

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

Кафедра транспортно-технологических машин и комплексов

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и
научной работе

 Л.М. Корнилова
31 августа 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.Б.33 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ АВТОМОБИЛЕЙ И
ТРАКТОРОВ**

Укрупненная группа направлений подготовки
23.00.00 ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

Специальность
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Специализация Автомобили и тракторы

Квалификация (степень) выпускника Инженер

Форма обучения – очная, заочная

При разработке рабочей программы дисциплины в основу положены:

- 1) ФГОС ВО по специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства, утвержденный МОН РФ 11.08.2016 г. № 1022
- 2) Учебный план по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства специализации Автомобили и тракторы, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА протокол № 10 от 19.04.2017 г.
- 3) Учебный план по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства специализации Автомобили и тракторы, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, протокол №11 от 18.06.2018 г.
- 4) Учебный план по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства специализации Автомобили и тракторы, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, протокол № 11 от 20.05.2019 г.
- 5) Учебный план по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства специализации Автомобили и тракторы, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, протокол № 12 от 20.04.2020 г.
- 6) Учебный план по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства специализации Автомобили и тракторы, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, протокол № 18 от 28.08.2020 г.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на основании приказа от 14.07.2020 г. № 98-о и решения Ученого совета ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ (протокол № 18 от 28 августа 2020 г.) в связи с изменением наименования с федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА) на федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ).

В рабочую программу дисциплины внесены соответствующие изменения: в преамбуле и по тексту слова «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия» заменены словами «Чувашский государственный аграрный университет», слова «Чувашская ГСХА» заменены словами «Чувашский ГАУ», слово «Академия» заменено словом «Университет» в соответствующем падеже.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании выпускающей кафедры «Транспортно-технологические машины и комплексы», протокол № 13 от 31 августа 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
1.1 Методические указания по освоению дисциплины для обучающихся очной формы обучения.....	4
1.2 Методические указания по освоению дисциплины для студентов заочной формы обучения.....	5
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО.....	5
2.1 Примерная формулировка «входных» требований.....	5
2.2 Содержательно-логические связи дисциплины	6
3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
3.1 Перечень общепрофессиональных (ОПК) профессиональных (ПК) компетенций, а также перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, сформированные в компетентностном формате	7
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1 Структура дисциплины.....	8
4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций	11
4.3 Содержание разделов дисциплины	11
4.4 Лабораторный практикум.....	12
4.5 Практические занятия	12
4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля	14
5 ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	15
5.1 Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях.....	16
6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	16
6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины.....	16
6.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	18
6.3 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	19
6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	19
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	26
7.1 Основная литература	26
7.2 Дополнительная литература.....	26
7.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.....	27
8 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	27
9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	28
ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ	29
Приложение 1	30
Приложение 2	43
Приложение 3	47
Приложение 4	110

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов» является формирование у обучающихся совокупности знаний, умений и навыков в области теории рабочих процессов, систем, динамики и конструкции двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей и тракторов.

Задачами дисциплины являются приобретение знаний о закономерностях преобразования в ДВС химической энергии топлива в механическую работу; влияния основных конструктивных и режимных параметров на качество протекания рабочих процессов, формирование показателей работы и характеристик ДВС, на окружающую среду; о современных методах улучшения технико-экономических показателей и снижения токсичности отработавших газов, а также шумоизлучения; о путях дальнейшего их развития.

1.1 Методические указания по освоению дисциплины для обучающихся очной формы обучения

Согласно рабочему учебному плану изучения дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов» предусматривает три формы организации учебного процесса: лекции (36 часов), практические занятия (72 часов) и самостоятельную работу (36 часов). Для успешного освоения дисциплины в каждой форме организации учебного процесса необходимо придерживаться определенных методических принципов.

Во-первых, приступая к изучению данной дисциплины, обучающийся должен иметь соответствующие начальные знания физики, химии, механики, термодинамики и теплопередачи, эксплуатационных материалов и технологии конструкционных материалов.

Во-вторых, необходимо:

1. Посещать все лекции, на которых в системном виде излагаются основы дисциплины.

Одна из лекций является проблемной. На этой лекции можно задавать лектору вопросы, желательно в письменной форме, чтобы не нарушать порядок проведения лекции. Слушая лекцию, следует зафиксировать основные идеи, положения и выводы. Работа над конспектом лекции завершается дома, то есть обучающийся ее дорабатывает самостоятельно: уточняет, что не записано, обогатит запись тем, что не удалось зафиксировать в ходе лекции, используя учебники и учебно-методические материалы.

2. Посещать практические занятия. К практическим занятиям следует готовиться активно, так как они посвящены выработке умений и навыков по наиболее сложным материалам дисциплины.

3. Систематически вести самостоятельную работу, так как основная часть учебной нагрузки рассчитана на данную форму организации учебного процесса. При этом в первую очередь самостоятельно прорабатывать по учебникам те темы дисциплины, на которые не отводятся аудиторские занятия.

При изучении материала дисциплины по учебнику нужно прежде всего уяснить существо каждого излагаемого там вопроса. Главное – это понять изложенное в учебнике, а не «заучивать».

Изучать материал рекомендуется по темам приводимой рабочей программы. Сначала следует прочитать весь материал темы, особенно не задерживаясь на том, что показалось не совсем понятным; часто это становится понятным из последующего. Затем надо вернуться к местам, вызвавшим затруднения, и внимательно разобраться в том, что было неясно. Особое внимание при повторном чтении обратите на формулировки соответствующих определений. Однако не следует стараться заучивать формулировки; важно понять их смысл и уметь изложить результат своими словами.

Закончив изучение темы, полезно составить краткий конспект, по возможности не заглядывая учебник.

Закончив изучение темы, нужно проверить, можете ли вы дать ответ на вопросы по этой теме (вопросы по темам приведены в приложении А). Для самопроверки знаний можно использовать также тестовый материал, приведенный в том же приложении.

1.2 Методические указания по освоению дисциплины для студентов заочной формы обучения

Спецификой заочной формы обучения является преобладающее количество часов самостоятельной работы по сравнению с аудиторными занятиями. В этой связи методика изучения дисциплины имеет уклон в большей степени на организацию самостоятельной работы обучающихся: на проведение консультаций, на общение со студентами через электронную почту и т.д.

Самостоятельная работа студентов заочной формы обучения должна начинаться с ознакомления с рабочей программой дисциплины, в которой перечислены основная и дополнительная литература, необходимые учебно-методические задания для изучения дисциплины.

В рабочей программе дисциплины в приложении В подробно изложены методические указания для самостоятельной работы обучающихся.

Задания для закрепления и систематизации знаний включают в себя перечень тем и вопросов по темам.

Задания для формирования умений и навыков предусматривают выполнение курсовой работы по дисциплине. Методические указания и задания к выполнению данной работы приведены в приложении В.

Задания для самостоятельного контроля знаний позволят закрепить пройденный материал и сформировать навыки формулирования кратких ответов на поставленные вопросы. Задания включают вопросы для самоконтроля и тесты для оценки уровня освоения материала теоретического курса. Для удобства работы с материалом, все задания разбиты по темам дисциплины.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина Б1.Б.33 «Энергетические установки автомобилей и тракторов» входит в число дисциплин базовой части первого блока ОПОП специалитета. Она изучается в 6 и 7 семестрах студентами очной формы обучения и на 4,5 курсах – студентами заочной формы обучения.

2.1 Примерная формулировка «входных» требований

Дисциплина «Энергетические установки автомобилей и тракторов» является базовой дисциплиной учебного плана по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства (квалификация (степень) «Инженер») специализация «Автомобили и тракторы».

Освоение дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов» предполагает наличие у студентов знаний и навыков по дисциплинам: Б1.Б.23 Материаловедение, Б1.Б.19 Сопротивление материалов, Б1.Б.26 Метрология, стандартизация и сертификация, Б1.Б.24 Технология конструкционных материалов, Б1.Б.25 Электротехника, электроника и электропривод, Б1.Б.07 Маркетинг, Б1.В.ДВ.04.01 Основы теории упругости, Б1.В.ДВ.04.02 Теория пластичности, Б1.В.ДВ.09.01 Правила и безопасность дорожного

движения, Б1.В.ДВ.09.02 Системы безопасности автомобилей и тракторов, Б1.В.ДВ.09.03 Психосаморегуляция обучающегося с ограниченными возможностями здоровья, Б1.Б.30 Надёжность механических систем.

2.2 Содержательно-логические связи дисциплины

Код дисциплины (модуля)	Содержательно-логические связи	
	Коды и название учебных дисциплин, практик	
	с которыми дисциплина совместно участвует в формировании компетенций на «входе»	с которыми дисциплина совместно участвует в формировании компетенций на «выходе»
Б1.Б.33	Б2.Б.01(У) Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) Б1.Б.23 Материаловедение Б1.Б.19 Соппротивление материалов Б1.Б.26 Метрология, стандартизация и сертификация Б1.Б.24 Технология конструкционных материалов Б1.Б.25 Электротехника, электроника и электропривод Б1.Б.07 Маркетинг Б1.В.ДВ.04.01 Основы теории упругости Б1.В.ДВ.04.02 Теория пластичности Б1.В.ДВ.09.01 Правила и безопасность дорожного движения Б1.В.ДВ.09.02 Системы безопасности автомобилей и тракторов Б1.В.ДВ.09.03 Психосаморегуляция обучающегося с ограниченными возможностями здоровья Б1.Б.30 Надёжность механических систем Б2.Б.03(П) Производственная практика (конструкторская практика)	Б1.Б.35 Конструкционные и защитно-отделочные материалы Б1.В.ДВ.07.01 Противокоррозионная защита автомобилей и тракторов Б1.В.ДВ.07.02 Дорожные условия и безопасность движения Б2.Б.07(П) Преддипломная практика Б1.В.ДВ.08.01 Управление техническими системами Б1.В.ДВ.08.02 Методы определения ремонтпригодности автомобилей и тракторов Б1.В.ДВ.10.01 Модернизация автомобилей и тракторов Б1.В.ДВ.10.02 Развитие конструкций автомобилей и тракторов Б1.В.ДВ.10.03 Социальная адаптация и основы социально-правовых знаний

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Перечень общепрофессиональных (ОПК) профессиональных (ПК) компетенций, а также перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, сформированные в компетентностном формате

Номер (индекс) компете нции	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
1	2	3	4	5
ОПК-4	владеть способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности	практическую деятельность новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности	использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности	практической деятельностью новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности
ПК-5	владеть способностью разрабатывать конкретные варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта наземных транспортно-технологических средств, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности	основы теплового расчета, силового анализа работы и расчета на прочность деталей двигателя внутреннего сгорания	проводить анализ рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, осуществлять прогнозирование последствий их модернизации, находить решения по их совершенствованию	основами теории и расчета рабочего процесса ДВС, сведениями о их конструкции и особенностях работы узлов и агрегатов

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

4.1.1 Структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/п	Се-мe-стр	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость, ч					Форма текущего контроля успеваемости, СРС; промежуточной аттестации
			Всего	Лекция	ПЗ	Контроль	СРС	
Раздел 1. Рабочий цикл ДВС								
1	6	1.1 Термодинамические циклы ДВС	4	2	2			Опрос на занятиях. Тестирование при промежуточной аттестации
2		1.2 Параметры рабочего тела	6	2	2		2	
3		1.3 Параметры отработавших газов	4	2	2			
4		1.4 Действительный цикл ДВС. Индикаторная диаграмма	10	2	8			
5		1.5 Индикаторные и эффективные показатели ДВС	14	2	6		6	
6		1.6 Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизелях и в двигателях с искровым зажиганием	6	2	2		2	
Раздел 2. Кинематика и динамика поршневых ДВС								
7	6	2.1 Кинематика кривошипно-шатунного механизма	4	2			2	Опрос на занятиях. Тестирование при промежуточной аттестации
8		2.2 Динамика кривошипно-шатунного механизма	16	2	10		4	
9		2.3 Уравновешивание двигателей	8	2	4		2	
		Подготовка, сдача зачета с оценкой	-			-		
Всего за 6 семестр			72	18	36	-	18	Зачет с оценкой
Раздел 3. Основы конструирования ДВС								
10	7	3.1 Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя	9	2	2			Опрос на занятиях. Тестирование при промежуточной аттестации
11		3.2 Расчет деталей двигателя на прочность	17	4	8			
12		3.3 Система смазки	11	2	4			
13		3.4 Система охлаждения	10	2	4			
14		3.5 Механизм газораспределения	10	2	4			
15		3.6 Система питания	10	2	4			

Раздел 4. Характеристики и возможные направления совершенствования ДВС								
16	7	4.1 Регуляторные и скоростные характеристики ДВС	24	2	8			Опрос на занятиях. Тестирование при промежуточной аттестации
17		4.2 Тенденции и перспективы развития ДВС	17	2	2			
		Выполнение, защита курсовой работы					18	
		Подготовка, сдача экзамена	36			36		
Всего за 7 семестр:			108	18	36	36	18	Экзамен
ИТОГО			180	36	72	36	36	Зачет с оценкой, экзамен

4.1.2 Структура дисциплины по заочной форме обучения

№ п/ п	Курс	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость, ч					Форма текущего контроля успеваемости, СРС; промежуточной аттестации
			Всего	Лекция	ПЗ	Контроль	СРС	
Раздел 1. Рабочий цикл ДВС								
1	4	1.1 Термодинамические циклы ДВС	11	2			9	Опрос на занятиях. Тестирование при промежуточной аттестации
2		1.2 Параметры рабочего тела	11		2		9	
3		1.3 Параметры отработавших газов	11		2		9	
4		1.4 Действительный цикл ДВС. Индикаторная диаграмма	11		2		9	
5		1.5 Индикаторные и эффективные показатели ДВС	11				11	
6		1.6 Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизелях и в двигателях с искровым зажиганием	15				15	
Раздел 2. Кинематика и динамика поршневых ДВС								
7	4	2.1 Кинематика кривошипно- шатунного механизма	23				23	Опрос на занятиях. Тестирование при промежуточной аттестации
8		2.2 Динамика кривошипно- шатунного механизма	23	2			21	
9		2.3 Уравновешивание двигателей	24				24	
		Подготовка, сдача зачета с оценкой	4			4		

Всего за семестр			144	4	6	4	130	Зачет с оценкой
Раздел 3. Основы конструирования ДВС								
10	7	3.1 Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя	2	1			1	Опрос на занятиях. Тестирование при промежуточной аттестации
11		3.2 Расчет деталей двигателя на прочность	2		2			
12		3.3 Система смазки	2				2	
13		3.4 Система охлаждения	2				2	
14		3.5 Механизм газораспределения	2				2	
15		3.6 Система питания	3				3	
Раздел 4. Характеристики и возможные направления совершенствования ДВС								
16	7	4.1 Регуляторные и скоростные характеристики ДВС	6	1	2		3	Опрос на занятиях. Тестирование при промежуточной аттестации
17		4.2 Тенденции и перспективы развития ДВС	7				7	
		Выполнение, защита курсовой работы					18	
		Подготовка, сдача экзамена	9			9		
Всего за семестр			36	2	4	9	21	Экзамен
ИТОГО			180	6	10	13	151	Зачет с оценкой, экзамен

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Компетенции		
	ОПК-4	ПК-5	Общее количество компетенций
Раздел 1. Рабочий цикл ДВС 1.1 Термодинамические циклы ДВС 1.2 Параметры рабочего тела 1.3 Параметры отработавших газов 1.4 Действительный цикл ДВС. Индикаторная диаграмма 1.5 Индикаторные и эффективные показатели ДВС 1.6 Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизелях и в двигателях с искровым зажиганием	+	+	2
Раздел 2. Кинематика и динамика поршневых ДВС 2.1 Кинематика кривошипно-шатунного механизма 2.2 Динамика кривошипно-шатунного механизма 2.3 Уравновешивание двигателей	+	+	2
Раздел 3. Основы конструирования ДВС 3.1 Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя 3.2 Расчет деталей двигателя на прочность 3.3 Система смазки 3.4 Система охлаждения 3.5 Механизм газораспределения 3.6 Система питания	+	+	2
Раздел 4. Характеристики и возможные направления совершенствования ДВС 4.1 Регуляторные и скоростные характеристики ДВС 4.2 Тенденции и перспективы развития ДВС	+	+	2

4.3 Содержание разделов дисциплины

Разделы дисциплины и их содержание	Результаты обучения
Раздел 1. Рабочий цикл ДВС	Знания: практическую деятельность новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности Умения: использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности Владения: практической деятельностью новых знаний и умений, в том числе в областях знаний,

	непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности
Раздел 2. Кинематика и динамика поршневых ДВС	Знания: практическую деятельность новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности Умения: использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности Владения: практической деятельностью новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности
Раздел 3. Основы конструирования ДВС	Знания: основы теплового расчета, силового анализа работы и расчета на прочность деталей двигателя внутреннего сгорания Умения: проводить анализ рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, осуществлять прогнозирование последствий их модернизации, находить решения по их совершенствованию Владения: основами теории и расчета рабочего процесса ДВС, сведениями о их конструкции и особенностях работы узлов и агрегатов
Раздел 4. Характеристики и возможные направления совершенствования ДВС	Знания: основы теплового расчета, силового анализа работы и расчета на прочность деталей двигателя внутреннего сгорания Умения: проводить анализ рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, осуществлять прогнозирование последствий их модернизации, находить решения по их совершенствованию Владения: основами теории и расчета рабочего процесса ДВС, сведениями о их конструкции и особенностях работы узлов и агрегатов

4.4 Лабораторный практикум

Рабочим учебным планом лабораторный практикум по очной и заочной формам обучения не предусмотрен.

4.5 Практические занятия

4.5.1 Методические рекомендации к практическим занятиям студентов очной формы обучения

Достижение успехов при проведении практических занятий прежде всего зависит от степени подготовленности студентов к занятиям. Подготовку к занятиям следует начинать с внимательного изучения лекционного материала по предстоящей теме занятия, затем необходимо ознакомиться соответствующим разделом учебников и учебных пособий. Начав изучение темы, сначала выписать в тетради последовательно все перечисленные в рабочей программе вопросы этой темы, затем по мере изучения темы делать уточняющие записи, которые позволяют лучше подготовиться к занятиям.

При изучении темы следует обратить особое внимание на формулировки соответствующих определений, понятий, а также на выводы расчетных формул. Однако не следует стараться заучивать формулировки. Важно понять их смысл.

Форма проведения практического занятия во многом определяется его темой. Однако для данного курса в большей степени подходит диалоговая форма проведения занятия. При этом преподаватель подробно излагает методику проведения расчетов соответствующего процесса энергетической установки, а студенты, используя эту методику и лекционный материал, выполняют расчет этого процесса. В ходе проведения расчетов между преподавателем и студентами происходит дискуссия.

Тематика практических занятий по очной форме обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема практического занятия	Трудоемкость, час
6 семестр			
1.	1	Расчет параметров рабочего тела и отработавших газов	6
2.	1	Расчет тактов рабочего цикла ДВС	8
3.	1	Расчет индикаторных и эффективных параметров рабочего цикла	6
4.	1	Построение индикаторной диаграммы ДВС	2
5.	2	Динамический расчет двигателя	10
6.	2	Изучение методики уравнивания двигателей	4
Всего:			36
7 семестр			
7.	3	Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя	2
8.	3	Расчет деталей двигателя на прочность	8
9.	3	Расчет системы смазки ДВС	4
10.	3	Расчет системы охлаждения ДВС	4
11.	3	Расчет механизма газораспределения	4
12.	3	Расчет системы питания ДВС	4
13.	4	Расчет и построение скоростной характеристики двигателя	8
14.	4	Анализ конструкций перспективных ДВС	2
Всего:			36

4.5.2 Методические рекомендации к практическим занятиям студентов заочной формы обучения

Для студентов заочной формы обучения предусмотрено проведение практических занятий в усеченной форме. При этом большая часть тем выносится на самостоятельную проработку. В целях углубленного изучения дисциплины студентам заочной формы обучения предлагается выполнять самостоятельно расчетно-проектировочные работы по отдельным темам курса и представлять их на одном из практических занятий для коллективного обсуждения.

Тематика практических занятий по очной форме обучения

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема практического занятия	Трудоемкость, час
6 семестр			
1.	1	Расчет параметров рабочего тела и отработавших газов	4
2.	1	Расчет тактов рабочего цикла ДВС	2
3.	2	Динамический расчет двигателя	2
7 семестр			

4.	4	Расчет и построение скоростной характеристики двигателя	2
Всего:			10

4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

4.6.1 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля по очной форме обучения

№ п/п	Разделы дисциплины, темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
	Раздел 1. Рабочий цикл ДВС	10	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	Раздел 2. Кинематика и динамика поршневых ДВС	8	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	Раздел 3. Основы конструирования ДВС	10	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	Раздел 4. Характеристики и возможные направления совершенствования ДВС	8	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	В т.ч. выполнение, защита курсовой работы	18	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	Итого	36		

4.6.2 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля по заочной форме обучения

№ п/п	Разделы дисциплины, темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
	Раздел 1. Рабочий цикл ДВС	63	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	Раздел 2. Кинематика и динамика поршневых ДВС	67	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	Раздел 3. Основы конструирования ДВС	10	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	Раздел 4. Характеристики и возможные направления совершенствования ДВС	11	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	В т.ч. выполнение, защита курсовой работы	18	Работа с учебной литературой	Проверка конспекта, экспресс-опрос
	Итого	151		

5 ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для преподавания дисциплины предусмотрены традиционные технологии в рамках аудиторных занятий и самостоятельной работы.

