру газов перед турбиной 1200 К, расход газов через турбину 1 т/мин. В результате загрязнения сажей трубок теплообменника сопротивление выхлопной системы увеличилось на 258 кПа, а температура газов упала на 150 К. Как изменится мощность турбины ?
22. Судовая газотурбинная установка мощностью 1.3 МВт имеет степень понижения давления в турбине $\pi_t=2.5$ и температуру газов перед турбиной 980 К. Определить расход газа через турбину, если показатель адиабаты 1.38.
23. Стационарная ГТУ имеет мощность 2000 кВт. Силовая турбина выдает мощность 3200 кВт. Определить расход воздуха через компрессор, если степень повышения давления в компрессоре $\pi_k=4$, показатель адиабаты 1.4, теплоемкость воздуха 1.21 кДж/кгК, температура окружающего воздуха -15°C .
24. Автомобильный ГТД с мощностью тяговой турбины 340 кВт передает на вал редуктора 56% от мощности турбины. Температура окружающего воздуха 34°C , расход воздуха составляет 34 кг/с. Определить степень повышения давления в компрессоре, приняв показатель адиабаты 1.4 и теплоемкость 1 кДж/кгК. Кроме того, определить температуру воздуха после компрессора с учетом адиабатного сжатия.
25. Турбина авиационного ГТД развивает мощность 18300 кВт при расходе газа 170 кг/с. Коэффициент избытка воздуха в камере сгорания $\alpha=3.7$, топливо – бензин, показатель адиабаты 1.4. Определить степень повышения давления в компрессоре и входном диффузоре, если известно, что степень повышения давления в диффузоре составляет 23% от степени повышения давления в компрессоре. Определить давление после компрессора и диффузора, считая процесс сжатия адиабатным и приняв давление окружающей среды 65,75 кПа.

Выполняется в соответствии с методическими указаниями «Расчет рабочего процесса роторно-поршневого двигателя» к практическим занятиям по курсу «Специальные виды двигателей» для студентов направления 13.03.03 Энергетическое машиностроение специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/Сост.: М.А.Брянцев. - Луганск, Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. - 15с. и методическими указаниями «Расчет газотурбинной установки» к практическим занятиям по специальности «Специальные виды двигателей» для студентов направления 13.03.03 Энергетическое машиностроение специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/Сост.: М.А.Брянцев. - Луганск, Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. -19с.

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)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
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. Что понимается под турбовинтовым двигателем?
2. Назовите основные элементы конструкции ТВД?
3. Какие типы компрессоров применяют в ТВД?
4. Какие типы камер сгорания применяются в ТВД?
5. Для чего нужны спрямляющий и сопловой аппараты и где они располагаются?
6. Что понимается под ступенью компрессора и ступенью турбины?
7. Назначение входного устройства?
8. Раскройте специфику движения воздуха на участке камер сгорания?
9. Чем отличаются активная и реактивная турбина?
10. Для чего используется редуктор?
11. Засчет чего реализуется тяга в ТВД?
12. Назовите основные элементы конструкции РПДВ?
13. Сколько рабочих камер в одной секции РПДВ и насколько смещены циклы в смежных камерах по углу поворота ротора?
14. За один оборот ротора сколько раз камера изменяет свой объем от минимальной до максимальной величины?
15. Какие такты в одной камере осуществляются за один оборот ротора?
16. Когда осуществляется продувка камеры двигателя и какие еще процессы происходят в это время в камере?
17. Почему желательно применение нескольких свечей зажигания и как они располагаются относительно камеры сгорания в случае двухэпитрохoidalного РПДВ?
18. Для чего на каждой стороне ротора посередине выполняется выемка?
19. Назовите характерные особенности цикла РПДВ?
20. Назовите преимущества и недостатки РПДВ по сравнению с традиционным поршневым ДВС?
21. Какой элемент в СПГГ непосредственно передает мощность потребителю?
22. Преимущества использования в качестве генератора газа в СПГГ двухтактного двигателя?
23. Назовите основные элементы СПГГ?
24. Назовите основные способы регулирования производительности СПГГ? Какой из них наиболее предпочтителен?
25. Назначение буферных полостей, и какое рабочее тело в них обычно используется?
26. Преимущества и недостатки СПГГ по сравнению с традиционным поршневым ДВС?