Аудиторные занятия включают лекции с изложением теоретического содержания курса и практические занятия, предусматривающие приобретение студентами навыков по расчету и проектированию ДВС.

Самостоятельная работа студентов предназначена для внеаудиторной работы студентов по закреплению теоретического курса и практических навыков, по изучению дополнительных разделов дисциплины, и включает:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- самоподготовку к учебным занятиям по конспектам, учебной литературе и с помощью электронных ресурсов (контролируются конспекты, черновики и др.);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- изучение учебных тем;
- выполнение и защита курсового проекта по дисциплине.

В соответствии с требованиями ОПОП ВО при изучении дисциплины предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории с применением мультимедийного проектора «BENQ» в виде учебной презентации и видеороликов.

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебной работы	Формируемые компетенции (указывается код компетенции)	Информационные образовательные технологии
1.	Раздел 1. Рабочий цикл ДВС.	<i>Лекции , практические занятия , самостоятельная работа студентов</i>	ОПК-4, ПК-5	<i>Вводная лекция с применением средств мультимедиа. Учебная дискуссия. Проверка материалов курсовой работы посредством электронной почты.</i>
2.	Раздел 2. Рабочий цикл ДВС	<i>Лекции , практические занятия, самостоятельная работа студентов</i>	ОПК-4, ПК-5	<i>Проблемная лекция с применением средств мультимедиа. Лекции с применением техники обратной связи. Самостоятельная работа с выходом в Интернет.</i>
3.	Раздел 3. Основы конструирования ДВС	<i>Лекции , практические занятия , самостоятельная работа студентов</i>	ОПК-4, ПК-5	<i>Лекция с применением техники обратной связи. Занятия в компьютерном классе с использованием программы Компас 3D.</i>
4.	Раздел 4. Характеристики и возможные направления совершенствования	<i>Лекции , практические занятия , самостоятельная работа студентов</i>	ОПК-4, ПК-5	<i>Лекция беседа. Решение ключевых задач и индивидуальный тренинг. Практические занятия с выходом в Интернет.</i>

	я ДВС			Проверка курсовой работы посредством электронной почты.
--	-------	--	--	---

5.1 Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

5.1.1 Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях по очной форме обучения

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
6	Лекции	короткие дискуссии; техника обратной связи	10
	практические занятия	кейс-метод (анализ конкретных практических ситуаций)	8
7	Лекции	короткие дискуссии; техника обратной связи	8
	практические занятия	кейс-метод (анализ конкретных практических ситуаций)	10
Итого			36

5.1.2 Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях по заочной форме обучения

Курс	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
4	практические занятия	кейс-метод (анализ конкретных практических ситуаций)	2
5	практические занятия	кейс-метод (анализ конкретных практических ситуаций)	2
Итого			4

Подробный порядок организации и проведения занятий в интерактивной форме приведены в приложении 2.

6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

6.1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Компетенции	Код дисциплины	Дисциплины, практики, НИР, через которые формируются компетенция (компоненты)	Этапы формирования компетенции в процессе освоения образовательной программы
ОПК-4 способностью к самообразованию и использованию в практической	Б2.Б.01(У)	Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-	1

деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности		исследовательской деятельности)	
	Б1.Б.23	Материаловедение	2
	Б1.Б.19	Соппротивление материалов	2,3
	Б1.Б.26	Метрология, стандартизация и сертификация	2,3
	Б1.Б.24	Технология конструкционных материалов	3
	Б1.Б.25	Электротехника, электроника и электропривод	3,4
	Б1.Б.07	Маркетинг	4
	Б1.В.ДВ.04.0 1	Основы теории упругости	4
	Б1.В.ДВ.04.0 2	Теория пластичности	4
	Б1.В.ДВ.09.0 1	Правила и безопасность дорожного движения	4
	Б1.В.ДВ.09.0 2	Системы безопасности автомобилей и тракторов	4
	Б1.В.ДВ.09.0 3	Психосаморегуляция обучающегося с ограниченными возможностями здоровья	4
	Б1.Б.20	Детали машин и основы конструирования	4,5
	Б1.Б.34	Электрооборудование автомобилей и тракторов	5
	Б1.Б.33	Энергетические установки автомобилей и тракторов	5,6
	Б1.Б.37	Эксплуатация автомобилей и тракторов	6,7
	Б1.Б.35	Конструкционные и защитно-отделочные материалы	8
ПК-5 способностью разрабатывать конкретные варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта наземных транспортно-технологических средств, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссные решения в	Б1.Б.23	Материаловедение	1
	Б1.Б.24	Технология конструкционных материалов	2
	Б1.Б.25	Электротехника, электроника и электропривод	2,3
	Б1.Б.30	Надёжность механических систем	3
	Б1.В.ДВ.04.0 1	Основы теории упругости	3
	Б1.В.ДВ.04.0 2	Теория пластичности	3
	Б1.В.ДВ.09.0 1	Правила и безопасность дорожного движения	3
	Б1.В.ДВ.09.0 2	Системы безопасности автомобилей и тракторов	3
	Б1.В.ДВ.09.0 3	Психосаморегуляция обучающегося с ограниченными возможностями здоровья	3
	Б1.В.08	Триботехника	4
	Б1.В.13	Прогрессивные технологии	4

условиях многокритериальности и неопределенности		обработки материалов	
	Б1.Б.33	Энергетические установки автомобилей и тракторов	4,5
	Б1.В.02	Социология транспортного обслуживания населения	5
	Б1.Б.38	Ремонт и утилизация автомобилей и тракторов	5,6
	Б1.В.ДВ.07.0 1	Противокоррозионная защита автомобилей и тракторов	7
	Б1.В.ДВ.07.0 2	Дорожные условия и безопасность движения	7
	Б2.Б.07(П)	Преддипломная практика	8

* Этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы определяются семестром изучения дисциплин и прохождения практик.

6.1.2 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Рабочий цикл ДВС.	ОПК-4, ПК-5	Вопросы по темам раздела. Тесты. Задание на выполнение курсового проекта
2	Кинематика и динамика поршневых ДВС.	ОПК-4, ПК-5	Вопросы по темам раздела. Тесты.
3	Основы конструирования ДВС.	ОПК-4, ПК-5	Вопросы по темам раздела. Тесты.
4	Характеристики и возможные направления совершенствования ДВС.	ОПК-4, ПК-5	Вопросы по темам раздела. Тесты.

6.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

В процессе освоения дисциплины предусматривается проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации.

Текущий контроль успеваемости преподавателем осуществляется практически на каждом практическом занятии. При этом проверяются конспекты, составленные студентами в ходе подготовки к занятиям, учитывается активность и результативность работы студента на практических занятиях, проводится опрос по пройденной теме.

Промежуточная аттестация осуществляется по завершению отдельных подразделов и разделов дисциплины в форме тестирования.

По завершению семестров проводится зачет с оценкой и экзамен по пройденным разделам дисциплины.

6.3 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Процедура оценивания знаний, умений и навыков деятельности сопровождается балльно -рейтинговой системой.

Текущий контроль

Оценка ответов по опросу по темам дисциплины проводится в соответствии с шкалой баллов.

Критерий оценки	ОФ
Демонстрирует полное понимание поставленного вопроса. Дает полный развернутый ответ на основной вопрос. Дает логически обоснованный и правильный ответ на дополнительный вопрос	5
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Отвечает на дополнительный вопрос, но обосновать не может.	3
Дает неполный ответ на основной вопрос. Не дает ответа на дополнительный вопрос.	2
Нет ответа	0

Оценка по результатам тестирования складывается исходя из суммарного результата ответов на блок вопросов. Общий максимальный балл по результатам тестирования – 10 баллов.

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация заключается в объективном выявлении результатов обучения, которые позволяют определить степень соответствия действительных результатов обучения и запланированных в программе. Направлена на оценивание обобщенных результатов обучения, выявление степени освоения студентами системы знаний и умений, полученных в результате изучения дисциплины.

Для промежуточной аттестации в балльно-рейтинговой системе предусмотрено 30 баллов.

В общий балл успеваемости входят также следующие составляющие:

- посещаемость занятий – до 20 баллов;
- выполнение и защита курсового проекта – до 20 баллов.

Полученные совокупный результат балльно-рейтинговой системы оценки знаний, умений и навыков конвертируется в следующую традиционную шкалу:

Балльная шкала, балл	Традиционная шкала
Менее 50	не зачтено
Более 51	зачтено
60-65	удовлетворительно
65-80	хорошо
81-100	отлично

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Образцы тестовых заданий для текущего контроля

1. Тепловыми двигателями называются устройства
 - а) преобразующие какой-либо вид энергии в работу;
 - б) преобразующие тепловую энергию в работу;
 - в) преобразующие кинетическую энергию в работу.

2. Что называют тактом в работе двигателя?

- а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня.
- б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырехтактного двигателя за два оборота коленчатого вала.
- в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения.
- г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.

3. Средним индикаторным давлением называется

- а) индикаторная работа цикла, снимаемая с единицы рабочего объема;
- б) условное постоянное избыточное давление газов на поршень в течение одного его хода, при котором в цилиндре совершается работа, равная работе газов за весь цикл;
- в) оба ответа правильные.

4. Какой такт совершается в цилиндре дизельного двигателя при движении поршня вверх при закрытых клапанах?

- а) впуск воздуха;
- б) рабочий ход;
- в) сжатие воздуха;
- г) выпуск отработавших газов.

5. Какое количество тепла, выделяющего при сгорании рабочей смеси в цилиндре карбюраторного двигателя, превращается в полезную работу?

- а) 5-8%;
- б) 20-25%;
- в) 30-40%;
- г) 35-45%.

6. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала до 1000 об/мин?

- а) тихоходным;
- б) среднеоборотным;
- в) быстроходным;
- г) малооборотным.

7. В чем заключается физический смысл механического КПД?

- а) показывает величину механических потерь в двигателе;
- б) показывает, какая часть индикаторной мощности переходит в эффективную;
- в) показывает полную величину потерь внутри двигателя, связанных с преобразованием тепла в эффективную работу.

8. У какого двигателя КПД выше?

- а) карбюраторного;
- б) дизельного;
- в) у дизельного и карбюраторного КПД одинаковые.

9. Какой параметр наиболее полно характеризует жесткость работы двигателя?

- а) максимальное давление в цилиндре;
- б) скорость горения топливовоздушной смеси;
- в) скорость нарастания давления в фазе быстрого горения на каждый градус поворота коленчатого вала;

г) максимальная температура процесса сгорания.

10. Чем объяснить ухудшение топливной экономичности дизеля при позднем впрыске топлива?

- а) возрастанием механических потерь;
- б) увеличением потерь тепла в охлаждающую среду и с отработанными газами;
- в) уменьшением показателя жесткости процесса сгорания.

11. Степенью сжатия называют:

- а) отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания;
- б) отношение объема камеры сгорания к полному объему цилиндра;
- в) величину давления в конце такта сжатия.

12. Что понимается под рабочим циклом двигателя?

- а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня;
- б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырех тактного двигателя за два оборота коленчатого вала;
- в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения;
- г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.

13. В каких пределах изменяется степень сжатия современных бензиновых ДВС?

- а) 1,5...5,0;
- б) 6,5...8,0;
- в) 8,5...12,5.

14. В каких пределах изменяется степень сжатия дизелей с наддувом?

- а) 13,5...17,0;
- б) 6,5...8,0;
- в) 8,5...12,5.

15. В каких пределах изменяется степень сжатия дизелей без наддува?

- а) 16,5...24;
- б) 6,5...8,0;
- в) 8,5...12,5.

16. Рабочий объем цилиндра 500 см^3 , объем камеры сгорания 100 см^3 . Чему равна степень сжатия?

- а) 5;
- б) 6;
- в) 0,2.

17. Какая система двигателя предназначена для создания требуемой начальной частоты вращения коленчатого вала?

- а) система питания;
- б) система пуска;
- в) система зажигания;
- г) система смазки.

18. Какое количество тепла, выделяющегося при сгорании рабочей смеси в цилиндре уносится с отработавшими газами?

- а) 5-8%;

- б) 20-25%;
- в) 30-40%;
- г) 35-45%.

19. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала от 1000 до 2000 об/мин?

- а) тихоходными;
- б) среднеоборотными;
- в) быстроходными;
- г) малооборотными.

20. Компрессией называют:

- а) пространство внутри цилиндра, освобожденное поршнем при его движении от ВМТ до НМТ;
- б) сумма рабочих объемов всех цилиндров, выраженных в литрах;
- в) величина давления в цилиндре к концу сжатия;
- г) рабочий объем цилиндра и объем камеры сгорания вместе взятые.

21. Какой такт совершается в цилиндре дизельного двигателя при движении поршня вниз при одном закрытом клапане, а другом открытом?

- а) впуск воздуха;
- б) рабочий ход;
- в) впуск горючей смеси;
- г) выпуск отработавших газов.

22. Как называется 2-й такт 4-х тактного двигателя?

- а) рабочий ход;
- б) впуск;
- в) выпуск;
- г) сжатие.

23. Какое из перечисленных ниже видов охлаждения не является системой охлаждения ДВС?

- а) воздушное;
- б) масляное;
- в) жидкостное.

24. Какая система предназначена для принудительного воспламенения горючей смеси в цилиндрах?

- а) система пуска;
- б) система питания;
- в) система зажигания;
- г) система охлаждения.

25. Что такое детонация?

- а) возникновение при работе двигателя стуков и вибраций;
- б) взрывное сгорание смеси в цилиндре;
- в) самовоспламенение рабочей смеси после выключения зажигания.

26. Что такое калильное зажигание?

- а) медленное горение рабочей смеси, вызывающее перегрев свечи;
- б) преждевременное воспламенение рабочей смеси до момента возникновения искрового заряда;
- в) воспламенение рабочей смеси с помощью свечи накаливания.

27. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала более 2000 об/мин?
- а) тихоходным;
 - б) среднеоборотным;
 - в) быстроходным;
 - г) малооборотным.
28. Какое свойство топлива определяется удельной массой одного кубического сантиметра топлива?
- а) детонационное свойство;
 - б) октановое число;
 - в) плотность;
 - г) теплотворность.
29. Что называют рабочим ходом?
- а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня;
 - б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырехтактного двигателя за два оборота коленчатого вала;
 - в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения;
 - г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.
30. Коэффициент избытка воздуха представляет собой
- а) отношение количества воздуха к количеству топлива в цилиндре;
 - б) отношение количества топлива к количеству воздуха;
 - в) отношение количества воздуха, содержащегося в топливно-воздушной смеси, к тому его минимальному количеству, которое требуется для полного сгорания всего топлива, находящегося в смеси.
31. Состав смеси, в которой воздуха недостаточно для полного сгорания топлива, содержащегося в ней, называют
- а) богатым;
 - б) бедным;
 - в) стехиометрическим.
32. При каком коэффициенте избытка воздуха состав горючей смеси будет «богатым»?
- а) $\alpha=1$;
 - б) $\alpha<1$;
 - в) $\alpha>1$.
- . Какой угол опережения впрыска топлива считается оптимальным?
- а) тот, при котором достигается максимальная скорость нарастания давления в цилиндре двигателя;
 - б) тот, при котором достигается наименьший часовой расход;
 - в) тот, при котором достигается наибольшая эффективная мощность и наименьший удельный расход топлива;
 - г) тот, при котором достигается наименьшая жесткость процесса сгорания.
34. В каких пределах должен находиться показатель жесткости работы автотракторного дизеля при оптимальном горении?
- а) 0,4...1,0 МПа/град;
 - б) 1,1...1,8 МПа/град;
 - в) 1,5...1,8 МПа/град.

Вопросы для промежуточной аттестации (к зачету с оценкой)

1. Назначение энергетических установок.
2. По каким признакам классифицируются энергетические установки.
3. Краткая история и основные направления развития энергетических установок.
4. Основные механизмы энергетических установок. Их назначение.
5. Основные системы энергетических установок. Их назначение.
6. Что такое идеальный (термодинамический) цикл?
7. Условия выполнения идеального цикла.
8. Приведите диаграмму циклов с подводом теплоты при постоянном объеме и при постоянном давлении.
9. Приведите диаграмму цикла при смешанном подводе теплоты.
10. Для чего применяют наддув?
11. В чем отличие механического от газотурбинного наддува?
12. Перечислите основные показатели термодинамических циклов.
13. Что такое действительный цикл, чем действительный цикл отличается от термодинамического?
14. Приведите индикаторную диаграмму четырехтактного ДВС и опишите ее.
15. Какие отличия имеет действительный цикл двухтактного ДВС от четырехтактного?
16. Какими показателями характеризуется действительный цикл?
17. Что происходит в цилиндре во время тактов впуска и сжатия в дизельном и карбюраторном двигателе?
18. Что происходит в цилиндре во время тактов рабочего хода и выпуска в дизельном и карбюраторном двигателях?
19. Методика расчета параметров процессов газообмена.
20. Что такое диаграмма фаз газораспределения?
21. Для чего впускной клапан открывается с опережением и закрывается с запозданием?
22. Для чего выпускной клапан открывается с опережением и закрывается с запозданием?
23. Что происходит во время перекрытия клапанов?
24. Назовите индикаторные и эффективные показатели ДВС.
25. Приведите расчетные формулы для нахождения эффективных показателей.
26. Приведите расчетные формулы для нахождения индикаторных показателей.
27. Влияние основных факторов на индикаторные показатели ДВС.
28. Что такое механические потери двигателя и из чего они складываются?
29. Как связаны между собой индикаторные и эффективные показатели энергетических установок?
30. Приведите выражение теплового баланса энергетических установок.
31. По каким формулам находятся составляющие теплового баланса энергетических установок?
32. Какие потери тепла входят в последний член теплового баланса.
33. Какое количество тепла превращается в полезную работу в дизельных и бензиновых двигателях?
34. Назовите примерное процентное соотношение составляющих теплового баланса.
35. Перечислите типы характеристик энергетических установок, как их получают?
36. Приведите аналитические выражения для построения регуляторной характеристики энергетических установок.
37. Какие значения имеют крутящий момент, мощность, часовой и удельный расход топлива на основных режимах работы энергетических установок?
38. Основные пути оптимизации параметров энергетических установок.
39. В чем особенность работы энергетических установок автомобилей и тракторов.
40. По каким параметрам подбирают энергетические установки для автомобилей и тракторов.
41. Охрана труда и техника безопасности при эксплуатации энергетических установок.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие рабочего цикла ДВС. Тактность работы двигателя.
2. Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.
3. Топливо, топливовоздушные смеси и продукты их сгорания. Расчет параметров рабочего тела.
4. Действительные циклы ДВС. Индикаторная диаграмма.
5. Особенности рабочих процессов двух- и четырехтактного ДВС.
6. Процессы смесеобразования. Смесеобразование в дизеле. Смесеобразование в двигателях с искровым зажиганием. Расчет потребного количества воздуха.
7. Процесс впуска. Определение параметров рабочего тела в конце впуска.
8. Процесс сжатия. Давление и температура в конце сжатия.
9. Процесс сгорания и тепловыделения.
10. Процесс расширения. Определение температуры и давления в конце расширения.
11. Процесс выпуска. Связь выпуска с впуском. Газообмен. Продувка надпоршневого пространства.
12. Индикаторные показатели двигателя: среднее индикаторное давление, индикаторная мощность, индикаторный к.п.д.
13. Эффективные показатели двигателя: эффективная мощность, механический к.п.д.
14. Тепловой баланс двигателя.
15. Токсичность двигателя. Показатели токсичности бензиновых и дизельных двигателей.
16. Основные конструктивные особенности параметры ДВС.
17. Перемещение, скорость и ускорение поршня.
18. Графические методы определения перемещения, скорости и ускорения поршня (методы Брикса и Толле).
19. Силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме.
20. Силы инерции первого и второго порядка.
21. Уравновешенность двигателя. Статистическое и динамическое уравновешивание коленчатого вала.
22. Уравновешивание сил инерции первого и второго порядка в ДВС.
23. Неравномерность вращения коленчатого вала. Методы и средство ее устранения.
24. Основы расчета деталей ДВС на прочность, жесткость, износостойкость и теплостойкость.
25. Выбор типа, тактности, схемы расположения цилиндров частоты вращения коленчатого вала ДВС.
26. Обоснование основных параметров двигателя.
27. Особенности расчета и проектирования кривошипно-шатунного механизма.
28. Методика расчета системы смазки ДВС.
29. Методика расчета системы охлаждения ДВС.
30. Скоростная характеристика двигателя, методика ее построения.
31. Регуляторная характеристика двигателя, методика ее построения.
32. Основные параметры ДВС: коэффициент короткоходности, рабочий объем цилиндра, литраж двигателя, степень сжатия.
33. Коэффициент наполнения. Коэффициент избытка воздуха. Влияние различных факторов на коэффициент наполнения.
34. Методика расчета механизма газораспределения ДВС.
35. Тенденции и перспективы развития ДВС.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год и место издания	Используется при изучении разделов	Количество экземпляров	
					библ.	каф.
1.	Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей [Электронный ресурс] : учебное пособие / — Электрон. дан.— Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3720	Ю.А. Смирнов, А.В. Муханов.	— СПб. : Лань, 2012.	всех	Эл. рес.	
2.	Основы теории и расчёта автотракторных двигателей. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/12946	Суркин В.И.	— СПб. : Лань, 2013.	всех	эл. ресурс	-

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Авторы (ы)	Год и место издания	Используется при изучении разделов	Количество экземпляров	
					библ.	каф.
1.	Легковые автомобили	Савич Е.Л.	2009, Минск: Новое знание	1...6	-	1
2.	Современные автомобильные технологии	Дэниэлс Д.	2007, М.: Астрель-АСТ	1...6	-	1
3.	Топливная аппаратура и системы управления дизелей	Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.	2004, М.: Легион-Автодата	1, 4, 6	4	1
4.	Автомобильные двигатели. Методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов специальности 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство»	Казаков Ю.Ф.	Чебоксары : РИО ЧГСХА, 2006	1...6	1	12
5.	Методические указания и задания для выполнения	Казаков Ю.Ф.	Чебоксары	1...6	-	12

	практических занятий для студентов специальности 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство»		: РИО ЧГСХА, 2006			
6.	Двигатели внутреннего сгорания В 3 кн. Кн.1, 2, 3. 4-е изд., перераб. и доп.	В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, А.Ю. Труш и др.; под.ред. Луканина В.Н. и Шатрова М.Г.	2010, М.: Высшая школа	1-6	-	1
7.	Автомобильные двигатели: курсовое проектирование: учебное пособие	Шатров М.Г. и др., под ред. Шатрова М.Г.	М.: Академия, 2011		5	-

7.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программное обеспечение: Офисные программы: Microsoft Office 2007; Microsoft Office 2010, Microsoft Office 2013, Microsoft Visual Studio 2008-2015, по программе MS DreamSpark MS Project Professional 2016, по программе MS DreamSpark, MS Visio 2007-2016, по программе MS DreamSpark, MS Access 2010-2016, по программе MS DreamSpark MS Windows, 7 pro 8 pro 10 pro, AutoCAD, Irbis, My Test, BusinessStudio 4.0, 1C: Предприятие 8. Сельское хозяйство. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведений (обновление 2020 г.), Консультационно-справочные службы Гарант (обновление 2020 г.), Консультант (обновление 2020 г.), SuperNovaReaderMagnifier (Программа экранного увеличения с поддержкой речи для лиц с ограниченными возможностями).

Интернет ресурсы:

- www.mashina.info – Международный автомобильный портал;
- www.auto.itkm.ru – автомобильный информационный портал;
- www.NTRO.ru – патенты и изобретения;
- www.edu.ru – программы по обучению, образованию;
- www.askdv.ru – автомобильный журнал для начинающих и опытных автомобилистов;
- www.tehnnical.info – нормативно-техническая документация.

8 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над материалами; развитие навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса. Изучение лекционного материала по конспекту лекций должно сопровождаться изучением рекомендуемой литературы, основной и дополнительной (п.п.7.1, 7.2).

Основной целью организации самостоятельной работы студентов является систематизация и активизация знаний, полученных ими на лекциях и в процессе подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

Основными задачами самостоятельных внеаудиторных занятий являются:

- закрепление, углубление, расширение и систематизация занятий;
- формирование профессиональных умений и навыков;
- формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
- мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению дисциплины;

- формирование уверенности в своих силах, волевых черт характера, способности к самоорганизации.

Перечень разделов и тем дисциплины по часам, а также содержание самостоятельной работы и формы ее контроля указаны в п.4.6.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся приведено в форме методического пособия в приложении В.

Аудитории 123, 1-204, 1-401, 1-501 доступны для самостоятельной работы студентов.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов» включает перечень аудиторий (0-05, 0-116, 0-204, 0-213) с установленными в них оборудованием.

Оснащение аудиторий учебным оборудованием:

аудитория	назначение и оснащение аудитории
0-05	Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием. Двигатель ЗИЛ-130, доска классная, столы (8 шт.), стулья ученические (16 шт.), образцы двигателей, верстак слесарный 1-тумбовый.
0-116	Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием. Автоматическая коробка передач гидромеханическая 4-х ступенчатая, двигатель, двигатель ВАЗ-2112 (21124), дизельный двигатель легкового автомобиля с навесным оборудованием в сборе со сцеплением и коробкой передач, колесо в сборе на подставке в разрезе, передняя подвеска переднеприводного автомобиля с рулевым механизмом и тормозным механизмом в сборе, аппарат газобаллонный САГА-6, аппарат газобаллонный НЗГА, доска классная, столы (10 шт.), стулья ученические (20 шт.).
0-204	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Демонстрационное оборудование (проектор ASER P1273B, экран, ноутбук ASUS. ОС Windows 7, Office 2007) и учебно-наглядные пособия, доска классная, столы (21 шт.), стулья ученические (42 шт.), кафедра-стойка лектора, стол преподавательский 1-тумбовый.
0-213	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Демонстрационное оборудование (проектор ASER P1273B, экран, ноутбук. ОС Windows 7, Office 2007 и учебно-наглядные пособия, доска классная, столы 3-х местные (38 шт.), столы 4-х местные (4 шт.), стулья 3-х местные (114 шт.), скамья 4-х местная (4 шт.).
Аудитории для самостоятельной работы студентов	
1-204	Помещение для самостоятельной работы. Стол (28 шт.), стулья (48 шт.), шкаф и стеллажи с литературой, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации (4 шт.). ОС Windows 7, ОС Windows 8.1, ОС Windows 10. Электронный периодический справочник «Система Гарант». Справочная правовая система КонсультантПлюс. Архиватор 7-Zip, программа для работы с электронной почтой и группами новостей MozillaThunderbird, офисный пакет приложений LibreOffice, веб-браузер MozillaFirefox, медиапроигрыватель VLC.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

[illegible]

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль и промежуточная аттестация по дисциплине «Энергетические установки автомобилей и тракторов» проводятся в соответствии с локальным документом «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации, о порядке отчисления и восстановления студентов, о порядке предоставления академических отпусков», а также в соответствии с Уставом академии по материалам настоящего фонда оценочных средств.

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации (ФОС) разработан в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рекомендациями ОПОП ВО (уровень специалитета) по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства к рабочей программе по дисциплине «Энергетические установки автомобилей и тракторов».

Он включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП ВО.
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования;
- оценочные средства текущего контроля знаний и промежуточной аттестации обучаемого;
- описание технологии текущего контроля и промежуточной аттестации.

1 Технология реализации фонда оценочных средств

Текущий контроль проводится преподавателем регулярно на каждом лабораторном занятии и периодически согласно план-графика. При этом проверяются конспекты, составленные обучающимися в ходе подготовки к занятиям, а также проводится опрос по темам занятий с целью закрепления знаний. По результатам контроля выставляются соответствующие баллы.

В указанных неделях семестра (см. раздел 2) проводится тестирование в объеме пройденных тем дисциплины.

В результате текущего контроля обеспечивается формирование необходимого количества проходных баллов к промежуточной (итоговой) аттестации (см. подраздел 1.4).

Промежуточная аттестация проводится в конце 6 семестра в виде зачета с оценкой, а итоговая аттестация проводится в конце 7 семестра в виде экзамена (см. подраздел 1.1).

1.1 Формы реализации фонда оценочных средств и формируемые компетенции

Форма контроля	Компетенции	
	ПК-5	ОПК-4
Опрос по темам дисциплины	+	+
Проверка курсовой работы	+	-
Тестирование	+	+
Форма промежуточного и итогового контроля		
Зачет с оценкой	+	+
Экзамен	+	+

1.2 Объекты контроля и оценивания

Номер компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
1	2	3	4	5
ОПК-4	владеть способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности	практическую деятельность в новых знаниях и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности	использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности	практической деятельностью новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности
ПК-5	владеть способностью разрабатывать конкретные варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта наземных транспортно-технологических средств, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности	основы теплового расчета, силового анализа работы и расчета на прочность деталей двигателя внутреннего сгорания	проводить анализ рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, осуществлять прогнозирование последствий их модернизации, находить решения по их совершенствованию	основами теории и расчета рабочего процесса ДВС, сведениями о их конструкции и особенностях работы узлов и агрегатов

1.3 Формы контроля и оценочные средства

№ п/п	Форма контроля	Оценочное средство
Текущий контроль		
1	Опрос по темам дисциплины	Комплект вопросов для устного опроса по темам дисциплины
2	Курсовая работа	Задания для курсовой работы

3	Тестирование	Комплект тестового задания
Промежуточная и итоговая аттестация		
4	Зачет с оценкой	Перечень вопросов для подготовки к зачету
5.	Экзамен	Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1.4 Оценка текущей успеваемости по бально-рейтинговой системе

№ п/п	Форма контроля	Количество баллов на одно мероприятие	Всего баллов
1	Опрос по темам занятий	5	до 40
2	Проверка курсовой работы	до 20	до 20
3	Тестирование	До 10	до 10

1.5 Форма промежуточной аттестации

№ п/п	Форма контроля	Баллы
1.	Промежуточная аттестация в виде зачета с оценкой	до 10
2.	Итоговая аттестация в виде экзамена	до 20

2 План-график проведения контрольно-оценочных мероприятий

Семестр	Сроки проведения оценочного мероприятия	Вид оценочного мероприятия	Форма оценочного средства	Объект контроля
6	8 неделя	Тестирование	Тесты	ОПК-4, ПК-5
	17 неделя	Зачет с оценкой	Зачетные карточки	ОПК-4, ПК-5
	8 неделя	Тестирование	Тесты	ОПК-4, ПК-5
	17 неделя	Защита курсовой работы	Вопросы по темам разделов	ОПК-4, ПК-5
	В период экзаменационной сессии	Экзамен	Экзаменационные билеты	ОПК-4, ПК-5

3 Оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

3.1 Комплект вопросов для устного опроса по темам дисциплины

Тема 1. Термодинамические циклы ДВС.

1. Что подразумевается под термодинамическим циклом?
2. Какие термодинамические циклы бывают?
3. Опишите термодинамический цикл со смещенным подводом теплоты.
4. Опишите термодинамический цикл с подводом теплоты при постоянном объеме.

Тема 2. Параметры рабочего цикла.

1. Как определить количество воздуха, теоретически необходимого для сгорания 1 кг топлива?

2. Что собой представляет коэффициент избытка воздуха и в каких пределах он находится?

3. На каких режимах работы коэффициент избытка воздуха в двигателях с искровым зажиганием может быть меньше единицы?

4. Из каких основных элементов состоит воздух?

5. Из каких основных элементов состоит жидкое топливо нефтяного происхождения?

6. Расположите топлива: дизельное, бензин и этанол по мере возрастания теплоты сгорания.

Тема 3. Параметры отработавших газов.

1. Каков состав отработавших газов?

2. Назовите факторы, влияющие на состав отработавших газов.

3. Что собой представляет коэффициент молярного изменения?

4. Какое количество отработавших газов получается при сгорании одного кг топлива?

Тема 4. Действительный цикл ДВС. Индикаторная диаграмма.

1. Что называется действительным циклом ДВС?

2. Что представляет собой индикаторная диаграмма?

3. Назовите такты действительного цикла.

4. Начертите индикаторные диаграммы.

5. Что собой представляет коэффициент наполнения?

Тема 5. Индикаторные и эффективные показатели ДВС.

1. Что собой представляет среднее индикаторное давление?

2. Что собой представляет индикаторная мощность двигателя?

3. Что собой представляет индикаторный к.п.д. двигателя?

4. Что собой представляет индикаторный расход топлива?

5. Что представляет собой тепловой баланс двигателя?

6. Что собой представляет эффективная мощность двигателя?

7. Чем объяснить то, что эффективный удельный расход топлива больше индикаторного?

Тема 6. Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизелях и в двигателях с искровым зажиганием.

1. Как протекают процессы смесеобразования и сгорания топлива в двигателях с искровым зажиганием?

2. Как протекают процессы смесеобразования и сгорания в дизельных двигателях?

3. Назовите основные фазы процесса сгорания двигателя с искровым зажиганием.

4. Назовите основные фазы процесса сгорания дизельного двигателя.

5. Что собой представляет жесткость процесса сгорания топлива?

6. При какой организации процесса сгорания достигается максимальная экономичность работы двигателя с искровым зажиганием?

7. Что такое детонационное сгорание?

8. Почему воспламенение в дизелях называют самовоспламенением?

9. Какие эксплуатационные факторы влияют на жесткость процесса сгорания дизеля?

Тема 7. Кинематика кривошипно-шатунного механизма.

1. С какой целью используется дезаксиальный КШМ?

2. Как можно найти путь поршня?

3. Как можно найти среднюю скорость поршня?

4. Какова сущность метода Брикса?

5. Выведите аналитические выражения для определения пути, скорости и ускорения поршня.

6. Постройте общие графики пути, скорости и ускорения поршня.

Тема 8. Динамика кривошипно-шатунного механизма.

1. Назовите четыре группы сил, действующих на детали КШМ.

2. Как определить величину усилия на поршень от давления газов?

3. Что называют опрокидывающим моментом?
4. Что собой представляют удельные суммарные усилия, действующие на детали КШМ?

5. Что собой представляет тангенциальная сила и как, используя ее, найти крутящий момент двигателя?

6. Сравните силы инерции первого и второго порядков и найдите сходства и различия.

Тема 9. Уравновешивание двигателей.

1. Какие неуравновешенные силы возникают в двигателях?

2. Чем отличаются силы инерции первого и второго порядков?

3. Какова методика уравновешивания центробежных сил инерции?

4. Как уравновешиваются силы инерции первого и второго порядков?

Тема 10. Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя.

1. Каковы достигнутые значения удельного расхода топлива, удельной металлоемкости и моторесурса двигателей?

2. Почему с увеличением числа цилиндров снижается удельная металлоемкость двигателя?

3. Какие положительные эффекты достигаются при V-образном расположении цилиндров двигателя?

4. Почему при проектировании двигателя стремятся увеличить число его оборотов?

5. Почему при снижении коэффициента короткоходности возрастает моторесурс двигателя?

6. Как определяются основные размеры двигателя?

Тема 11. Расчет деталей двигателя на прочность.

1. По каким критериям проводят расчет деталей КШМ?

2. На какие нагрузки рассчитывают поршень?

3. Как рассчитывают поршневой палец?

4. Как рассчитывают поршневые кольца?

5. Какие сечения шатуна проверяют на прочность?

Тема 12. Система смазки.

1. Назовите основные технологические параметры системы смазки.

2. Изложите методику расчета основных параметров системы смазки.

Тема 13. Система охлаждения.

1. Назовите основные технологические параметры системы охлаждения.

2. Изложите методику расчета основных параметров системы охлаждения.

Тема 14. Механизм газораспределения.

1. Каковы основные требования, предъявляемые клапанному механизму?

2. Каковы основные параметры механизма газораспределения?

3. Какова методика построения профиля кулачка?

4. Что такое время-сечение клапана?

Тема 15. Система питания.

1. Нарисуйте классическую схему топливоподачи дизеля.

2. Нарисуйте схему топливоподачи типа Bosch.

3. Какова методика расчета насоса высокого давления?

4. Нарисуйте схему топливоподачи карбюраторными системами.

5. Нарисуйте основные схемы системы впрыска бензина.

Тема 16. Регуляторная и скоростные характеристики ДВС.

1. Что представляет собой регуляторная характеристика ДВС?

2. Что представляет собой скоростная характеристика ДВС?

Тема 17. Тенденции и перспективы развития ДВС.

1. Каковы современные тенденции развития двигателей?

2. Почему двигатели с искровым зажиганием вытесняются дизелями?

3. У какого отечественного двигателя зафиксирован самый низкий удельный расход топлива?
4. Назовите известные типы ДВС.

3.1.1 Критерии оценки ответов на поставленные вопросы

При оценке ответов на поставленные вопросы и выставлении баллов учитывается:

- достаточность знания в объеме изучаемой дисциплины;
- использование научной терминологии, грамотность и логичность изложения ответа;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной дисциплины.

Баллы по результатам опроса выставляются по следующей шкале:

№ п/п	Критерий оценки ответов	Количество баллов
1	Демонстрирует полное понимание поставленных вопросов. Дает логически обоснованные правильные, полные ответы.	3,0
2	Демонстрирует понимание вопросов, однако не всегда соблюдается последовательность изложения мыслей	2,0
3	Ответы не полные, не всегда соблюдается последовательность изложения мыслей.	1
4	Ответы на вопросы отсутствуют	0

3.2 Комплект тестовых заданий

1. Тепловыми двигателями называются устройства
 - а) преобразующие какой-либо вид энергии в работу;
 - б) преобразующие тепловую энергию в работу;
 - в) преобразующие кинетическую энергию в работу.
2. Что называют тактом в работе двигателя?
 - а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня.
 - б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырехтактного двигателя за два оборота коленчатого вала.
 - в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения.
 - г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.
3. Средним индикаторным давлением называется
 - а) индикаторная работа цикла, снимаемая с единицы рабочего объема;
 - б) условное постоянное избыточное давление газов на поршень в течение одного его хода, при котором в цилиндре совершается работа, равная работе газов за весь цикл;
 - в) оба ответа правильные.
4. Какой такт совершается в цилиндре дизельного двигателя при движении поршня вверх при закрытых клапанах?
 - а) впуск воздуха;
 - б) рабочий ход;
 - в) сжатие воздуха;
 - г) выпуск отработавших газов.

5. Какое количество тепла, выделяющего при сгорании рабочей смеси в цилиндре карбюраторного двигателя, превращается в полезную работу?

- а) 5-8%;
- б) 20-25%;
- в) 30-40%;
- г) 35-45%.

6. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала до 1000 об/мин?

- а) тихоходным;
- б) среднеоборотным;
- в) быстроходным;
- г) малооборотным.

7. В чем заключается физический смысл механического КПД?

- а) показывает величину механических потерь в двигателе;
- б) показывает, какая часть индикаторной мощности переходит в эффективную;
- в) показывает полную величину потерь внутри двигателя, связанных с преобразованием тепла в эффективную работу.

8. У какого двигателя КПД выше?

- а) карбюраторного;
- б) дизельного;
- в) у дизельного и карбюраторного КПД одинаковые.

9. Какой параметр наиболее полно характеризует жесткость работы двигателя?

- а) максимальное давление в цилиндре;
- б) скорость горения топливовоздушной смеси;
- в) скорость нарастания давления в фазе быстрого горения на каждый градус поворота коленчатого вала;
- г) максимальная температура процесса сгорания.

10. Чем объяснить ухудшение топливной экономичности дизеля при позднем впрыске топлива?

- а) возрастанием механических потерь;
- б) увеличением потерь тепла в охлаждающую среду и с отработанными газами;
- в) уменьшением показателя жесткости процесса сгорания.

11. Степенью сжатия называют:

- а) отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания;
- б) отношение объема камеры сгорания к полному объему цилиндра;
- в) величину давления в конце такта сжатия.

12. Что понимается под рабочим циклом двигателя?

- а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня;
- б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырехтактного двигателя за два оборота коленчатого вала;
- в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения;
- г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.

13. В каких пределах изменяется степень сжатия современных бензиновых ДВС?

- а) 1,5...5,0;
- б) 6,5...8,0;

в) 8,5...12,5.

14. В каких пределах изменяется степень сжатия дизелей с наддувом?

а) 13,5...17,0;

б) 6,5...8,0;

в) 8,5...12,5.

15. В каких пределах изменяется степень сжатия дизелей без наддува?

а) 16,5...24;

б) 6,5...8,0;

в) 8,5...12,5.

16. Рабочий объем цилиндра 500 см^3 , объем камеры сгорания 100 см^3 . Чему равна степень сжатия?

а) 5;

б) 6;

в) 0,2.

17. Какая система двигателя предназначена для создания требуемой начальной частоты вращения коленчатого вала?

а) система питания;

б) система пуска;

в) система зажигания;

г) система смазки.

18. Какое количество тепла, выделяющегося при сгорании рабочей смеси в цилиндре уносится с отработавшими газами?

а) 5-8%;

б) 20-25%;

в) 30-40%;

г) 35-45%.

19. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала от 1000 до 2000 об/мин?

а) тихоходным;

б) среднеоборотным;

в) быстроходным;

г) малооборотным.

20. Компрессией называют:

а) пространство внутри цилиндра, освобождаемое поршнем при его движении от ВМТ до НМТ;

б) сумма рабочих объемов всех цилиндров, выраженных в литрах;

в) величина давления в цилиндре к концу сжатия;

г) рабочий объем цилиндра и объем камеры сгорания вместе взятые.

21. Какой такт совершается в цилиндре дизельного двигателя при движении поршня вниз при одном закрытом клапане, а другом открытом?

а) впуск воздуха;

б) рабочий ход;

в) впуск горючей смеси;

г) выпуск отработавших газов.

22. Как называется 2-й такт 4-х тактного двигателя?

- а) рабочий ход;
- б) впуск;
- в) выпуск;
- г) сжатие.

23. Какое из перечисленных ниже видов охлаждения не является системой охлаждения ДВС?

- а) воздушное;
- б) масляное;
- в) жидкостное.

24. Какая система предназначена для принудительного воспламенения горючей смеси в цилиндрах?

- а) система пуска;
- б) система питания;
- в) система зажигания;
- г) система охлаждения.

25. Что такое детонация?

- а) возникновение при работе двигателя стуков и вибраций;
- б) взрывное сгорание смеси в цилиндре;
- в) самовоспламенение рабочей смеси после выключения зажигания.

26. Что такое калильное зажигание?

- а) медленное горение рабочей смеси, вызывающее перегрев свечи;
- б) преждевременное воспламенение рабочей смеси до момента возникновения искрового заряда;
- в) воспламенение рабочей смеси с помощью свечи накаливания.

27. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала более 2000 об/мин?

- а) тихоходным;
- б) среднеоборотным;
- в) быстроходным;
- г) малооборотным.

28. Какое свойство топлива определяется удельной массой одного кубического сантиметра топлива?

- а) детонационное свойство;
- б) октановое число;
- в) плотность;
- г) теплотворность.