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к лабораторным занятиям по дисциплине «Специальные виды двигателей» (для студентов направления 13.03.03

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 %)

Вопросы к контрольной работе по вариантам:

Задание 1

1. Камеры сгорания газотурбинных двигателей.
2. Ракетни двигатели на жидком топливе.
3. Рассчитать термический КПД простейшей газотурбинной установки по циклу с подводом тепла при $p = \text{const}$, при следующих степенях повышения давления: 5; 10, 20. Считать, что рабочее тело имеет свойства воздуха. Показатель адиабаты принять равным 1.4.

Задание 2

1. Одновальные газотурбинные двигатели.
2. Методы анализа термодинамических циклов тепловых двигателей.
3. Провести сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания с подводом теплоты при $v = \text{const}$ и $p = \text{const}$ при одинаковых T_{max} , P_{max} , T_{min} , P_{min} .

Задание 3

1. Рабочий процесс свободно-поршневого генератора газа.
2. Пропульсивные воздушно-реактивные двигатели.
3. Газотурбинная установка в которой топливо сгорает при $p = \text{const}$, работает при параметрах: $t_1 = 12^\circ \text{C}$, $p_1 = 0,9$ бар, степень повышения давления $\pi = 7$, температура газов перед турбиной 750°C . Внутренние относительные КПД турбины и компрессора 0,8. Другая установка работает при этих же параметрах, но внутренние относительные КПД турбины и компрессора равны 0,85. Определить внутренние КПД первой и второй установок ($k = 1,4$).

Задание 4

1. Особенности конструкции роторно-поршневых двигателей.
2. Газотурбинные установки с регенерацией теплоты.
3. Провести сравнение циклов газотурбинных установок с подводом теплоты при $V = \text{const}$, $p = \text{const}$, одинаковыми T_{max} , T_{min} и степенью сжатия.

Задание 5

1. Влияние атмосферных условий на рабочий процесс газотурбинной двигателей.
2. Особенности кинематики бесшатунного силовых механизмов.
3. Какие меры можно порекомендовать для увеличения моторесурса роторно-поршневого двигателя?

Задание 6

1. Особенности конструкции транспортных газотурбинных двигателей.

2. Процессы, протекающие в камерах сгорания газотурбинных двигателей.
3. Какие критерии заключаются в основу выбора рода топлива газотурбинного двигателя?

Задание 7

1. Газотурбинные установки замкнутого цикла.
2. Двигатели с бесшатунным силовым механизмом.
3. Привести зависимость индикаторного КПД газотурбинного двигателя от степени сжатия.

Задание 8

1. Газотурбинные двигатели с дифференциальным механизмом.
2. Двигатели двойного действия с бесшатунным силовым механизмом.
3. При переводе газотурбинной установки с бензина на дизельное горючее необходимо, чтобы ее мощность не изменилась. Как изменится расход топлива если расход воздуха и количество подводимой к рабочему телу теплоты остается неизменным ?

Задание 9

1. Компрессоры газотурбинных двигателей.
2. Процесс газообмена в роторно-поршневом двигателе.
3. Турбина авиационного ГТД имеет мощность 18300 кВт при расходе газа 170 кг/с. Коэффициент избытка воздуха в камере сгорания - 3,7, топливо - бензин, $k=1,4$. Определить степень повышения давления в компрессоре и входном диффузоре, если известно, что в диффузоре он составляет 23% от компрессора. Определить давление после компрессора и диффузора, считая процесс сжатия адиабатным и приняв давление окружающей среды 65,75 кПа.

Задание 10

1. Турбины газотурбинных двигателей.
2. Системы пуска газотурбинных двигателей.
3. Определить коэффициент избытка воздуха в роторно-поршневом двигателе ($G_v = 20 \text{ кг / ч. ; } G_t = 1,5 \text{ кг / ч.}$).

Задание 11

1. Системы топливоснабжения газотурбинных двигателей.
2. Свободно-поршневые дизель-компрессоры.
3. Какое количество газа необходимо подать на турбину ГТУ мощностью 0.5 МВт при степени снижения давления 1.5. Температура газов перед турбиной 800 ° С, теплоемкость газов 0.9 кДж / кгК, показатель адиабаты 1.4?