29. Что называют рабочим ходом?

- а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня;
- б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырехтактного двигателя за два оборота коленчатого вала;
- в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения;
- г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.

30. Коэффициент избытка воздуха представляет собой

а) отношение количества воздуха к количеству топлива в цилиндре;
 б) отношение количества топлива к количеству воздуха;
 в) отношение количества воздуха, содержащегося в топливно-воздушной смеси, к тому его минимальному количеству, которое требуется для полного сгорания всего топлива, находящегося в смеси.

31. Состав смеси, в которой воздуха недостаточно для полного сгорания топлива, содержащегося в ней, называют

- а) богатым;
 б) бедным;
 в) стехиометрическим.

32. При каком коэффициенте избытка воздуха состав горючей смеси будет «богатым»?

- а) $\alpha=1$;
 б) $\alpha<1$;
 в) $\alpha>1$.

33. Какой угол опережения впрыска топлива считается оптимальным?

- а) тот, при котором достигается максимальная скорость нарастания давления в цилиндре двигателя;
 б) тот, при котором достигается наименьший часовой расход;
 в) тот, при котором достигается наибольшая эффективная мощность и наименьший удельный расход топлива;
 г) тот, при котором достигается наименьшая жесткость процесса сгорания.

34. В каких пределах должен находиться показатель жесткости работы автотракторного дизеля при оптимальном горении?

- а) 0,4...1,0 МПа/град;
 б) 1,1...1,8 МПа/град;
 в) 1,5...1,8 МПа/град.

3.2.1 Критерии оценки результатов тестирования

При тестовой проверке знаний, умений и навыков определяется количество баллов в зависимости от количества правильно сформулированных ответов по следующей шкале:

№ п/п	Количество правильно сформулированных ответов в % от общего количества вопросов в блоке тестов	Количество баллов
	от 80 до 100	10
	от 60 до 80	7
	от 30 до 60	5
	от 10 до 30	1

3.3 Задания для курсовой работы

В ходе изучения дисциплины студент самостоятельно выполняет курсовую работу на тему: «Расчет и проектирование автомобильных и тракторных двигателей»

Задания на выполнение курсовой работы приведено в приложении В.

3.4 Перечень вопросов для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация заключается в объективном выявлении результатов обучения, которые позволяют определять степень соответствия действительных результатов обучения запланированным по программе. Она позволяет оценить уровень знаний, умения и

навыки, получаемые в результате изучения дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов».

Промежуточная аттестация в виде зачета реализуется в конце шестого семестра. Метод контроля на аттестации – устный.

Объектами контроля на аттестации выступают компетенции ПК-5 и ОПК-4 (содержание компетенций изложено выше).

Для оценки степени освоения названных компетенций предусмотрен следующий перечень вопросов (вопросы к зачету с оценкой):

1. Назначение энергетических установок.
2. По каким признакам классифицируются энергетические установки.
3. Краткая история и основные направления развития энергетических установок.
4. Основные механизмы энергетических установок. Их назначение.
5. Основные системы энергетических установок. Их назначение.
6. Что такое идеальный (термодинамический) цикл?
7. Условия выполнения идеального цикла.
8. Приведите диаграмму циклов с подводом теплоты при постоянном объеме и при постоянном давлении.
9. Приведите диаграмму цикла при смешанном подводе теплоты.
10. Для чего применяют наддув?
11. В чем отличие механического от газотурбинного наддува?
12. Перечислите основные показатели термодинамических циклов.
13. Что такое действительный цикл, чем действительный цикл отличается от термодинамического?
14. Приведите индикаторную диаграмму четырехтактного ДВС и опишите ее.
15. Какие отличия имеет действительный цикл двухтактного ДВС от четырехтактного?
16. Какими показателями характеризуется действительный цикл?
17. Что происходит в цилиндре во время тактов впуска и сжатия в дизельном и карбюраторном двигателе?
18. Что происходит в цилиндре во время тактов рабочего хода и выпуска в дизельном и карбюраторном двигателях?
19. Методика расчета параметров процессов газообмена.
20. Что такое диаграмма фаз газораспределения?
21. Для чего впускной клапан открывается с опережением и закрывается с запозданием?
22. Для чего выпускной клапан открывается с опережением и закрывается с запозданием?
23. Что происходит во время перекрытия клапанов?
24. Назовите индикаторные и эффективные показатели ДВС.
25. Приведите расчетные формулы для нахождения эффективных показателей.
26. Приведите расчетные формулы для нахождения индикаторных показателей.
27. Влияние основных факторов на индикаторные показатели ДВС.
28. Что такое механические потери двигателя и из чего они складываются?
29. Как связаны между собой индикаторные и эффективные показатели энергетических установок?
30. Приведите выражение теплового баланса энергетических установок.
31. По каким формулам находятся составляющие теплового баланса энергетических установок?
32. Какие потери тепла входят в последний член теплового баланса.
33. Какое количество тепла превращается в полезную работу в дизельных и бензиновых двигателях?
34. Назовите примерное процентное соотношение составляющих теплового баланса.
35. Перечислите типы характеристик энергетических установок, как их получают?

36. Приведите аналитические выражения для построения регуляторной характеристики энергетических установок.
37. Какие значения имеют крутящий момент, мощность, часовой и удельный расход топлива на основных режимах работы энергетических установок?
38. Основные пути оптимизации параметров энергетических установок.
39. В чем особенность работы энергетических установок автомобилей и тракторов.
40. По каким параметрам подбирают энергетические установки для автомобилей и тракторов.
41. Охрана труда и техника безопасности при эксплуатации энергетических установок.

3.5 Перечень вопросов для итоговой аттестации

Итоговая аттестация согласно рабочей программе дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов» проводится в виде экзамена в конце 7 семестра. Примерный перечень вопросов к экзамену следующий:

1. Понятие рабочего цикла ДВС. Тактность работы двигателя.
2. Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.
3. Топливо, топливовоздушные смеси и продукты их сгорания. Расчет параметров рабочего тела.
4. Действительные циклы ДВС. Индикаторная диаграмма.
5. Особенности рабочих процессов двух- и четырехтактного ДВС.
6. Процессы смесеобразования. Смесеобразование в дизеле. Смесеобразование в двигателях с искровым зажиганием. Расчет потребного количества воздуха.
7. Процесс впуска. Определение параметров рабочего тела в конце впуска.
8. Процесс сжатия. Давление и температура в конце сжатия.
9. Процесс сгорания и тепловыделения.
10. Процесс расширения. Определение температуры и давления в конце расширения.
11. Процесс выпуска. Связь выпуска с впуском. Газообмен. Продувка надпоршневого пространства.
12. Индикаторные показатели двигателя: среднее индикаторное давление, индикаторная мощность, индикаторный к.п.д.
13. Эффективные показатели двигателя: эффективная мощность, механический к.п.д.
14. Тепловой баланс двигателя.
15. Токсичность двигателя. Показатели токсичности бензиновых и дизельных двигателей.
16. Основные конструктивные особенности параметры ДВС.
17. Перемещение, скорость и ускорение поршня.
18. Графические методы определения перемещения, скорости и ускорения поршня (методы Брикса и Толле).
19. Силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме.
20. Силы инерции первого и второго порядка.
21. Уравновешенность двигателя. Статистическое и динамическое уравновешивание коленчатого вала.
22. Уравновешивание сил инерции первого и второго порядка в ДВС.
23. Неравномерность вращения коленчатого вала. Методы и средство ее устранения.
24. Основы расчета деталей ДВС на прочность, жесткость, износостойкость и теплостойкость.
25. Выбор типа, тактности, схемы расположения цилиндров, частоты вращения коленчатого вала ДВС.
26. Обоснование основных параметров двигателя.
27. Особенности расчета и проектирования кривошипно-шатунного механизма.
28. Методика расчета системы смазки ДВС.

29. Методика расчета системы охлаждения ДВС.
30. Скоростная характеристика двигателя, методика ее построения.
31. Регуляторная характеристика двигателя, методика ее построения.
32. Основные параметры ДВС: коэффициент короткоходности, рабочий объем цилиндра, литраж двигателя, степень сжатия.
33. Коэффициент наполнения. Коэффициент избытка воздуха. Влияние различных факторов на коэффициент наполнения.
34. Методика расчета механизма газораспределения ДВС.
35. Тенденции и перспективы развития ДВС.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИЮ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЗАНЯТИЙ

Интерактивное обучение – это специальная форма организации познавательной деятельности, опирающаяся прежде всего на диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется тесное взаимодействие между обучающимся и преподавателем, между самими обучающимися.

При этом задачами обучения являются:

- пробуждение у обучающихся интереса к учебе;
- эффективное освоение учебного материала;
- самостоятельный поиск учащимися путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения);
- обучение работать в команде, проявлять терпимость к любой точке зрения, уважать право каждого на свободу слова, уважать его достоинства;
- формирование у обучающихся мнения и отношения;
- формирование жизненных и профессиональных навыков;
- выход на уровень осознанной компетентности студентов.

Проведение интерактивных занятий направлено на углубленное освоение компетенций, предусмотренных рабочей программой дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов»:

ОПК-4 – владеть способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности:

- знание практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности;
- умение использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности;
- владение практической деятельностью новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности.

ПК-5 – владеть способностью разрабатывать конкретные варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта наземных транспортно-технологических средств, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности:

- знание основ теплового расчета, силового анализа работы и расчета на прочность деталей двигателя внутреннего сгорания;
- умение проводить анализ рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, осуществлять прогнозирование последствий их модернизации, находить решения по их совершенствованию;
- владение основами теории и расчета рабочего процесса ДВС, сведениями о их конструкции и особенностях работы его узлов и агрегатов.

1 Методы интерактивной технологии, реализуемые при изучении дисциплины

В рабочей программе дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов» предусмотрено проведение в интерактивной форме аудиторных занятий:

- лекций – 10 часов;

- практических занятий – 8 часов.

В данной учебной нагрузке в рамках интерактивной формы обучения рекомендуется чтение проблемных лекций и проведения практических занятия по кейс-методу.

Проблемная лекция. Активность проблемной лекции заключается в том, что преподаватель в начале и по ходу изложения учебного материала создает проблемные ситуации и вовлекает слушателей в их анализ. Разрешая противоречия, заложенные в проблемных ситуациях, они самостоятельно могут прийти к тем выводам, которые преподаватель должен был сообщить в качестве новых знаний. При этом преподаватель, используя определенные методические приемы включения слушателей в общение, как бы вынуждает «подталкивает» их к поиску правильного решения проблемы. На проблемной лекции слушатель находится в социально активной позиции, особенно когда она идет в форме живого диалога. Он высказывает свою позицию, задает вопросы, находит ответы и представляет их на суд всей аудитории. Когда аудитория привыкает работать в диалогических позициях, усилия педагога окупаются сторицей – начинается совместное творчество. Если традиционная лекция не позволяет установить сразу наличие обратной связи между аудиторией и педагогом, то диалогические формы взаимодействия со слушателями позволяют контролировать такую связь.

Лекция становится проблемной в том случае, когда в ней реализуется принцип проблемности, а именно:

- дидактическая обработка содержания учебного курса до лекции, когда преподаватель разрабатывает систему познавательных задач – учебных проблем, отражающих основное содержание учебного предмета;

- развертывание этого содержания непосредственно на лекции, то есть построение лекции как диалогического общения преподавателя со студентами.

Диалогическое общение – диалог преподавателя со студентами по ходу лекции на тех этапах, где это целесообразно, либо внутренний диалог (самостоятельное мышление), что наиболее типично для лекции проблемного характера. Во внутреннем диалоге студенты вместе с преподавателем ставят вопросы и отвечают на них или фиксируют вопросы для последующего выяснения в ходе самостоятельных работ, индивидуальной консультации с преподавателем или же обсуждения с другими студентами, а также на семинаре.

Диалогическое общение – необходимое условие для развития мышления студентов, поскольку по способу своего возникновения мышление диалогично. Для диалогического общения преподавателя со студентами необходимы следующие условия:

- преподаватель входит в контакт со студентами как собеседник, пришедший на лекцию «поделиться» с ними своим личным опытом;

- преподаватель не только признает право студентов на собственное суждение, но и заинтересован в нем;

- новое знание выглядит истинным не только в силу авторитета преподавателя, ученого или автора учебника, но и в силу доказательства его истинности системой рассуждений;

- материал лекции включает обсуждение различных точек зрения на решение учебных проблем, воспроизводит логику развития науки, ее содержания, показывает способы разрешения объективных противоречий в истории науки;

- общение со студентами строится таким образом, чтобы подвести их к самостоятельным выводам, сделать их соучастниками процесса подготовки, поиска и нахождения путей разрешения противоречий, созданных самим же преподавателем;

- преподаватель строит вопросы к вводимому материалу и стимулирует студентов к самостоятельному поиску ответов на них по ходу лекции.

Учебная дискуссия (от лат. Discussion – исследование, рассмотрение) – это всестороннее обсуждение спорного вопроса в частной беседе. Другими словами, дискуссия заключается в коллективном обсуждении какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений. Цели проведения дискуссии могут быть очень

разнообразными: обучение, тренинг, диагностика, преобразование, изменение установок, стимулирование творчества и др.

Во время дискуссии студенты могут либо дополнять друг друга, либо противостоять один другому. В первом случае проявляются черты диалога, а во втором – дискуссия приобретает характер спора. Поэтому в учебной дискуссии предпочтительным является первое.

Практические занятия проводятся по кейс-методу путем анализа конкретных практических ситуаций, возникающих в ходе занятий, опираясь на исследовательские методы.

2 План проведения интерактивных занятий

Таблица 2.1 - Темы и виды интерактивных занятий

Тема	Вид занятия	Количество часов
6 семестр		
Термодинамические циклы ДВС	Проблемная лекция	2
Действительный цикл ДВС	Проблемная лекция	2
Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизелях и двигателях с искровым зажиганием	Проблемная лекция	2
Динамика кривошипно-шатунного механизма	Проблемная лекция	2
Уравновешивание двигателей	Проблемная лекция	2
Расчет тактов рабочего цикла ДВС	Практическое занятие	8
7 семестр		
Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя	Проблемная лекция	2
Система смазки	Проблемная лекция	2
Система охлаждения	Проблемная лекция	2
Система питания	Проблемная лекция	2
Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя	Практическое занятие	10
Расчет деталей двигателя на прочность	Практическое занятие	

3 Критерии оценивания работы обучающихся на интерактивных занятиях

Форма интерактивного занятия нацелена на формирование у обучающихся коллективной работы, а также навыков формулирования собственных выводов и суждений относительно проблемных вопросов.

Вместе с тем, формы проведения по видам отличаются. Поэтому критерии оценивания работы обучающихся устанавливаются преподавателем отдельно для каждой формы занятий, ориентируясь следующей шкалой:

Критерии оценивания работы	Баллы
Демонстрирует полное понимание обсуждаемой проблемы, высказывает собственное суждение по вопросу, аргументировано отвечает на вопросы участников, соблюдает регламент выступления	2,0
Понимает суть рассматриваемой проблемы, может высказать типовое суждение по вопросу, отвечает на вопросы участников, однако выступление носит затянутый или неаргументированный характер	1,0
Принимает участие в обсуждении вопросов, однако собственного мнения по вопросу не высказывает, либо высказывает мнение, не отличающееся от мнения других докладчиков	0,5
Не принимает участия в обсуждении вопросов	0

Рекомендуемая литература

1. Луканина, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов /Под ред. В.Н. Луканина, М.Г. Шатрова. – М.: Высшая школа, 2005. – 480 с.
2. Луканина, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование /Под ред. В.Н. Луканина, М.Г. Шатрова. – М.: Высшая школа, 2005. – 400 с.
3. Баширов, Р.М. Основы теории и расчета автотракторных двигателей /Р.М. Баширов. – Уфа: БГАУ, 2008. – 304 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов» одной из форм организации учебного процесса является самостоятельная работа обучающегося.

Рабочей программой дисциплины на самостоятельную работу отводятся 36 часов для студентов очной формы обучения, 155 часов – для студентов заочной формы обучения.

В самостоятельную работу обучающегося входят освоение учебного материала по учебникам, учебно-методическим пособиям из списка основной и дополнительной литературы, указанного в рабочей программе дисциплины, не охваченного аудиторными часами (см. раздел 4 рабочей программы); выполнение курсовой работы и подготовка к тестовому контролю знаний, умений и навыков, а также к промежуточной аттестации (зачету и экзамену).

Целью организации самостоятельной работы при изучении дисциплины является также систематизация и активизация знаний, полученных обучающимися на лекциях и лабораторных занятиях.

Осмысленная самостоятельная работа сначала с учебным материалом в процессе подготовки к занятиям, а затем и с научной информацией, необходима для того, чтобы заложить основы самоорганизации и самовоспитания, необходимые для привития умений и навыков в повышении профессионального мастерства после окончания вуза.

Таким образом, самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую роль в структуре личности специалиста.

Методические указания включают в себя материалы для самостоятельной проработки тем дисциплины в виде перечня контрольных вопросов, задания и методические указания к курсовой работе (приложение 4), комплект заданий для тестовой проверки и перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (к зачету и экзамену).

Самостоятельная работа позволяет формулировать у обучающихся следующие компетенции:

ОПК-4 – владеть способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности:

- знание практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности;
- умение использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности;
- владение практической деятельностью новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности.

ПК-5 – владеть способностью разрабатывать конкретные варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта наземных транспортно-технологических средств, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности:

- знание основ теплового расчета, силового анализа работы и расчета на прочность деталей двигателя внутреннего сгорания;
- умение проводить анализ рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, осуществлять прогнозирование последствий их модернизации, находить решения по их совершенствованию;

- владение основами теории и расчета рабочего процесса ДВС, сведениями о их конструкции и особенностях работы его узлов и агрегатов.

1 Содержание самостоятельной работы и формы её контроля

№ п/п	Разделы дисциплины, темы раздела	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
1.	Термодинамические циклы ДВС	Работа с учебной литературой. Составление конспектов по теме дисциплины. Подготовка ответов на контрольные вопросы по каждой теме дисциплины (см. подраздел 2.1). Выполнение курсовой работы по дисциплине (см. приложение 4)	Проверка конспектов по темам дисциплины. Проверка ответов на контрольные вопросы по темам дисциплины. Проверка и прием защиты курсовой работы.
2.	Параметры рабочего тела		
3.	Параметры отработавших газов		
4.	Действительный цикл ДВС. Индикаторная диаграмма		
5.	Индикаторные и эффективные показатели ДВС		
6.	Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизелях и в двигателях с искровым зажиганием		
7.	Кинематика кривошипно-шатунного механизма		
8.	Динамика кривошипно-шатунного механизма		
9.	Уравновешивание двигателей		
10.	Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя		
11.	Расчет деталей двигателя на прочность		
12.	Система смазки		
13.	Система охлаждения		
14.	Механизм газораспределения		
15.	Система питания		
16.	Регуляторные и скоростные характеристики ДВС		
17.	Тенденции и перспективы развития ДВС		
	Выполнение защита курсовой работы		

2 Задания для закрепления и систематизации знаний

Обучающийся самостоятельно изучает по основной и дополнительной литературе темы дисциплины, не охваченные аудиторными часами, а также систематизирует материалы лекций и практических занятий. При этом учебный материал конспектирует в специальной тетради.

Конспект должен содержать четкое изложение сути темы, иметь четко выстроенное логическое построение содержания рассмотренных вопросов. Текст желательно изложить кратко, лаконично, по существу.

Уровень освоенности учебного материала подвергается самопроверке по контрольным вопросам, составленным по каждой теме дисциплины, а также по тестовым заданиям.

2.1 Задания для самостоятельного контроля знаний по темам дисциплины

Тема 1. Термодинамические циклы ДВС.

1. Что подразумевается под термодинамическим циклом?
2. Какие термодинамические циклы бывают?
3. Опишите термодинамический цикл со смещенным подводом теплоты.

4. Опишите термодинамический цикл с подводом теплоты при постоянном объеме.

Тема 2. Параметры рабочего цикла.

1. Как определить количество воздуха, теоретически необходимого для сгорания 1 кг топлива?
2. Что собой представляет коэффициент избытка воздуха и в каких пределах он находится?
3. На каких режимах работы коэффициент избытка воздуха в двигателях с искровым зажиганием может быть меньше единицы?
4. Из каких основных элементов состоит воздух?
5. Из каких основных элементов состоит жидкое топливо нефтяного происхождения?
6. Расположите топлива: дизельное, бензин и этанол по мере возрастания теплоты сгорания.

Тема 3. Параметры отработавших газов.

1. Каков состав отработавших газов.
2. Назовите факторы, влияющие на состав отработавших газов.
3. Что собой представляет коэффициент молярного изменения?
4. Какое количество отработавших газов получается при сгорании одного кг топлива?

Тема 4. Действительный цикл ДВС. Индикаторная диаграмма.

1. Что называется действительным циклом ДВС?
2. Что представляет собой индикаторная диаграмма?
3. Назовите такты действительного цикла.
4. Начертите индикаторные диаграммы.
5. Что собой представляет коэффициент наполнения?

Тема 5. Индикаторные и эффективные показатели ДВС.

1. Что собой представляет среднее индикаторное давление?
2. Что собой представляет индикаторная мощность двигателя?
3. Что собой представляет индикаторный к.п.д. двигателя?
4. Что собой представляет индикаторный расход топлива?
5. Что представляет собой тепловой баланс двигателя?
6. Что собой представляет эффективная мощность двигателя.
7. Чем объяснить то, что эффективный удельный расход топлива больше индикаторного?

Тема 6. Процессы смесеобразования и сгорания топлива в дизелях и в двигателях с искровым зажиганием.

1. Как протекают процессы смесеобразования и сгорания топлива в двигателях с искровым зажиганием?
2. Как протекают процессы смесеобразования и сгорания в дизельных двигателях?
3. Назовите основные фазы процесса сгорания двигателя с искровым зажиганием.
4. Назовите основные фазы процесса сгорания дизельного двигателя.
5. Что собой представляет жесткость процесса сгорания топлива?
6. При какой организации процесса сгорания достигается максимальная экономичность работы двигателя с искровым зажиганием?
7. Что такое детонационное сгорание?
8. Почему воспламенение в дизелях называют самовоспламенением?
9. Какие эксплуатационные факторы влияют на жесткость процесса сгорания дизеля?

Тема 7. Кинематика кривошипно-шатунного механизма.

1. С какой целью используется дезаксиальный КШМ?
2. Как можно найти путь поршня?
3. Как можно найти среднюю скорость поршня?
4. Какова сущность метода Брикса?
5. Выведите аналитические выражения для определения пути, скорости и ускорения поршня.
6. Постройте общие графики пути, скорости и ускорения поршня.

Тема 8. Динамика кривошипно-шатунного механизма.

1. Назовите четыре группы сил, действующих на детали КШМ.
2. Как определить величину усилия на поршень от давления газов?
3. Что называют опрокидывающим моментом?

4. Что собой представляют удельные суммарные усилия, действующие на детали КШМ?
5. Что собой представляет тангенциальная сила и как, используя ее, найти крутящий момент двигателя?
6. Сравните силы инерции первого и второго порядков и найдите сходства и различия.

Тема 9. Уравновешивание двигателей.

1. Какие неуравновешенные силы возникают в двигателях?
2. Чем отличаются силы инерции первого и второго порядков?
3. Какова методика уравновешивания центробежных сил инерции?
4. Как уравновешиваются силы инерции первого и второго порядков?

Тема 10. Выбор типа, основных конструктивных параметров и режимов работы двигателя.

1. Каковы достигнутые значения удельного расхода топлива, удельной металлоемкости и моторесурса двигателей?
2. Почему с увеличением числа цилиндров снижается удельная металлоемкость двигателя?
3. Какие положительные эффекты достигаются при V-образном расположении цилиндров двигателя?
4. Почему при проектировании двигателя стремятся увеличить число его оборотов?
5. Почему при снижении коэффициента короткоходности возрастает моторесурс двигателя?
6. Как определяются основные размеры двигателя?

Тема 11. Расчет деталей двигателя на прочность.

1. По каким критериям проводят расчет деталей КШМ?
2. На какие нагрузки рассчитывают поршень?
3. Как рассчитывают поршневой палец?
4. Как рассчитывают поршневые кольца?
5. Какие сечения шатуна проверяют на прочность?

Тема 12. Система смазки.

1. Назовите основные технологические параметры системы смазки.
2. Изложите методику расчета основных параметров системы смазки.

Тема 13. Система охлаждения.

1. Назовите основные технологические параметры системы охлаждения.
2. Изложите методику расчета основных параметров системы охлаждения.

Тема 14. Механизм газораспределения.

1. Каковы основные требования, предъявляемые клапанному механизму?
2. Каковы основные параметры механизма газораспределения?
3. Какова методика построения профиля кулачка?
4. Что такое время-сечение клапана?

Тема 15. Система питания.

1. Нарисуйте классическую схему топливоподачи дизеля.
2. Нарисуйте схему топливоподачи типа Bosch.
3. Какова методика расчета насоса высокого давления?
4. Нарисуйте схему топливоподачи карбюраторными системами.
5. Нарисуйте основные схемы системы впрыска бензина.

Тема 16. Регуляторная и скоростные характеристики ДВС.

1. Что представляет собой регуляторная характеристика ДВС?
2. Что представляет собой скоростная характеристика ДВС?

Тема 17. Тенденции и перспективы развития ДВС.

1. Каковы современные тенденции развития двигателей?
2. Почему двигатели с искровым зажиганием вытесняются дизелями?
3. У какого отечественного двигателя зафиксирован самый низкий удельный расход топлива?
4. Назовите известные типы ДВС.

2.2 Материалы тестовой системы контроля знаний

1. Тепловыми двигателями называются устройства
 - а) преобразующие какой-либо вид энергии в работу;
 - б) преобразующие тепловую энергию в работу;
 - в) преобразующие кинетическую энергию в работу.
2. Что называют тактом в работе двигателя?
 - а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня;
 - б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырехтактного двигателя за два оборота коленчатого вала;
 - в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения;
 - г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.
3. Средним индикаторным давлением называется
 - а) индикаторная работа цикла, снимаемая с единицы рабочего объема;
 - б) условное постоянное избыточное давление газов на поршень в течение одного его хода, при котором в цилиндре совершается работа, равная работе газов за весь цикл;
 - в) оба ответа правильные.
4. Какой такт совершается в цилиндре дизельного двигателя при движении поршня вверх при закрытых клапанах?
 - а) впуск воздуха;
 - б) рабочий ход;
 - в) сжатие воздуха;
 - г) выпуск отработавших газов.
5. Какое количество тепла, выделяющего при сгорании рабочей смеси в цилиндре карбюраторного двигателя, превращается в полезную работу?
 - а) 5-8%;
 - б) 20-25%;
 - в) 30-40%;
 - г) 35-45%.
6. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала до 1000 об/мин?
 - а) тихоходным;
 - б) среднеоборотным;
 - в) быстроходным;
 - г) малооборотным.
7. В чем заключается физический смысл механического КПД?
 - а) показывает величину механических потерь в двигателе;
 - б) показывает, какая часть индикаторной мощности переходит в эффективную;
 - в) показывает полную величину потерь внутри двигателя, связанных с преобразованием тепла в эффективную работу.
8. У какого двигателя КПД выше?
 - а) карбюраторного;
 - б) дизельного;
 - в) у дизельного и карбюраторного КПД одинаковые.
9. Какой параметр наиболее полно характеризует жесткость работы двигателя?

- а) максимальное давление в цилиндре;
- б) скорость горения топливовоздушной смеси;
- в) скорость нарастания давления в фазе быстрого горения на каждый градус поворота коленчатого вала;
- г) максимальная температура процесса сгорания.

10. Чем объяснить ухудшение топливной экономичности дизеля при позднем впрыске топлива?

- а) возрастанием механических потерь;
- б) увеличением потерь тепла в охлаждающую среду и с отработанными газами;
- в) уменьшением показателя жесткости процесса сгорания.

11. Степенью сжатия называют:

- а) отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания;
- б) отношение объема камеры сгорания к полному объему цилиндра;
- в) величину давления в конце такта сжатия.

12. Что понимается под рабочим циклом двигателя?

- а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня;
- б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырехтактного двигателя за два оборота коленчатого вала;
- в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения;
- г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.

13. В каких пределах изменяется степень сжатия современных бензиновых ДВС?

- а) 1,5...5,0;
- б) 6,5...8,0;
- в) 8,5...12,5.

14. В каких пределах изменяется степень сжатия дизелей с наддувом?

- а) 13,5...17,0;
- б) 6,5...8,0;
- в) 8,5...12,5.

15. В каких пределах изменяется степень сжатия дизелей без наддува?

- а) 16,5...24;
- б) 6,5...8,0;
- в) 8,5...12,5.

16. Рабочий объем цилиндра 500 см^3 , объем камеры сгорания 100 см^3 . Чему равна степень сжатия?

- а) 5;
- б) 6;
- в) 0,2.

17. Какая система двигателя предназначена для создания требуемой начальной частоты вращения коленчатого вала?

- а) система питания;
- б) система пуска;
- в) система зажигания;
- г) система смазки.

18. Какое количество тепла, выделяющегося при сгорании рабочей смеси в цилиндре уносится с отработавшими газами?

- а) 5-8%;
- б) 20-25%;
- в) 30-40%;
- г) 35-45%.

19. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала от 1000 до 2000 об/мин?

- а) тихоходным;
- б) среднеоборотным;
- в) быстроходным;
- г) малооборотным.

20. Компрессией называют:

- а) пространство внутри цилиндра, освобождаемое поршнем при его движении от ВМТ до НМТ;
- б) сумма рабочих объемов всех цилиндров, выраженных в литрах;
- в) величина давления в цилиндре к концу сжатия;
- г) рабочий объем цилиндра и объем камеры сгорания вместе взятые.

21. Какой такт совершается в цилиндре дизельного двигателя при движении поршня вниз при одном закрытом клапане, а другом открытом?

- а) впуск воздуха;
- б) рабочий ход;
- в) впуск горючей смеси;
- г) выпуск отработавших газов.

22. Как называется 2-й такт 4-х тактного двигателя?

- а) рабочий ход;
- б) впуск;
- в) выпуск;
- г) сжатие.

23. Какое из перечисленных ниже видов охлаждения не является системой охлаждения ДВС?

- а) воздушное;
- б) масляное;
- в) жидкостное.

24. Какая система предназначена для принудительного воспламенения горючей смеси в цилиндрах?

- а) система пуска;
- б) система питания;
- в) система зажигания;
- г) система охлаждения.

25. Что такое детонация?

- а) возникновение при работе двигателя стуков и вибраций;
- б) взрывное сгорание смеси в цилиндре;
- в) самовоспламенение рабочей смеси после выключения зажигания.

26. Что такое калильное зажигание?

- а) медленное горение рабочей смеси, вызывающее перегрев свечи;
- б) преждевременное воспламенение рабочей смеси до момента возникновения искрового заряда;
- в) воспламенение рабочей смеси с помощью свечи накаливания.

27. К каким двигателям относится двигатель с частотой вращения коленчатого вала более 2000 об/мин?

- а) тихоходным;
- б) среднеоборотным;
- в) быстроходным;
- г) малооборотным.

28. Какое свойство топлива определяется удельной массой одного кубического сантиметра топлива?

- а) детонационное свойство;
- б) октановое число;
- в) плотность;
- г) теплотворность.

29. Что называют рабочим ходом?

- а) процесс, происходящий в цилиндре за один ход поршня;
- б) совокупность процессов, совершающихся в цилиндре четырехтактного двигателя за два оборота коленчатого вала;
- в) процессы, происходящие в цилиндре за полтора оборота коленчатого вала, кроме сгорания и расширения;
- г) процесс сгорания и расширения рабочей смеси в цилиндре.

30. Коэффициент избытка воздуха представляет собой

- а) отношение количества воздуха к количеству топлива в цилиндре;
- б) отношение количества топлива к количеству воздуха;
- в) отношение количества воздуха, содержащегося в топливно-воздушной смеси, к тому его минимальному количеству, которое требуется для полного сгорания всего топлива, находящегося в смеси.

31. Состав смеси, в которой воздуха недостаточно для полного сгорания топлива, содержащегося в ней, называют

- а) богатым;
- б) бедным;
- в) стехиометрическим.

32. При каком коэффициенте избытка воздуха состав горючей смеси будет «богатым»?

- а) $\alpha=1$;
- б) $\alpha<1$;
- в) $\alpha>1$.

33. Какой угол опережения впрыска топлива считается оптимальным?

- а) тот, при котором достигается максимальная скорость нарастания давления в цилиндре двигателя;
- б) тот, при котором достигается наименьший часовой расход;
- в) тот, при котором достигается наибольшая эффективная мощность и наименьший удельный расход топлива;
- г) тот, при котором достигается наименьшая жесткость процесса сгорания.

34. В каких пределах должен находиться показатель жесткости работы автотракторного дизеля при оптимальном горении?

- а) 0,4...1,0 МПа/град;
- б) 1,1...1,8 МПа/град;
- в) 1,5...1,8 МПа/град.

3 Задания и методические указания для формирования умений и навыков по изучаемой дисциплине

Для систематизации знаний, формирования умений и навыков по изучаемой дисциплине предусмотрено выполнение курсовой работы. Выполнение курсовой работы сводится к тепловому и динамическому расчету двигателей внутреннего сгорания тракторов и автомобилей, определению индикаторных и эффективных показателей, построению скоростных характеристик, выполнению прочностных расчетов деталей шатунно-поршневой группы, определению основных параметров систем смазки и охлаждения расчетным путем.

Задания и исходные данные к курсовой работе представлены в табл. 3.1. Методические указания к выполнению работы приведены в приложении Г рабочей программы.

Таблица 3.1 – Задание и исходные данные к курсовой работе

№	Последняя цифра шифра зачетной книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1.	Тип двигателя и его назначение	Бензиновый двигатель						Дизельный двигатель			
2.	Диаметр цилиндра D , м	0,092	0,092	0,079	0,079	0,082	0,082	0,110	0,110	0,130	0,130
3.	Ход поршня S , м	0,092	0,092	0,080	0,080	0,070	0,070	0,115	0,115	0,140	0,140
4.	Отношение радиуса кривошипа к длине шатун λ	0,270	0,270	0,275	0,275	0,280	0,280	0,267	0,267	0,264	0,264
5.	Число цилиндров i	P-4	P-4	P-4	P-4	P-4	P-4	V-8	V-8	V-8	V-8
6.	Частота вращения номинальная $n_{ном}$, об/мин	4500	5200	5600	5600	5800	5800	2500	2500	2100	2100
7.	Число клапанов на цилиндр $i_{кл}$	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2
8.	Средняя скорость заряда в клапане $w_{кл}$, м/с	100	70	100	70	100	70	60	60	55	55
9.	Коэффициент избытка воздуха α	0,95	1,0	0,95	1,0	0,95	1,0	1,4	1,6	1,4	1,6
10	Повышение давления в компрессоре π_k	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,7	1,0	1,7
11	Подогрев при впуске ΔT , град.	0	5	-3	10	-5	15	15	20	17	25

12	Коэффициент сопротивления при впуске, $\beta^2 + \xi$	2,3	2,4	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
13	Давление остаточного газа P_r , МПа	0,110	0,108	0,110	0,105	0,110	0,105	0,104	0,174	0,104	0,174
14	Коэффициент очистки остаточных газов $\varphi_{оч}$	0,93	0,92	0,93	0,92	0,93	0,92	0,97	0,94	0,97	0,94
15	Коэффициент дозарядки $\varphi_{дз}$	1,02	1,05	1,02	1,05	1,02	1,05	1,02	1,06	1,02	1,06
16	Предпоследняя цифра шифра зачетной книжки для вариантов 1-6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
17	Степень сжатия ε	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,6	9,8	10,0
18	Предпоследняя цифра шифра зачетной книжки для вариантов 7-0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
19	Степень сжатия ε	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4

Список источников, рекомендуемых для самостоятельной работы

1. Луканина, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов /Под ред. В.Н. Луканина, М.Г. Шатрова. – М.: Высшая школа, 2005. – 480 с.
2. Луканина, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование /Под ред. В.Н. Луканина, М.Г. Шатрова. – М.: Высшая школа, 2005. – 400 с.
3. Баширов, Р.М. Основы теории и расчета автотракторных двигателей /Р.М. Баширов. – Уфа: БГАУ, 2008. – 304 с.

ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Целью настоящей курсовой работы является закрепление знаний, полученных студентами при изучении дисциплины «Энергетические установки автомобилей и тракторов».

Курсовая работа состоит из четырех частей.

В первой части работы требуется произвести тепловой расчет двигателя в режиме максимальной мощности, составить тепловой баланс, построить индикаторную диаграмму, рассчитать его скоростную характеристику.

Вторая часть работы посвящена силовому анализу работы кривошипно-шатунного механизма (КШМ). Предусматривает определение сил и моментов, действующих на детали КШМ, построение графиков их изменения в течение одного цикла в цилиндрах двигателя.

Третья часть включает расчет на прочность деталей КШМ: поршня, поршневого кольца, поршневого пальца и стержня шатуна на основе результатов теплового и динамического расчетов.

В четвертой части работы производится расчет параметров двух обслуживающих систем двигателя: смазки и охлаждения.

Ориентировочно объем курсовой работы составит до 20 страниц пояснительной записки формата А4, 3 листа графической части, в том числе 1 лист (формата А1) выделяется для иллюстрации результатов теплового и динамического расчетов, 1 лист (формата А1) – для изображения систем смазки и охлаждения двигателя, 1 лист (формата А1) – для компоновки механизма КШМ.

Исходные данные для курсовой работы студент выбирает из табл. 1 в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки и заносит их в табл. 2.

1 ЗАДАНИЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Провести тепловой и динамический расчет двигателя внутреннего сгорания, а также прочностной расчет деталей кривошипно-шатунного механизма и расчет систем смазки и охлаждения двигателя с целью обоснования их параметров при исходных данных, приведенных ниже. По результатам расчетов оформить графический материал по перечню, приведенному в Предисловии.

Таблица 1 - Задание на курсовую работу по дисциплине « Энергетические установки автомобилей и тракторов»

№	Последняя цифра шифра зачетной книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
20.	Тип двигателя и его назначение	Бензиновый двигатель						Дизельный двигатель			
21.	Диаметр цилиндра D , м	0,092	0,092	0,079	0,079	0,082	0,082	0,110	0,110	0,130	0,130
22.	Ход поршня S , м	0,092	0,086	0,080	0,080	0,070	0,070	0,115	0,115	0,140	0,140
23.	Отношение радиуса кривошипа к длине шатуна λ	0,270	0,270	0,275	0,275	0,280	0,280	0,267	0,267	0,264	0,264
24.	Число цилиндров i	P-4	P-4	P-4	P-4	P-4	P-4	V-8	V-8	V-8	V-8
25.	Частота вращения номинальная $n_{ном}$, об/мин	4500	5200	5600	5600	5800	5800	2500	2500	2100	2100
26.	Число клапанов на цилиндр $i_{кл}$	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2
27.	Средняя скорость заряда в клапане $w_{кл}$, м/с	100	70	100	70	100	70	60	60	55	55
28.	Коэффициент избытка воздуха α	0,95	1,0	0,95	1,0	0,95	1,0	1,4	1,6	1,4	1,6
29.	Повышение давления в компрессоре π_k	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,7	1,0	1,7
30.	Подогрев при впуске ΔT , град.	0	5	-3	10	-5	15	15	20	17	25
31.	Коэффициент сопротивления при впуске, $\beta^2 + \xi$	2,3	2,4	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
32.	Давление остаточного газа P_r , МПа	0,110	0,108	0,110	0,105	0,110	0,105	0,104	0,174	0,104	0,174
33.	Коэффициент очистки остаточных газов $\varphi_{оч}$	0,93	0,92	0,93	0,92	0,93	0,92	0,97	0,94	0,97	0,94
34.	Коэффициент дозарядки $\varphi_{дз}$	1,02	1,05	1,02	1,05	1,02	1,05	1,02	1,06	1,02	1,06
35.	Предпоследняя цифра шифра зачетной книжки для вариантов 1-6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
36.	Степень сжатия ε	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,6	9,8	10,0
37.	Предпоследняя цифра шифра зачетной книжки для вариантов 7-0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
38.	Степень сжатия ε	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4

1.1 Справочные данные и принятые обозначения в курсовой работе

Массовые доли углерода, водорода в 1 кг бензина: $C = 0,855$ кг, $H = 0,145$ кг.

Масса 1 кмоль топлива (бензина) $\mu_T = 190$ кг/кмоль.

Низшая теплота сгорания бензина $H_H = 44000$ кДж/кг.

Массовые доли углерода, водорода, кислорода в 1 кг дизельного топлива: $C = 0,870$ кг, $H = 0,126$ кг, $O = 0,004$ кг.

Масса 1 кмоль топлива (дизельного) $\mu_T = 190$ кг/кмоль.

Низшая теплота сгорания дизтоплива $H_H = 42000$ кДж/кг.

Параметры окружающей атмосферы $P_0 = 0,1$ МПа, $T_0 = 293$ К.

Охлаждение воздуха после компрессора $\Delta T_{охл} = 0$ К.

Молекулярная масса воздуха $\mu_B = 28,97$ кг/кмоль.