Задание 12

1. Характеристики одновальных газотурбинных двигателей.
2. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели.
3. Какие меры можно порекомендовать для увеличения моторесурса двигателя с бесшатунного силовым механизмом?

Задание 13

1. Способы регулирования свободно-поршневых генераторов газа.
2. Двухвальные газотурбинные двигатели.
3. Судовая газотурбинная установка мощностью 1.3 МВт имеет степень снижения давления в турбине 2.5 и температуру газов перед турбиной 980 ° С. Определить расход газа через турбину, если показатель адиабаты 1.38.

Задание 14

1. Требования к конструкциям ротора турбин газотурбинных двигателей.
2. Преимущества двигателей с бесшатунного силовым механизмом.
3. Определить диаметр цилиндра 6-цилиндрового двигателя рабочим объемом 2,5л ($S / D = 1,1$) с бесшатунного силовым механизмом.

Задание 15

1. Теоретический цикл ГТУ с промежуточным охлаждением и подогревом.
2. Теоретический цикл воздушно-реактивных двигателей в pV и TS - диаграммах.

3. Какие меры можно порекомендовать для увеличения моторесурса газотурбинного двигателя?

Задание 16

1. Термодинамический цикл ГТУ с регенерацией тепла отработанных газов.
2. Процесс сгорания в роторно-поршневых двигателях.
3. Сравнить циклы двигателя внутреннего сгорания и газотурбинной установки при одинаковых $T_{\max}$, $p_{\max}$, $T_{\min}$, $p_{\min}$.

Задание 17

1. Термодинамический цикл ГТУ с промежуточным охлаждением и промежуточным подогревом.
2. Конструктивные варианты бесшатунного силового механизма
3. Газотурбинную установку, рассчитанную на работу в нормальных условиях, подняли на высоту 3 км. Как изменится мощность турбины, если атмосферное давление снизится на 25%?

Задание 18

1. Способы регулирования газотурбинных двигателей.
2. Функция буферных объемов свободно-поршневых генераторов газа
3. ГТУ с регенерацией, работающий с подводом теплоты при $p = \text{const}$, имеет мощность 5 МВт, температуру газов перед турбиной 900°C , расход газов через турбину 1 т / мин. В результате загрязнения сажей трубок теплообменника сопротивление выхлопной системы увеличилось на 258 кПа, а температура газов упала на 150° . Как изменится мощность турбины?

Задание 19

1. Системы охлаждения газотурбинных двигателей.
2. Сравнение преимуществ и недостатков роторно-поршневых и поршневых ДВС.
3. Почему равно поршневая мощность двигателя с бесшатунного силовым механизмом, литровая мощность которого составляет 10 кВт / л ($S = 0,15 \text{ м}$)?

Задание 20

1. Теплообменники газотурбинных установок.
2. Экологические показатели газотурбинных двигателей.
3. Автомобильный ГТД с мощностью тяговой турбины 340 кВт передает на вал редуктор 56% от мощности турбины. Температура окружающего воздуха 34°C , расход воздуха составляет 14 кг / с. Определить степень повышения давления в компрессоре, приняв показатель адиабаты 1.4 и теплоемкость 1 кДж / кгК. Кроме того, определить температуру воздуха после компрессора с учетом адиабатного сжатия.

Задание 21

1. Редукторы газотурбинных двигателей.
2. Скоростная характеристика роторно-поршневых двигателей.
3. Стационарная ГТУ имеет мощность 2000 кВт. Силовая турбина выдает мощность 3200 кВт. Определить расход воздуха через компрессор, если степень повышения давления в компрессоре 4, показатель адиабаты 1.4, теплоемкость воздуха 1.21 кДж / кгК, температура окружающего воздуха -15°C .

Задание 22

1. Парогазовые установки.
2. Система охлаждения роторно-поршневого двигателя.
3. Выхлоп судовой ГТУ мощностью 10 МВт происходит в воду. Гидравлическое сопротивление выхлопа составляет 7500 Па. Степень снижения давления в турбине равна 4. Температура газов перед турбиной 500°C . Расход газа через турбину 500 кг / с. Как снизится мощность турбины, если выхлоп осуществить в атмосферу ($k = 1.4$).

Задание 23

1. Газотурбинные установки с сгоранием при постоянном объеме.
2. Система смазки роторно-поршневого двигателя.

3. Как изменится мощность газотурбинной установки при переводе ее с дизельго топлива на бензин при прочих равных условиях.

Задание 24

1. Турбореактивные двигатели.
2. Приведение характеристик многоступенчатого цикла ГТУ с характеристиками эквивалентного одноступенчатого.
3. ГТУ имеет мощность 1000 кВт. Силовая турбина выдает мощность 1600 кВт. Определить расход воздуха через компрессор, если $\pi_k=4$, $k = 1.4$, теплоемкость воздуха 1.21 кДж / кгК , $t_0 = -10^\circ\text{C}$.

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 к индивидуальному заданию (высокий уровень):

Расчет газотурбинной установки

№ п/п	$T_0, ^\circ\text{C}$	$P_0, \text{Па}$	$N_e, \text{кВт}$	π	Вид применяемого топлива	$T_z, ^\circ\text{C}$	σ
2.	15	101300	500	8	бензин	550	0,6
3.	17	102300	600	6	ДТ	600	0,5
4.	25	104500	700	5	бензин	570	0,5
5.	30	120000	650	9	ДТ	560	0,8
6.	40	101300	550	8	бензин	550	0,7
7.	25	102300	650	7	ДТ	540	0,8
8.	26	104500	850	3	бензин	530	0,8
9.	28	120000	800	4	ДТ	580	0,5
10.	21	101300	900	5	бензин	570	0,6
11.	23	102300	950	6	ДТ	560	0,5
12.	10	104500	1100	6	бензин	560	0,6
13.	15	120000	1200	8	ДТ	580	0,8
14.	11	101300	450	9	бензин	530	0,7
15.	12	102300	550	5	ДТ	520	0,8

16.	15	104500	630	6	бензин	510	0,9
17.	18	120000	220	3	бензин	560	0,8
18.	19	101300	320	5	ДТ	570	0,5
19.	24	102300	250	6	ДТ	580	0,6
20.	25	104500	350	4	бензин	560	0,5
21.	26	120000	356	8	ДТ	550	0,6
22.	26	101300	350	9	ДТ	540	0,8
23.	28	102300	450	5	бензин	530	0,7
24.	29	104500	250	6	ДТ	520	0,8
25.	30	120000	360	5	бензин	510	0,9

Вопросы к защите индивидуального задания (базовый уровень):

1. Термодинамический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении.
2. Термодинамический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме.
3. Принципы сравнения термодинамических циклов ГТУ методом среднепланиметрических температур.
4. Термический КПД ГТУ. Влияние на термический КПД ГТУ степени повышения давления и термодинамических характеристик рабочего тела.
5. Действительный цикл ГТУ. Относительные внутренние КПД элементов ГТУ.
6. Определение мощности элементов входящих в ГТУ. Определение суммарной мощности ГТУ.
7. Камеры сгорания ГТУ. Принцип действия и конструкция. Обоснование применения жаровой трубы.
8. Требования, предъявляемые к камерам сгорания.
9. Конструктивные особенности камер сгорания ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме.
10. Компрессоры ГТУ. Принцип действия и характеристики компрессоров применяемых в ГТУ.
11. Обоснование применения многоступенчатых компрессоров.
12. Турбины ГТУ. Требования, предъявляемые к турбинам ГТУ.
13. Принцип действия газовых турбин ГТУ.
14. Двухвальные ГТУ. Принципиальная схема, принцип действия и характеристики.
15. ГТУ сложных циклов, их преимущества и недостатки.
16. Способы регулирования ГТУ.
17. Системы запуска ГТУ
18. Влияние теплофизических характеристик топлив на показатели ГТУ.
19. Способы повышения эффективности ГТУ.
20. Понятие регенерации энергии отработавших газов.
21. Конструкции регенераторов ГТУ.
22. Влияние степени регенерации на характеристики ГТУ.
23. Использование бинарных циклов в ГТУ. Парогазотурбинные установки, их преимущества и недостатки.
24. ГТУ замкнутого цикла. Влияние теплофизических характеристик рабочего тела на показатели ГТУ замкнутого цикла.
25. Особенности применения ГТУ замкнутого цикла.