Удельная газовая постоянная воздуха $R_B = 287$ кДж/(кг·К)

Принятые обозначения:

1) D - диаметр цилиндра, м;

2) $S = 2R$ - ход поршня, м;

3) R - радиус кривошипа, м;

4) ВМТ - верхняя мертвая точка;

5) НМТ - нижняя мертвая точка;

6) τ - число тактов в цикле;

7) φ - угол поворота кривошипа (отсчет - от ВМТ такта впуска);

$$8) V_h = \frac{\pi D^2}{4} S \quad \text{- рабочий объем цилиндра, м}^3;$$

9) $V_a = V_h + V_c$ - полный объем цилиндра, м³;

$$10) V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} \quad \text{- объем камеры сгорания, м}^3;$$

$$11) \varepsilon = \frac{V_a}{V_c} \quad \text{- степень сжатия};$$

$$12) \rho = \frac{V_z}{V_c} \quad \text{- степень предварительного расширения для дизеля};$$

13) P_0, T_0, ρ_0 - давление, температура, плотность атмосферы;

14) P_k, T_k, ρ_k - давление, температура, плотность окружающей среды при наддуве;

15) π_k - степень повышения давления при наддуве;

16) ΔT - подогрев воздуха во впускном тракте, К;

17) $\Delta T_{охл}$ - охлаждение воздуха за компрессором, К;

18) P_a, T_a, ρ_a - давление, температура, плотность в начале сжатия;

19) P_c, T_c, ρ_c - давление, температура и плотность в конце сжатия;

20) P_z, T_z, ρ_z - давление, температура, плотность газов в конце сгорания;

21) P_b, T_b, ρ_b - те же величины в конце расширения;

22) P_r, T_r, ρ_r - давление, температура и плотность остаточного газа;

23) M_0 - количество свежего воздуха в цилиндре, кмоль/кг;

24) M_1 - количество свежей смеси в цилиндре на кг топлива;

25) M_2 - количество продуктов сгорания на кг топлива;

26) M_r - количество остаточного газа в цилиндре на кг топлива;

- 27) l_0 - теоретически необходимое количество воздуха (кг) для сгорания 1 кг топлива;
- 28) L_0 - теоретически необходимое количество молей воздуха для сгорания 1 кг топлива;
- 29) α - коэффициент избытка воздуха;
- 30) ΔP_a - аэродинамические потери во впускном тракте, МПа;
- 31) η_V - коэффициент наполнения;
- 32) $\gamma_r = \frac{\dot{I}_r}{\dot{I}_1}$ - коэффициент остаточного газа;
- 33) $\varphi_{дз}$ - коэффициент дозарядки, учитывающий поступление свежего заряда за счет инерционного наддува;
- 34) $\varphi_{оч}$ - коэффициент очистки цилиндра, учитывающий уменьшение массы остаточного газа за счет продувки цилиндра;
- 35) n_1, n_2 - показатели политроп сжатия и расширения в цилиндре;
- 36) n_k - показатель политропы сжатия в турбокомпрессоре;
- 37) $U_\alpha^{//}$ - внутренняя энергия продуктов сгорания, кДж/кмоль;
- 38) $I_\alpha^{//}$ - энтальпия продуктов сгорания, кДж/кмоль;
- 39) λ_r - степень повышения давления при сгорании;
- 40) L - длина шатуна, м;
- 41) $\lambda = \frac{R}{L}$ - отношение радиуса кривошипа к длине шатуна;
- 42) m_π - масса поршня, кг;
- 43) F_π - площадь поршня, м²;
- 44) $m'_\pi = \frac{m_\pi}{F_\pi}$ - удельная масса поршня, кг/м²;
- 45) m_π - масса шатуна, кг;
- 46) $m'_\pi = \frac{m_\pi}{F_\pi}$ - удельная масса шатуна, кг/м²;
- 47) $m'_j = m'_\pi + 0,275m'_\pi$ - удельные массы КШМ, совершающие возвратно - поступательное движение, кг/м²;
- 48) $m'_R = m'_{\pi\pi\pi} + m'_{\pi\pi k} + 2m'_{\pi\pi p}$ - удельные массы, совершающие вращательное движение, кг/м²;
- 49) $m'_{\pi\pi\pi}$ - удельная масса шатунной шейки, кг/м²;
- 50) $m'_{\dot{u} \dot{\delta}} = m'_{\dot{u}} \frac{\rho_{\dot{u}}}{R}$ - удельная масса щеки коленвала, приведенная к радиусу кривошипа, кг/м²;
- 51) ρ_π - расстояние центра масс щеки от оси вращения, м;
- 52) $\omega = \pi n / 30$ - угловая скорость, рад/с;
- 53) $n_{ном}$ - номинальная частота вращения коленчатого вала, соответствующая максимальной мощности двигателя, мин⁻¹;
- 54) τ - тактность двигателя.

Таблица 2 - Исходные данные для теплового расчета двигателя

№	Исходные параметры	Значения
1	Тип двигателя	
2	Диаметр цилиндра D, м	
3	Ход поршня S, м	
4	Число цилиндров i	
5	Частота вращения номинальная n, об/мин	
6	Число клапанов на цилиндр i _{кл}	
7	Тип охлаждения	
8	Давление окружающей атмосферы P ₀ , МПа	
9	Температура окружающей атмосферы T ₀ , К	
10	Средняя скорость заряда в клапане w _{кл} , м/с	
11	Коэффициент сопротивления при впуске $\xi + \beta^2$	
12	Коэффициент избытка воздуха α	
13	Коэффициент дозарядки $\varphi_{\text{доз}}$	
14	Коэффициент очистки $\varphi_{\text{оч}}$	
15	Повышение давления в компрессоре при наддуве π_k	
16	Охлаждение воздуха после компрессора $\Delta T_{\text{охл}}$, К	
17	Отношение радиуса кривошипа к длине шатуна λ	
18	Состав топлива	
19	Низшая теплота сгорания H _н , кДж/кг	
20	Степень сжатия ε	
21	Давление остаточного газа P _г , МПа	
22	Температура остаточного газа T _г , К	
23	Подогрев при впуске ΔT , К	
24	Угол начала открытия впускного клапана, φ'_a	
25	Угол конца закрытия впускного клапана, φ''_a	
26	Угол начала открытия выпускного клапана, φ'_b	
27	Угол конца закрытия выпускного клапана, φ''_b	
28	Угол, при котором подается искра (топливо), φ'_c	

2 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЯ

На основании исходных данных, приведенных в таблице 1, производим следующие расчеты, предварительно заносим их в табл. 2.

2.1 Параметры рабочего тела

2.1.1 Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива:

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right),$$

кмоль воздуха/кг топлива:

$$\ell_0 = \mu_B L_0, \text{ кг воздуха/кг топлива.}$$

2.1.2 Рассчитываем количество свежего заряда (воздуха):

$$M_0 = \alpha L_0, \text{ кмоль воздуха /кг топлива.}$$

2.1.3 Рассчитываем количество горючей смеси:

$$M_1 = \alpha L_0 + \frac{1}{\mu_T}, \text{ кмоль/кг.}$$

2.2 Параметры отработавших газов

2.2.1 При $\alpha < 1$ количество отдельных компонентов продуктов сгорания в расчете на 1 кг топлива равно:

$$\text{оксида углерода } \dot{I}_{CO} = 0,416 \frac{1-\alpha}{1+k} L_0, \text{ кмоль/кг;}$$

$$\text{углекислого газа } M_{CO_2} = \frac{C}{12} - M_{CO}, \text{ кмоль/кг;}$$

$$\text{водорода } M_{H_2} = k M_{CO}, \text{ кмоль/кг;}$$

$$\text{водяного пара } M_{H_2O} = \frac{H}{2} - M_{H_2}, \text{ кмоль/кг;}$$

$$\text{азота } \dot{I}_{N_2} = 0,792 \alpha L_0, \text{ кмоль/кг;}$$

$$\text{кислорода } M_{O_2} = 0,$$

где k - экспериментальный коэффициент, зависящий от отношения углерода C и водорода H в топливе, определяется по формуле:

$$k \approx 1,12 \sqrt{\frac{H}{C}}.$$

2.2.2 При $\alpha \geq 1$ количество отдельных компонентов продуктов сгорания в расчете на 1 кг топлива:

$$\text{оксида углерода } M_{CO} = 0; \text{ углекислого газа } M_{CO_2} = \frac{C}{12}, \text{ кмоль; водорода } M_{H_2} = 0;$$

$$\text{водяного пара } M_{H_2O} = \frac{H}{2}, \text{ кмоль; азота } M_{N_2} = 0,792 \alpha L_0, \text{ кмоль; кислорода}$$

$$M_{O_2} = 0,208(\alpha - 1)L_0, \text{ кмоль.}$$

2.2.3 Общее количество продуктов сгорания дизельного топлива и бензина:

$$M_2 = M_{CO} + M_{CO_2} + M_{H_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{O_2}, \text{ кмоль/кг.}$$

2.2.4 Коэффициент молекулярного изменения горючей смеси:

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}; \mu_0 = 1,02 \dots 1,06 - \text{ для дизелей, } \mu_0 = 1,02 \dots 1,12 - \text{ для бензиновых ДВС.}$$

2.3 Расчет такта впуска ($0 \leq \varphi \leq 180^\circ$)

2.3.1 Определяем потери давления во впускном тракте при впуске:

$$\Delta P_a = \left(\beta^2 + \xi \right) \frac{w_{\hat{e}\hat{e}}^2}{2} \rho_0 \cdot 10^{-6}, \text{ МПа.}$$

При расчете двигателя без наддува плотность воздуха равна:

$$\rho_0 = \frac{P_0}{R_B T_0} 10^6, \text{ кг/м}^3.$$

Давление воздуха после турбокомпрессора:

$$P_\kappa = P_0 \pi_\kappa, \text{ МПа.}$$

При расчете двигателя с наддувом плотность воздуха после компрессора равна:

$$\rho_k = \frac{P_k}{R_B (T_k - \Delta T_{\hat{1}\hat{o}\hat{e}})} 10^6, \text{ кг/м}^3, \text{ и она используется при расчете } \Delta P_a.$$

Температура воздуха после турбокомпрессора

$$T_\kappa = T_0 \pi_\kappa^{\frac{n_\kappa - 1}{n_\kappa}}, \text{ К}; \quad n_\kappa = 1,4 \div 1,8.$$

Остальные параметры: $(\beta^2 + \xi)$, $w_{\hat{e}\hat{e}}$, $\dot{O}_0$ - заданы.

2.3.2 Рассчитываем давление в конце впуска в цилиндре двигателя:

без наддува $P_{\hat{a}} = P_0 - \Delta P_a$, МПа,

с наддувом $P_{\hat{a}} = P_\kappa - \Delta P_a$, МПа.

2.3.3 Рассчитываем коэффициент остаточного газа в двигателе:

$$\begin{aligned} \text{без наддува } \gamma_r &= \frac{(T_0 + \Delta T) \varphi_{\hat{1}\hat{\div} P_r}}{T_r (\varphi_{\hat{a}\hat{\zeta}} \varepsilon P_{\hat{a}} - \varphi_{\hat{1}\hat{\div} P_r})}, \\ \text{с наддувом } \gamma_r &= \frac{(T_\kappa + \Delta T - \Delta T_{\hat{1}\hat{o}\hat{e}}) \varphi_{\hat{1}\hat{\div} P_r}}{T_r (\varphi_{\hat{a}\hat{\zeta}} \varepsilon P_{\hat{a}} - \varphi_{\hat{1}\hat{\div} P_r})}. \end{aligned}$$

Предварительно принимается $T_r = 600 \dots 900 \text{ К}$ – для дизелей с наддувом и без наддува, $T_r = 900 \dots 1100 \text{ К}$ – для бензиновых ДВС.

2.3.4 Определяем температуру в конце впуска в двигателе:

$$\begin{aligned} \text{без наддува } T_a &= \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}, \text{ К}; \\ \text{с наддувом } T_a &= \frac{T_\kappa + \Delta T - \Delta T_{\text{охл}} + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}, \text{ К.} \end{aligned}$$

2.3.5 Рассчитываем коэффициент наполнения двигателя:

$$\text{без наддува } \eta_v = \frac{T_0 (\varphi_{\text{доз}} \varepsilon P_a - \varphi_{\text{оч}} P_r)}{(T_0 + \Delta T)(\varepsilon - 1) P_0},$$

$$\text{с наддувом } \eta_v = \frac{T_k (\varphi_{\text{доз}} \varepsilon P_a - \varphi_{\text{оч}} P_r)}{(T_k + \Delta T - \Delta T_{\text{охл}})(\varepsilon - 1) P_k}.$$

2.4 Расчет такта сжатия ($180^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$)

2.4.1 Давление в конце сжатия: $P_c = \varphi_{\text{доз}} P_a \cdot \varepsilon^{n_1}$, МПа,

2.4.2 Температура в конце сжатия: $T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}$ К,

$$t_c = T_c - 273 \text{ } ^\circ\text{C},$$

где n_1 - показатель политропы сжатия.

2.4.3 Показатель политропы сжатия n_1 определяется по эмпирической зависимости:

$$\text{для дизельных двигателей } n_1 = 1,41 - \frac{5}{3 \cdot \ddot{i}_{\hat{i}\hat{i}} - (0,01 \dots 0,02)},$$

$$\text{для бензиновых двигателей } \ddot{i}_1 = 1,41 - \frac{5}{3 \cdot \ddot{i}_{\hat{i}\hat{i}}},$$

где $n_{\text{ном}}$ — номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с^{-1} .

Показатель политропы сжатия: для дизелей без наддува $n_1 = 1,34 \dots 1,42$; для дизелей с наддувом $n_1 = 1,35 \dots 1,38$; для бензиновых двигателей $n_1 = 1,30 \dots 1,39$.

2.5 Расчет участка подвода тепла

В результате расчета этого участка должны быть определены значения T_z и P_z после подвода тепла.

2.5.1 Определение параметров процесса сгорания в дизельных двигателях.

2.5.1.1 Температура газов в конце процесса сгорания t_z определяется из уравнения сгорания:

$$(\mu C_{v_1} + 8,314 \lambda_c) t_c + \frac{\xi \cdot H_{\text{н}}}{\alpha L_o \cdot (1 + \gamma_r)} = \mu C'_{p_z} \bar{\mu}.$$

2.5.1.2 Коэффициент действительного молекулярного изменения рабочей смеси определяется из уравнения:

$$\bar{\mu} = \frac{\mu_o + \gamma_r}{1 + \gamma_r}.$$

Для дизеля $\bar{\mu} = 1,01 \dots 1,05$, т. е. число молей продуктов сгорания и остаточных газов до 5% больше числа молей свежего заряда и остаточных газов.

2.5.1.3 μC_{v_1} - средняя мольная теплоемкость свежего заряда, кДж/(кмоль град):

$$\mu C_{v_1} = \mu C_{v_0} + \alpha' t_c = 20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} t_c.$$

2.5.1.4 $\mu C'_p$ - средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания дизельного топлива при постоянном давлении:

$$\mu C'_{\delta} = (\mu \tilde{N}'_v + 8,314).$$

2.5.1.5 Средняя молярная теплоемкость при постоянном объеме для продуктов сгорания жидкого (дизельного) топлива при температуре до 3000°C и $\alpha=1,0..2,0$:

$$\mu C'_v = \left(20,2 + \frac{0,92}{\alpha} \right) + \left(\frac{13,8}{\alpha} + 15,5 \right) 10^{-4} t_z.$$

В уравнении сгорания для дизелей ξ - коэффициент использования тепла принимается $\xi=0,70 \div 0,90$.

После определения t_z рассчитываем: $T_z = t_z + 273$, К.

Температура в конце процесса сгорания для автотракторных дизельных двигателей находится в пределах $T_z=(1800...2500)$ К.

2.5.2 Определение параметров процесса сгорания в бензиновых и газовых двигателях.

2.5.2.1 Уравнение сгорания для бензиновых двигателей имеет вид:

$$\mu C_{v_1} \cdot t_c + \xi \cdot \frac{H_n - \Delta H_n}{\alpha L_o (1 + \gamma_r)} = \mu C'_v t_z \bar{\mu}.$$

2.5.2.2 μC_{v_1} - средняя молярная теплоемкость свежего заряда при постоянном объеме:

$$\mu C_{v_1} = (20,16 + 1,74 \cdot 10^{-3} t_c), \text{ кДж/(кмоль град)}.$$

2.5.2.3 $\mu C'_v$ - средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания при $\alpha=0,8...1,0$; определяется из выражения:

$$\mu C'_v = (18,4 + 2,6\alpha) + (15,5 + 13,8\alpha) 10^{-4} t_z, \text{ кДж/(кмоль град)}.$$

Коэффициент использования тепла ξ принимается: для бензиновых двигателей $\xi = 0,85...0,95$.

Для и бензиновых двигателей $\bar{\mu}=1,02...1,12$, определяется по п. 2.5.1.2.

2.5.2.4 ΔH_n - потери тепла в связи с неполнотой сгорания из-за недостатка кислорода определяются по уравнению:

$$\Delta H_n = 120 \cdot 10^3 (1 - \alpha) L_o, \text{ кДж/кг}.$$

Все величины, входящие в уравнение сгорания, за исключением $\mu C'_v$ и t_z , известны.

Если обозначить левую (известную) часть уравнения через S' и подставить значение $\mu C'_v$ из уравнения сгорания, получим:

$$t_z = \frac{S'}{\bar{\mu}(A' + B't_z)}, \text{ } ^\circ\text{C, или } \bar{\mu}B't_z^2 + \bar{\mu}A't_z - S' = 0$$

$$(\text{здесь } A'=18,4+2,6\alpha; B'=(15,5+13,8\alpha)10^{-4}; S' = \mu C_{v_1} t_c + \xi \frac{H_i - \Delta H_i}{\alpha L_o (1 + \gamma_r)}).$$

Решив квадратное уравнение, определим температуру в конце процесса сгорания t_z , которая для бензиновых ДВС в зависимости от сорта топлива, состава смеси, степени сжатия и других факторов находится в пределах $T_z = 2500...3000$ К.

2.5.2.5 Определим давление в цилиндре после подвода тепла по формуле:

$$P_z = \lambda_p P_n, \text{ МПа},$$

где λ_p – степень повышения давления при подводе тепла.

Для дизелей с разделенными камерами сгорания (вихрекамерных и предкамерных) и дизелей с неразделенными камерами и пленочным смесеобразованием $\lambda_p = 1,2...1,8$, для дизелей с разделенной камерой сгорания и объемным смесеобразованием $\lambda_p = 1,6...2,5$.

Для бензиновых двигателей степень повышения давления рекомендуется принимать в пределах $\lambda_p = 2,5...4,0$.

Величину степени повышения давления выбирают из условий экономичности и жесткости работы двигателя. При больших значениях λ_p двигатель будет работать более экономично, однако чрезмерное повышение λ_p увеличивает жесткость работы и, следовательно, износ деталей двигателя. В зависимости от коэффициента избытка α , тем выше λ_p .

2.6 Расчет такта расширения ($360^\circ \leq \varphi \leq 540^\circ$)

2.6.1 Для бензиновых двигателей давление и температура в конце расширения:

$$P_b = \frac{P_z}{\epsilon^{n_2}}, \text{ МПа}; T_b = \frac{T_z}{\epsilon^{n_2-1}}, \text{ К}.$$

2.6.2 Показатель политропы расширения n_2 может быть определен по эмпирической зависимости:

$$\text{для двигателей с искровым зажиганием } i_{21} = 1,26 + \frac{5}{3i_{11}},$$

$$\text{для дизелей } n_2 = 1,22 + \frac{13}{6i_{11}} - 0,02.$$

В этих формулах $n_{\text{ном}}$ подставляется в ϵ^{-1} . Показатель политропы расширения для автотракторных дизелей находится в пределах $n_2 = 1,18...1,30$. При этом меньшие значения относятся к дизелям с более высокой степенью сжатия и большей быстроходностью.

Для дизельных двигателей определяем:

2.6.3 Степень предварительного расширения:

$$\rho = \frac{\bar{\mu}}{\lambda_p} \frac{T_z}{T_c}.$$

2.6.4 Степень последующего расширения:

$$\delta = \frac{\epsilon}{\rho}.$$

2.6.5 Давление и температуру в конце расширения:

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}, \text{ МПа},$$

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}, \text{ К}.$$

2.7 Расчет такта выпуска ($540^\circ \leq \varphi \leq 720^\circ$)

На данном такте $P_r \approx \text{const}$.

2.8 Индикаторные параметры рабочего цикла

2.8.1 Для бензинового двигателя, работающего по циклу $V = \text{const}$, теоретическое индикаторное давление, равно:

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda_a}{n_2 - 1} (1 - \varepsilon^{1-n_2}) - \frac{1}{n_1 - 1} (1 - \varepsilon^{1-n_1}) \right], \text{ МПа}.$$

2.8.2 Для дизельного двигателя, работающего по смешанному циклу, теоретическое среднее индикаторное давление равно:

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda_r \rho}{n_2 - 1} (1 - \delta^{1-n_2}) - \frac{1}{n_1 - 1} (1 - \varepsilon^{1-n_1}) + \lambda_r (\rho - 1) \right], \text{ МПа}.$$

Действительное среднее индикаторное давление всех типов ДВС

$$P_i = \bar{\varphi} P'_i,$$

где $\bar{\varphi}$ - коэффициент, учитывающий «скругление» индикаторной диаграммы ($0,92 \leq \bar{\varphi} \leq 0,97$).

2.8.3 Рассчитываем индикаторную мощность и индикаторный крутящий момент двигателя по формуле:

$$N_i = \frac{P_i V_h i n}{30 \tau} = \frac{P_i V_{\text{л}} n}{120}, \text{ кВт}$$

$$(\text{здесь } V_{\text{л}} = \frac{\pi D^2}{4} S i \cdot 10^3, \text{ л});$$

$$M_i = \frac{3 N_i}{\pi n} 10^4, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Значения D (м), S (м), i , n (об/мин), – заданы. Для четырехтактных двигателей коэффициент тактности $i=4$.

2.8.4 Определяем индикаторный КПД и удельный индикаторный расход топлива:

$$\eta_i = \frac{P_i l_0 \alpha}{H_n \rho_k \eta_v};$$

$$g_i = \frac{3600}{H_n \eta_i}, \text{ г/кВтч.}$$

Здесь P_i в МПа, H_n в МДж, η_v из п.2.3.5.

2.9 Эффективные параметры рабочего цикла

2.9.1 Рассчитываем среднее давление механических потерь (работу, затрачиваемую на трение и привод вспомогательных агрегатов, приходящуюся на единицу рабочего объема):

$$P_m = A_m + B_m V_{п.ср}, \text{ МПа,}$$

где A_m и B_m - коэффициенты (табл. 3), зависящие от числа цилиндров и от отношения хода поршня к диаметру цилиндра и типа камеры сгорания;

$$V_{п.ср.} = S n_{\hat{i}} / 30 - \text{средняя скорость поршня, м/с.}$$

Таблица 3 – Значения коэффициентов A_m и B_m

Тип двигателя	A_m	B_m
Карбюраторный $S/D > 1, i \leq 6$	0,049	0,0152
Карбюраторный $S/D < 1, i = 8$	0,039	0,0132
Карбюраторный $S/D \leq 1, i \leq 6$	0,034	0,0113
Четырехтактный дизель с неразделенными камерами	0,089	0,0118
Предкамерный дизель	0,103	0,0153
Дизель с вихревыми камерами	0,089	0,0135

2.9.2 Рассчитываем среднее эффективное давление (эффективную работу, снимаемую с единицы рабочего объема):

$$P_e = P_i - P_m, \text{ Па.}$$

2.9.3 Рассчитываем механический КПД:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = 1 - \frac{P_m}{P_i}.$$

Его величина составляет: для бензиновых ДВС $\eta_m = 0,70 \dots 0,85$, для дизельных ДВС с наддувом $\eta_m = 0,80 \dots 0,90$, без наддува $\eta_m = 0,70 \dots 0,82$.