Выполняется в соответствии с методическими указания «Расчет газотурбинной установки» к практическим занятиям по специальности «Специальные виды двигателей» для студентов направления 13.03.03 Энергетическое машиностроение специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/Сост.: М.А.Брянцев. - Луганск, Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. -19с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству индивидуальное задание

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

Вопросы к оценочным средствам для промежуточной аттестации (зачет):

1. Какие типы компрессоров применяют в турбовинтовых двигателях?
2. Какие типы камер сгорания применяются в ТВД?
3. Термодинамический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении.
4. Термодинамический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме.
5. Что понимается под турбовинтовым двигателем?
6. Назовите основные элементы конструкции ТВД?
7. Для чего нужны спрямляющий и сопловой аппараты и где они располагаются?
8. Что понимается под ступенью компрессора и ступенью турбины?
9. Назначение входного устройства?
10. Раскройте специфику движения воздуха на участке камер сгорания?
11. Чем отличаются активная и реактивная турбина?
12. Для чего используется редуктор?
13. За счет чего реализуется тяга в ТВД?
14. Назовите основные элементы конструкции РПДВ?
15. Сколько рабочих камер в одной секции РПДВ и насколько смещены циклы в смежных камерах по углу поворота ротора?
16. За один оборот ротора сколько раз камера изменяет свой объем от минимальной до максимальной величины?
17. Какие такты в одной камере осуществляются за один оборот ротора?
18. Когда осуществляется продувка камеры двигателя и какие еще процессы происходят в это время в камере?
19. Почему желательно применение нескольких свечей зажигания и как они располагаются относительно камеры сгорания в случае двухэпитрохoidalного РПДВ?
20. Для чего на каждой стороне ротора посередине выполняется выемка?
21. Назовите характерные особенности цикла РПДВ?

22. Назовите преимущества и недостатки РПДВ по сравнению с традиционным поршневым ДВС?
23. Какой элемент в СПГГ непосредственно передает мощность потребителю?
24. Преимущества использования в качестве генератора газа в СПГГ двухтактного двигателя?
25. Назовите основные элементы СПГГ?
26. Назовите основные способы регулирования производительности СПГГ? Какой из них наиболее предпочтителен?
27. Назначение буферных полостей, и какое рабочее тело в них обычно используется?
28. Преимущества и недостатки СПГГ по сравнению с традиционным поршневым ДВС?
29. Принципы сравнения термодинамических циклов ГТУ методом среднепланиметрических температур.
30. Термический КПД ГТУ. Влияние на термический КПД ГТУ степени повышения давления и термодинамических характеристик рабочего тела.
31. Действительный цикл ГТУ. Относительные внутренние КПД элементов ГТУ.
32. Определение мощности элементов входящих в ГТУ. Определение суммарной мощности ГТУ.
33. Камеры сгорания ГТУ. Принцип действия и конструкция. Обоснование применения жаровой трубы.
34. Требования, предъявляемые к камерам сгорания.
35. Конструктивные особенности камер сгорания ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме.
36. Компрессоры ГТУ. Принцип действия и характеристики компрессоров применяемых в ГТУ.
37. Обоснование применения многоступенчатых компрессоров.
38. Турбины ГТУ. Требования, предъявляемые к турбинам ГТУ.
39. Принцип действия газовых турбин ГТУ.
40. Двухвальные ГТУ. Принципиальная схема, принцип действия и характеристики.
41. ГТУ сложных циклов, их преимущества и недостатки.
42. Способы регулирования ГТУ.
43. Системы запуска ГТУ
44. Влияние теплофизических характеристик топлив на показатели ГТУ.
45. Способы повышения эффективности ГТУ.
46. Понятие регенерации энергии отработавших газов.
47. Конструкции регенераторов ГТУ.
48. Влияние степени регенерации на характеристики ГТУ.
49. Использование бинарных циклов в ГТУ. Парогазотурбинные установки, их преимущества и недостатки.
50. ГТУ замкнутого цикла. Влияние теплофизических характеристик рабочего тела на показатели ГТУ замкнутого цикла.
51. Особенности применения ГТУ замкнутого цикла.

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

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Студент глубоко и в полном объеме 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.	зачтено
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.	

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.	
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.	не зачтено

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	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)