2.9.4 Определяем эффективную мощность:

$$N_e = \frac{P_e V_{л} n}{120}, \text{ кВт.}$$

2.9.5 Определяем эффективный КПД:

$$\eta_e = \eta_i \eta_m.$$

Для дизелей $\eta_e = 0,35 \dots 0,40$, для бензиновых двигателей $\eta_e = 0,18 \dots 0,30$.

2.9.6. Определяем эффективный удельный расход топлива по формуле:

$$g_e = g_{e_N} = \frac{3600}{H_n \eta_e}, \text{ г/кВтч.}$$

Он составляет для бензиновых ДВС $g_e=300\dots370$ г/кВтч, для дизелей $g_e=190\dots240$ г/кВтч.

2.9.7 Эффективный крутящий момент:

$$\dot{I}_a = \frac{3}{\pi} \frac{N_e}{n_{\text{ном}}} 10^4, \text{ Нм.}$$

(здесь $n_{\text{ном}}$ подставляется в об/мин).

2.9.8 Расход топлива:

$$G_T = N_e g_e 10^{-3}, \text{ кг/час.}$$

2.9.9 Литровая мощность:

$$N_L = \frac{N_e}{V_L}, \text{ кВт/дм}^3.$$

2.10 Построение индикаторных диаграмм в координатах p - V

После определения параметров рабочего тела в характерных точках цикла строится теоретическая индикаторная диаграмма в координатах p - V . На оси абсцисс (рис. 1, 2) откладывается произвольный отрезок, изображающий в каком-либо масштабе объем камеры сжатия V_c . Этот отрезок принимается за единицу. Далее откладываются в принятом масштабе объемы:

$$V_z = \rho V_c \text{ и } V_a = \varepsilon V_c = V_c + V_h.$$

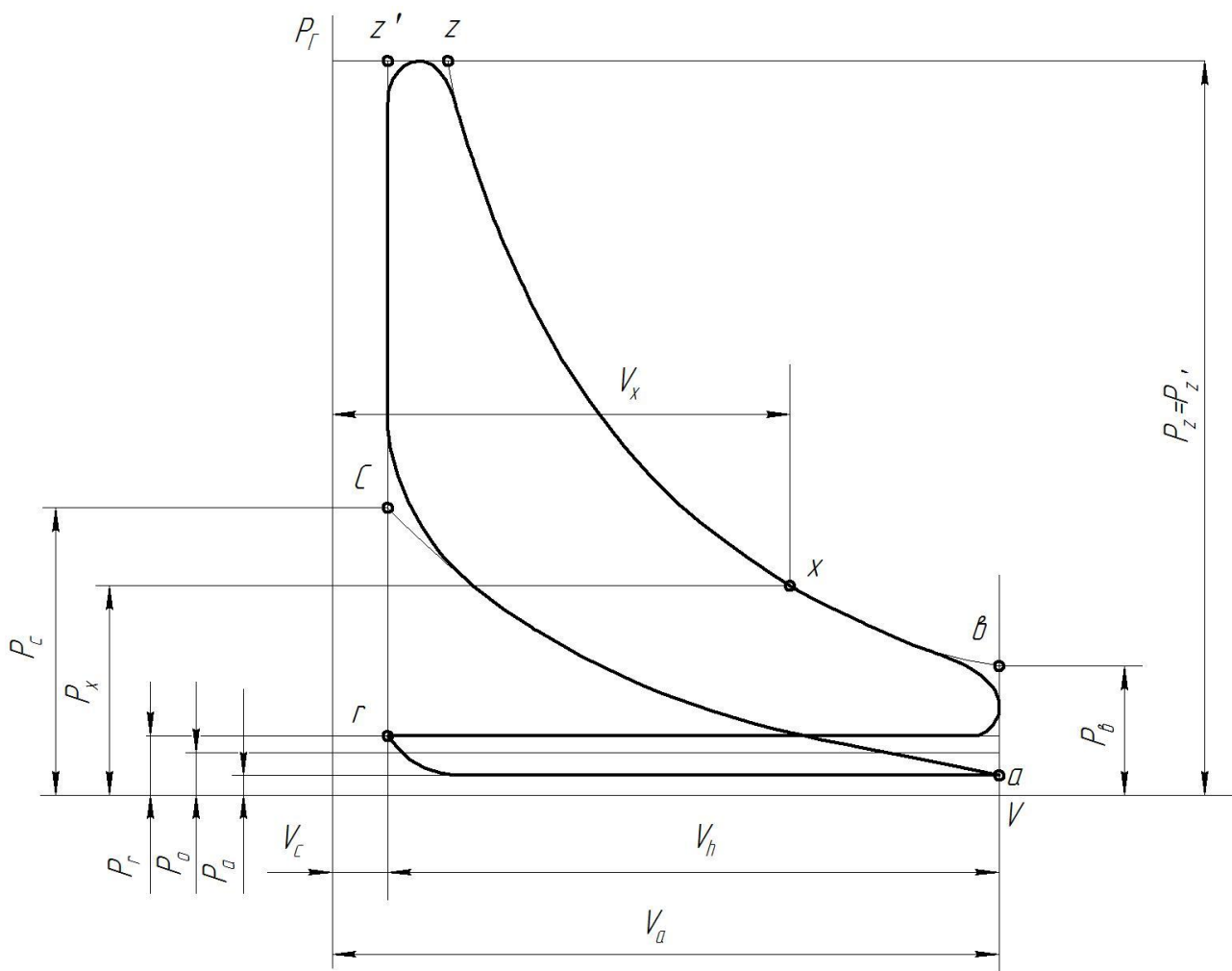


Рисунок 1 – Построение индикаторной диаграммы дизельного двигателя

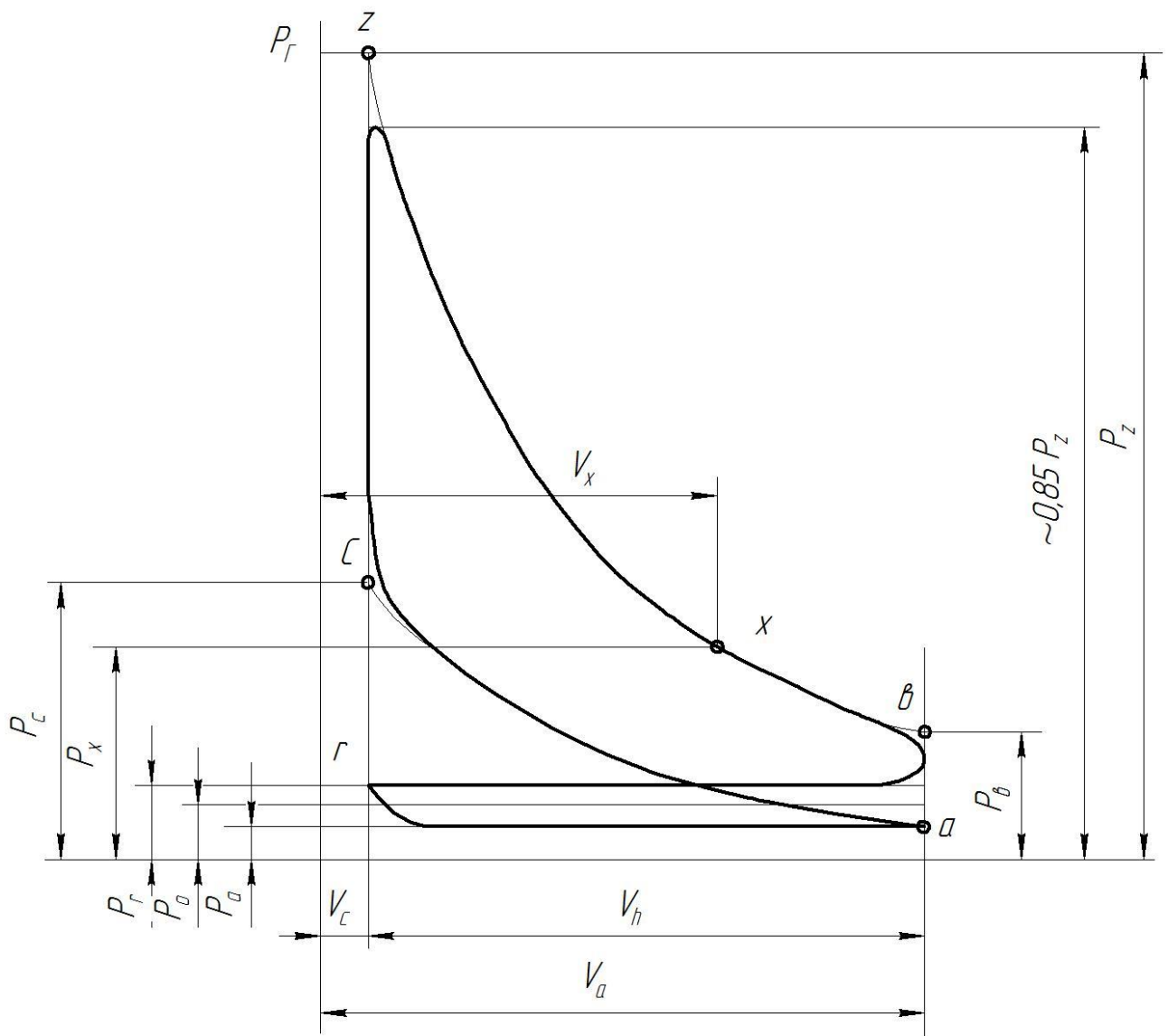


Рисунок 2 – Построение индикаторной диаграммы бензинового двигателя

Выбрав масштаб давления, на оси ординат откладывают величины p_o , p_a , $p_z' = p_z$, p_b и p_r . Обычно масштаб давлений выбирают так, чтобы высота диаграммы была больше длины в 1,2...1,5 раза. Можно рекомендовать масштаб объема из следующих соображений: абсолютное значение объема камеры сгорания V_C принять: 10 мм – для индикаторной диаграммы дизеля, 20 мм – для индикаторной диаграммы бензинового.

Через точки r , a , z' и z проводят прямые, параллельные оси абсцисс. Точки c и z' , b и a соединяют прямыми, параллельными оси ординат. Точка a и c соединяются линией процесса политропы сжатия, а точки z и b – линией процесса политропы расширения.

Для построения линий процессов политропного сжатия $a - c$ и расширения $z - b$ необходимо определить давление в нескольких промежуточных точках между a и c , z и b . Для этого необходимо задаться несколькими промежуточными значениями объема V_x в названных интервалах.

Тогда давления для этих значений объемов составляют:

для процесса политропного сжатия $P_x = P_a \left(\frac{V_a}{V_x} \right)^{n_1}$,

а для процесса политропного расширения $P_{x'} = P_{\epsilon} \left(\frac{V_{\epsilon}}{V_{x'}} \right)^{n_2}$.

Через точки a, c, z, ϵ и полученные промежуточные точки x проводят (с помощью лекала) плавные кривые.

Далее острые углы индикаторной диаграммы плавно округляют.

2.11 Тепловой баланс

2.11.1 Доля теплоты, затраченная на полезную работу, определена в тепловом расчете η_e .

2.11.2 Доля теплоты, потерянная в бензиновых ДВС при $\alpha < 1$ из-за недогорания топлива:

$$\eta_{\Delta \dot{I}_i} = \frac{\Delta \dot{I}_i}{\dot{I}_i}.$$

2.11.3 Доля теплоты, унесенная с отработавшими газами:

$$\eta_{\text{отр.г}} = \frac{Q_{\text{отр.г}}}{H_{\text{н}}}.$$

Для бензиновых и дизельных двигателей:

$$Q_{\text{отр.г}} = M_2 I_{\alpha}'' \Big|_{t_0}^{t_{\text{отр.г}}} - M_1 I_{\alpha \rightarrow \infty} \Big|_0^{t_a}.$$

Рассчитываем температуру отработавших газов:

$$t_{\text{отр}} = \frac{T_b}{n_2} \left[1 + \frac{P_r}{P_b} (n_2 - 1) \right] - 273, ^\circ\text{C}.$$

Определяем энтальпию отработавших газов бензиновых двигателей при температурах $0 \dots t_{\text{отр.г}}$:

$$I_{\alpha}'' \Big|_0^{t_{\text{отр.г}}} = U_{\alpha} \Big|_0^{t_{\text{отр.г}}} + 8,315 t_{\text{отр.г}}, \text{ кДж/кмоль}.$$

Для определения U_{α}'' пользуются табл. 4.

Определяем энтальпию топлива – воздушной смеси в конце впуска:

$$I_{\alpha \rightarrow \infty} \Big|_0^{t_a} = (20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} t_a) t_a + 8,315 \cdot t_a, \text{ кДж/кмоль}.$$

Для дизелей определяем энтальпию отработавших газов по табл. 5 в соответствии с α и $t_{\text{отр.г}}$ линейным интерполированием $I_{\alpha}'' \Big|_{t_0}^{t_{\text{отр.г}}}$, кДж/кмоль.

Таблица 4– Внутренняя энергия продуктов сгорания бензина $U_{\alpha}^{//}$, кДж/кмоль

α $t_{отгр.г}$	Воздух $\alpha \rightarrow \infty$	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1
0	0	0	0	0	0	0	0
100	2083,9	2225,7	2235,6	2244,8	2253	2245,7	2238,8
200	4197	4511,8	4535,2	4556,4	4577	45592	45443
300	6362,1	6885,3	6901,65	6951,9	6987,9	6960	6934,5
400	8590	9321,2	9380	9434,4	9484,8	9445,2	9408,4
500	10890,5	11753,5	11933,5	12007	12075	12022,5	11974
600	13254,6	14467,8	14570,4	14664	14751,6	14685	14623,8
700	15686,3	17166,1	17291	17407,6	17514,7	17433,5	17358,6
800	18171,2	19935,1	20085,6	20224	20352,8	20255,2	20166,4
900	20707,2	22773,6	22950	23112	23262,3	23148	23043,6
1000	23284	25668	25870	26056	26229	26098	25977
1100	25902,8	28716,6	28846,4	29056,5	29252,3	29102,7	28966,3
1200	28554	31618,8	31814,4	32109,6	32328	32160	32006,4
1300	31237,7	34660,6	34942,7	35204	35444,5	35257,3	35085,7
1400	33951,4	37742,6	38052	38339	38603,6	38396,4	38207,4
1500	36690	40860	41197,5	41509,5	41779	41571	41362,5
1600	39444,8	44001,6	44366,4	44705,6	45017,6	44737,6	44537,6
1700	42222,9	47176,7	475711	47934,9	48271,5	48001,2	47754,7
1800	45009	50369,4	50792,4	51181,2	51541,2	51251,4	50983,2
1900	47819,2	53589,5	54039,8	54455,9	54839,7	54526,2	54241,2
2000	50654	56826	57304	57746	58156	57820	57514
2100	53495,4	60087,3	60593,4	61061,7	61494,3	61137,3	60811,8
2200	56346,4	63366,6	63901,2	64394	64851,6	64473,2	64125,6
2300	59215,8	66649,4	67212,9	67732,7	68213,4	67813,2	67445,2
2400	62090,4	69952,8	70545,6	71090,4	71596,8	71172	70785,6
2500	64982,5	73262,5	73882,5	74455	74982,5	74537,5	74130
2600	67912	76590,8	77235,6	77833,6	78387,4	77919,4	77490,4
2700	70875	79930,8	80605,8	81229,5	81804,6	81313,2	80865

Для дизельных двигателей рассчитываем энтальпию поступившей смеси:

$$I_{\alpha \rightarrow \infty} \Big|_0^{t_a} = (20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} t_a) t_a, \text{ кДж/кг.}$$

Таблица 5 - Энтальпия продуктов сгорания дизельного топлива

$$I_{\alpha=}^{//} \Big|_{t_0}^{t_{отгр.г}}, \text{ кДж/кмоль}$$

α $t_{отгр.г}$	Воздух $\alpha \rightarrow \infty$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	2915,4	3059	3048,4	3039,3	3031,4	3024,4	3012,7	3003,2
200	5860	6183,4	6159,4	6137	6120,8	6105	6078,4	6057
300	8856,6	9391,8	9351,9	9318	9288,6	9262,5	9219	9184,5
400	11916	12682	12625,6	12577,2	12534,8	12498	12435,6	12385,2
500	15048	16063	5988,5	15924	15868	15818,5	15736	15669
600	18243,6	19526,4	19432,8	19351,2	19280,4	19218,6	19113,6	19029,6

700	21506,8	23074,1	22959,3	22859,9	22773,1	22696,8	22569,4	22466,5
800	24823,2	26692	26555,2	26436,8	26333,6	26242,4	26090,4	25967,2
900	28190,7	30378,6	30218,4	30079,8	29959,2	29853	29674,8	29521,8
1000	31599	34119	33935	33775	33636	33514	33308	33143
1100	35049,3	37912,6	37702,5	37521	37363,7	37224	36990,8	36802,7
1200	38532	41756,4	41521,2	41317,2	41138,4	40982,4	40719,6	40508,4
1300	42047,2	45639,1	45375,2	45149	44950	44775,9	44483,4	44248,1
1400	45592,4	49560	49268,8	49018,2	48798,4	48606,6	48283,2	48021,4
1500	491624	53512,5	53194,5	52920	52680	52468,5	52113	51828
1600	52748,8	57492,8	57144	56843,2	56582,4	56352	55964,8	55652,8
1700	56358,4	61502,6	61125,2	60798,8	60514,9	60265	59845,1	595084
1800	65376	65521,2	65120,4	64769,4	64461,6	64193,4	63739,8	63376,2
1900	63617,7	69578	69142,9	68764,8	68436,1	68147,3	67660,9	67269,5
2000	67284	73646	73180	72776	72426	72116	71596	71178
2100	70956,9	77737,8	77240	76811,7	76435,8	76169,1	75553,8	75108,6
2200	74639,4	81846,6	81318,6	80863,2	80465	80115,2	79527,8	79054,8
2300	78340,3	85955,6	85399	84916	84495,1	84124,8	83503,8	83004,7
2400	82046,4	90088,8	89498,4	88989,6	88548	88156,8	87501,6	86973,6
2500	85770	94225	93605	93070	92602	92192,5	91502	90947,5
2600	89531	98378,8	97726	97164,6-	96675,8	96244,2	95521,4	94936,4
2700	93325,5	102543,3	101862,9	101274,3	100761,3	100310,4	99554	98944,2
2800	97118	106719,2	106010,8	105394,8	104860	104386,8	103597,2	102958,8

2.11.4 Доля тепла, передаваемая охлаждающей среде:

$$\eta_{\text{охл.}} = 1 - (\eta_e + \eta_{\Delta H_H} + \eta_{\text{отр.г}})$$

2.12 Скоростная характеристика двигателя

2.12.1 Для бензинового двигателя построение внешней скоростной характеристики ведется в интервале $n_{\min} < n_x < n_{\max}$, например, шагом 1000 мин^{-1} , где $n_{\min} = 600 \div 1000 \text{ мин}^{-1}$; $n_{\max} = (1,05 \div 1,2)n_{\text{ном}} \text{ мин}^{-1}$, по следующим эмпирическим соотношениям:

мощность двигателя:

$$N_{\text{ex}} = N_e \frac{n_x}{n_{\text{ном}}} \left[1 + \frac{n_x}{n_{\text{ном}}} - \left(\frac{n_x}{n_{\text{ном}}} \right)^2 \right], \text{ кВт};$$

крутящий момент:

$$M_{\text{ex}} = 3 \cdot 10^4 \frac{N_{\text{ex}}}{\pi n_x}, \text{ Нм.}$$

Среднее эффективное давление четырехтактного двигателя:

$$P_{\text{ex}} = \frac{30 \tau}{V_{\text{л}} n_x} N_{\text{ex}}, \text{ МПа.}$$

Среднее давление механических потерь:

$$P_{\text{мх}} = A_{\text{м}} + B_{\text{м}} \frac{Sn_x}{30}, \text{ МПа.}$$

Среднее индикаторное давление:

$$P_{\text{іх}} = P_{\text{ех}} + P_{\text{мх}}, \text{ МПа.}$$

Удельный эффективный расход топлива:

$$g_{\text{е}_x} = g_{\text{е}_N} \left[1,2 - 1,2 \frac{n_x}{n_{\text{Ne}}} + \left(\frac{n_x}{n_{\text{Ne}}} \right)^2 \right], \text{ г/кВт·ч.}$$

Часовой расход топлива: $G_{\text{тх}} = g_{\text{е}_x} N_{\text{ех}} 10^{-3}, \text{ кг/ч.}$

Полученные данные заносятся в табл. 6, по ним строится внешняя характеристика двигателя.

Таблица 6 – Результаты расчета внешней скоростной характеристики

n_x , об/мин	$N_{\text{ех}}$, кВт	$M_{\text{ех}}$, Нм	$P_{\text{ех}}$, МПа	$P_{\text{мх}}$, МПа	$P_{\text{іх}}$, МПа	$g_{\text{ех}}$, г/кВт·ч	$G_{\text{тх}}$, кг/ч
$n_{\text{мин}}$							
$n_{\text{ном}}$							
$n_{\text{мах}}$							

2.12.2 Построение внешней скоростной характеристики дизельных двигателей ведется в интервале $n_{\text{мин}} \leq n_x \leq n_{\text{мах}}$, например, шагом 500 мин^{-1} , где $n_{\text{мин}} = 350 \div 600 \text{ мин}^{-1}$; $n_{\text{мах}} = n_{\text{ном}} \text{ мин}^{-1}$, по следующим эмпирическим соотношениям.

Мощность двигателя для дизелей с неразделенными камерами сгорания:

$$N_{\text{ех}} = N_{\text{е}} \frac{n_x}{n_{\text{ном}}} \left[0,87 + 1,13 \frac{n_x}{n_{\text{ном}}} - \left(\frac{n_x}{n_{\text{ном}}} \right)^2 \right], \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя для дизелей с предкамерами:

$$N_{\text{ех}} = N_{\text{е}} \frac{n_x}{n_{\text{Ne}}} \left[0,6 + 1,4 \frac{n_x}{n_{\text{Ne}}} - \left(\frac{n_x}{n_{\text{Ne}}} \right)^2 \right], \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя для дизелей с вихревой камерой:

$$N_{\text{ех}} = N_{\text{е}} \frac{n_x}{n_{\text{Ne}}} \left[0,7 + 1,3 \frac{n_x}{n_{\text{Ne}}} - \left(\frac{n_x}{n_{\text{Ne}}} \right)^2 \right], \text{ кВт.}$$

Крутящий момент: $M_{\text{ex}} = 3 \cdot 10^4 \frac{N_{\text{ex}}}{\pi n_x}$, Нм.

Среднее эффективное давление: $P_{\text{ex}} = \frac{30 \tau}{V_{\text{л}} n_x} N_{\text{ex}}$, МПа.

Среднее индикаторное давление: $P_{\text{ix}} = P_{\text{ex}} + P_{\text{мх}}$, МПа.

Среднее давление механических потерь: $P_{\text{мх}} = A_{\text{м}} + B_{\text{м}} \frac{S n_x}{30}$,

Удельный эффективный расход топлива:

$$g_{\text{ex}} = g_e \left[1,55 - 1,55 \frac{n_x}{n_{\text{ном}}} + \left(\frac{n_x}{n_{\text{ном}}} \right)^2 \right], \text{ г/кВт.ч.}$$

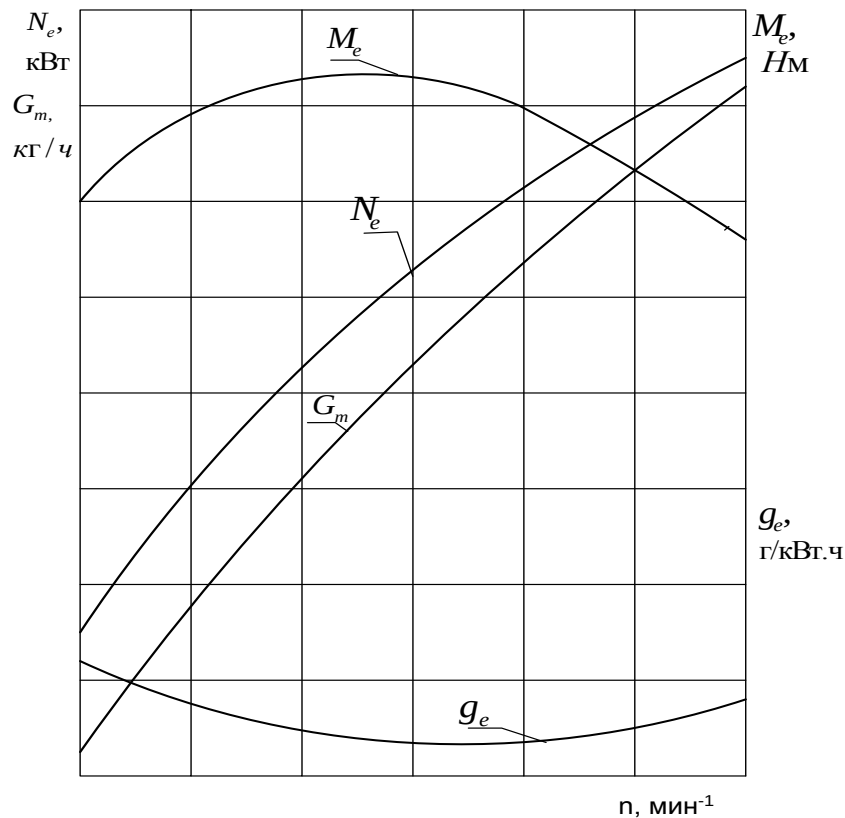


Рисунок 3 – Скоростная характеристика двигателя

Часовой расход топлива: $G_{\text{тх}} = g_{\text{ex}} N_{\text{ex}} 10^{-3}$, кг/ч.

Полученные результаты заносятся в табл. 6. По табличным данным строится скоростная характеристика двигателя (рис. 3).

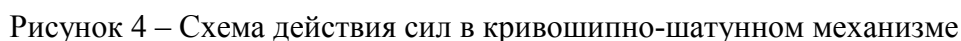
На скоростной характеристике необходимо выделить четыре характерных режима, соответствующие: максимальной частоте вращения (n_{max}); максимальной мощности ($n_{\text{ном}}$);

максимальному крутящему моменту ($M_{e \max}$); наименьшей устойчивой частоте вращения ($n_{\min}$).

3 ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Динамический расчет двигателя производится на режиме максимальной мощности по результатам теплового расчета. В результате расчета необходимо определить следующие силы и моменты, действующие в кривошипно-шатунном механизме двигателя (рис. 4):

- избыточное давление газов над поршнем Δp_r , МПа;
- удельную суммарную силу, действующую на поршень P_Σ , МПа;
- удельную суммарную силу, воспринимаемую стенками цилиндра (нормальное давление) P_N , МПа;
- удельную силу инерции от возвратно-поступательно движущихся масс P_j , МПа
- удельную силу, действующую вдоль шатуна P_s , МПа;
- удельную силу, действующую вдоль кривошипа P_k , МПа;
- удельную силу, направленную по касательной к окружности радиуса кривошипа P_t , МПа;
- крутящий момент от одного цилиндра $M_{кр}$, Нм;
- крутящий момент от i цилиндров M_Σ , Нм;
- удельную центробежную силу инерции от неуравновешенных вращающихся масс, сосредоточенных на радиусе кривошипа K_R , МПа;
- удельную силу, действующую на шатунную шейку $R_{шш}$, МПа.



3.1 Расчет сил, действующих в КШМ

Перестроение индикаторной диаграммы в развернутую по углу поворота коленчатого вала обычно осуществляют по методу проф. Ф.А. Брикса. Для этого под индикаторной диаграммой строят вспомогательную полуокружность радиуса $R = S/2$ (рис. 5). Далее от центра полуокружности (точка О) в сторону НМТ откладывают поправку Брикса, равную $R = \lambda/2$. Полуокружность делят лучами из центра О на несколько равных частей (например, через 30°), а из центра Брикса (точки О') проводят линии, параллельные этим лучам. Точки, полученные на полуокружности, соответствуют определенным углам φ поворота коленчатого вала. Из этих точек проводят вертикальные линии до пересечения с линиями индикаторной диаграммы (на рис. 5 показана только одна такая линия) и полученные

величины давлений проецируют на вертикалях соответствующих углов φ развернутой диаграммы.

Развертку индикаторной диаграммы обычно начинают от ВМТ в процессе пуска. При этом следует учесть, что на свернутой индикаторной диаграмме давление отсчитывают от абсолютного нуля, а на развернутой показывается избыточное давление $\Delta P_{\Gamma} = P_{\Gamma} - P_O$, так как абсциссы их смещены по вертикали на величину P_O .

Из точки O_1 проводят ряд лучей (рекомендуется не менее 5) под углами $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=30^\circ$...до пересечения с полуокружностью. Проекцией концов этих лучей на линии процесса всасывания, сжатия, расширения и выпуска указывают, какие точки рабочего процесса соответствуют тем или иным углам поворота коленчатого вала. При построении развернутой индикаторной диаграммы после ее скругления определяются максимальные значения сил от давления газов $P_{\Gamma}^{\max}$ и результирующей силы $P_{\text{рез}}^{\max}$.

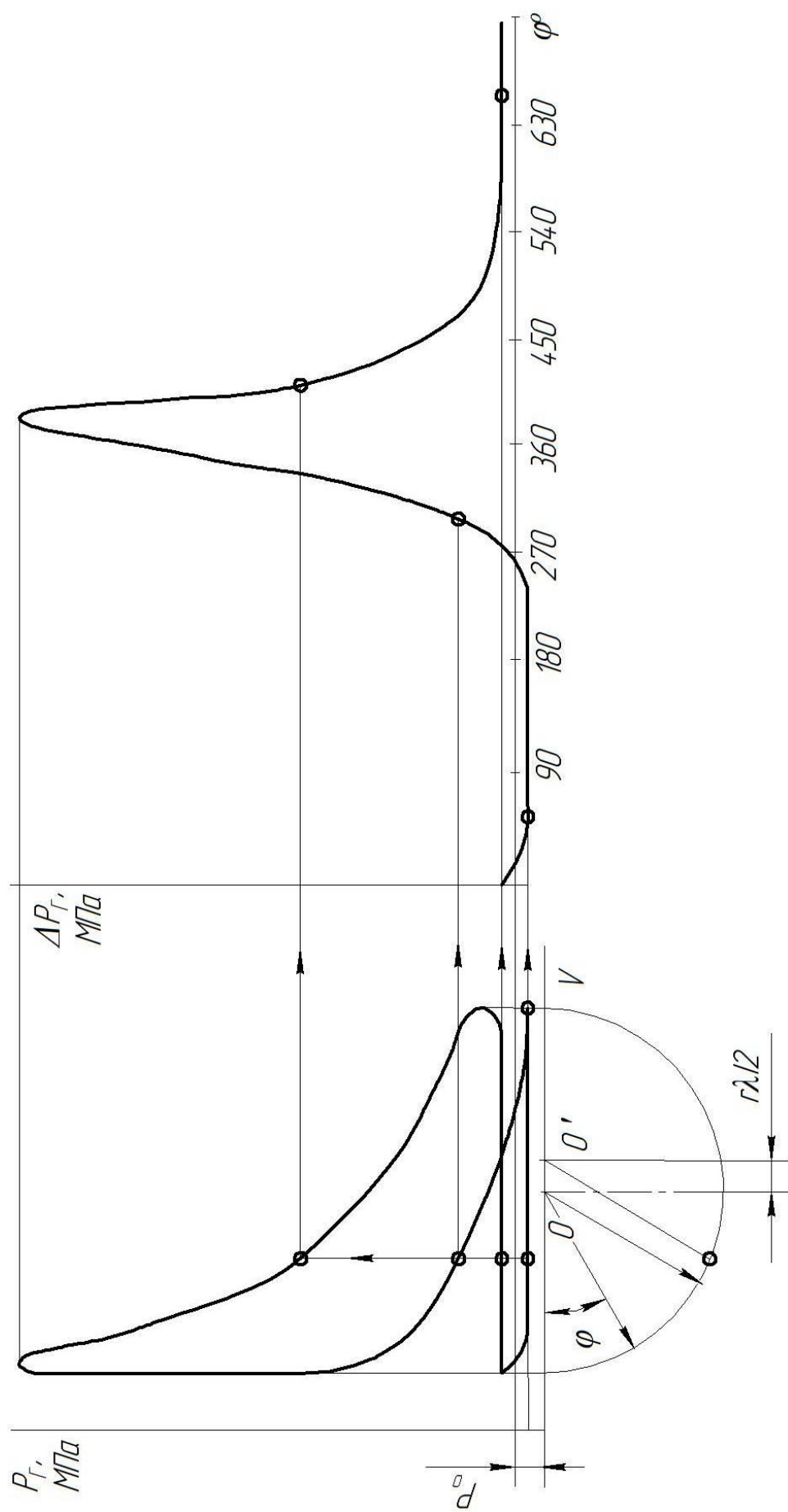


Рисунок 5 – Перестроение индикаторной диаграммы в координаты p_r - ϕ

Таблица 7 – Результаты динамического расчета

φ , град	P_{Γ} , МПа	ΔP_{Γ} , МПа	$\cos\varphi + \lambda \cos 2\varphi$	P_{Σ} , МПа	P_j , МПа	$\operatorname{tg} \beta$	P_N , МПа	$1/\cos \beta$	P_S , МПа	$\frac{\cos(\varphi+\beta)}{\cos \beta}$	P_K , МПа	$\frac{\sin(\varphi+\beta)}{\cos \beta}$	P_{Ta} , МПа	$M_{кр}$, Н	K_R , МПа	$P_{кш}$, МПа	$R_{шш}$, МПа
0	рис.5		табл.9			табл.1		табл.11		табл.12		табл.13					
30																	
60																	
90																	
120																	
150																	
180																	
210																	
240																	
270																	
300																	
330																	
360																	
370																	
390																	
420																	
450																	
480																	
510																	
540																	
570																	
600																	
630																	
660																	
690																	
720																	

3.1.2 Заносим значения избыточного давления ΔP_{Γ} газов над поршнем в табл. 7 с учетом принятого масштаба для P_{Γ} .

$$\Delta P_{\Gamma} = P_{\Gamma} - P_0, \text{ МПа.}$$

3.1.3 Определяем удельное значение силы инерции от возвратно-поступательного движения масс поршневой группы:

$$P_j = -m'_j \omega^2 R (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi) 10^{-6}, \text{ МПа.}$$

Здесь $m'_j = m'_{\Pi} + 0,275m'_{\text{ш}}$ - определяется по статистическим данным (табл. 8), $\omega = \pi n_{\text{ном}} / 30$, $R = S/2$ - заданы, значения тригонометрической функции с учетом λ приведены в табл. 9.

Таблица 8 – Удельные конструктивные массы кривошипно-шатунного механизма

Элементы кривошипно-шатунного механизма	Удельные конструктивные массы, кг/м ²	
	бензиновых двигателей с диаметром поршня D = (60...100) мм	дизелей с диаметром поршня D = (80...120) мм
Поршневая группа ($m'_{\Pi} = m_{\Pi} / F_{\Pi}$): поршень из алюминиевого сплава чугунный поршень	80...150 150...250	150...300 250...400
Шатун ($m'_{\text{ш}} = m_{\text{ш}} / F_{\Pi}$)	100...200	250...400
Неуравновешенные части одного колена вала без противовесов $m'_{\text{шш}} + 2m'_{\text{шпр}}$: стальной кованый вал со сплошными шейками чугунный литой вал с полыми шейками	150...200 100...200	200...400 150...300

Максимальное значение $P_{j\max}$ – для двигателей с искровым зажиганием $n_{\text{ном}} \leq 4000$ мин⁻¹ 1,4...1,8 МПа;
 $n_{\text{ном}} \geq 4000$ мин⁻¹ 1,6...2,4 МПа;
 - для дизелей при $n_{\text{ном}} \geq 2000$ мин⁻¹ 0,6...1,4 МПа.

Таблица 9 - Функция $(\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi)$

φ^0	Знак	Для значений λ											
		1/3,4	1/3,5	1/3,6	1/3,7	1/3,8	1/3,9	1/4,0	1/4,1	1/4,2	1/4,3	1/4,4	φ^0
0	+	1,294	1,286	1,278	1,270	1,263	1,256	1,250	1,244	1,238	1,233	1,227	360/720
10/370	+	1,261	1,253	1,246	1,239	1,232	1,226	1,220	1,214	1,208	1,203	1,198	350/710
20/380	+	1,165	1,159	1,152	1,147	1,141	1,136	1,131	1,126	1,122	1,118	1,114	340/700
30/390	+	1,013	1,009	1,005	1,001	0,998	0,994	0,991	0,988	0,985	0,982	0,980	330/690
40/400	+	0,818	0,816	0,814	0,813	0,812	0,811	0,809	0,808	0,807	0,806	0,805	320/680
50/410	+	0,592	0,593	0,594	0,596	0,597	0,598	0,599	0,600	0,601	0,602	0,603	310/670
60/420	+	0,353	0,357	0,361	0,365	0,368	0,372	0,375	0,378	0,381	0,384	0,386	300/660
70/430	+	0,117	0,123	0,129	0,135	0,140	0,146	0,150	0,155	0,160	0,164	0,168	290/650
80/440	-	0,103	0,095	0,087	0,080	0,074	0,067	0,061	0,055	0,050	0,045	0,040	280/640
90/450	-	0,294	0,286	0,278	0,270	0,263	0,256	0,250	0,244	0,238	0,233	0,227	270/630
100/460	-	0,450	0,442	0,435	0,428	0,421	0,415	0,409	0,403	0,397	0,392	0,387	260/620
110/470	-	0,567	0,561	0,555	0,549	0,544	0,538	0,533	0,529	0,524	0,520	0,516	250/610
120/480	-	0,647	0,643	0,639	0,635	0,633	0,628	0,625	0,622	0,619	0,616	0,614	240/600
130/490	-	0,694	0,692	0,691	0,690	0,688	0,687	0,686	0,685	0,684	0,683	0,682	230/590
140/500	-	0,715	0,716	0,718	0,719	0,720	0,721	0,723	0,724	0,725	0,726	0,726	220/580
150/510	-	0,719	0,723	0,727	0,731	0,734	0,738	0,741	0,744	0,747	0,650	0,752	210/570
160/520	-	0,714	0,721	0,727	0,733	0,738	0,743	0,748	0,753	0,757	0,762	0,766	200/560
170/530	-	0,708	0,716	0,724	0,731	0,737	0,744	0,750	0,756	0,761	0,766	0,771	190/550
180/540	-	0,706	0,714	0,722	0,730	0,737	0,744	0,750	0,756	0,762	0,767	0,773	180/540

3.1.4 Рассчитываем удельную суммарную силу, действующую вдоль оси цилиндра:

$$P_{\Sigma} = \Delta P_{\tilde{a}\varphi} + P_j, \text{ МПа.}$$

3.1.5 Определяем удельную суммарную силу, действующую на стенку цилиндра:

$$P_N = P_{\Sigma} \operatorname{tg} \beta, \text{ МПа. Здесь } D_{\Sigma} = \Delta D_{\tilde{a}\alpha} + D_j - \text{удельная суммарная сила, действующая на}$$

поршневой палец.

Величина $\operatorname{tg} \beta$ приведена в табл. 10.

Таблица 10 – Тригонометрическая функция $tg \beta$

φ^0	Знак	Для значений λ								Знак	φ^0
		0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31		
0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	–	360
10	+	0,042	0,043	0,045	0,047	0,049	0,050	0,052	0,054	–	350
20	+	0,082	0,086	0,089	0,093	0,096	0,100	0,103	0,106	–	340
30	+	0,121	0,126	0,131	0,136	0,141	0,146	0,151	0,156	–	330
40	+	0,156	0,162	0,169	0,176	0,182	0,189	0,196	0,202	–	320
50	+	0,186	0,194	0,202	0,210	0,218	0,226	0,234	0,243	–	310
60	+	0,211	0,220	0,230	0,239	0,248	0,257	0,267	0,276	–	300
70	+	0,230	0,240	0,250	0,260	0,270	0,280	0,291	0,301	–	290
80	+	0,241	0,252	0,263	0,273	0,284	0,295	0,306	0,316	–	280
90	+	0,245	0,256	0,267	0,278	0,289	0,300	0,311	0,322	–	270
100	+	0,241	0,252	0,263	0,273	0,284	0,295	0,306	0,316	–	260
110	+	0,230	0,240	0,250	0,260	0,270	0,280	0,291	0,301	–	250
120	+	0,211	0,220	0,230	0,239	0,248	0,257	0,267	0,276	–	240
130	+	0,186	0,194	0,202	0,210	0,218	0,226	0,234	0,243	–	230
140	+	0,156	0,162	0,169	0,176	0,182	0,189	0,196	0,202	–	220
150	+	0,121	0,126	0,131	0,136	0,141	0,146	0,151	0,156	–	210
160	+	0,082	0,086	0,089	0,093	0,096	0,100	0,103	0,106	–	200
170	+	0,042	0,043	0,045	0,047	0,049	0,050	0,052	0,054	–	190
180	+	0	0	0	0	0	0	0	0	–	180

3.1.6 Рассчитываем удельную суммарную силу, действующую вдоль шатуна:

$$P_s = \frac{P_\Sigma}{\cos \beta}, \text{ МПа.}$$

Тригонометрическая функция приведена в табл 11.

Таблица 11 - Тригонометрическая функция $1/\cos \beta$.

φ°	Знак	Для значений λ								Знак	φ°
		0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31		
0	+	1	1	1	1	1	1	1	1	+	360
10	+	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	+	350
20	+	1,003	1,004	1,004	1,004	1,005	1,005	1,005	1,006	+	340
30	+	1,007	1,008	1,009	1,009	1,010	1,011	1,011	1,012	+	330
40	+	1,012	1,013	1,014	1,015	1,016	1,018	1,019	1,020	+	320
50	+	1,017	1,019	1,020	1,022	1,024	1,025	1,027	1,029	+	310
60	+	1,022	1,024	1,026	1,028	1,030	1,032	1,035	1,037	+	300
70	+	1,026	1,028	1,031	1,033	1,036	1,039	1,041	1,044	+	290
80	+	1,029	1,031	1,034	1,037	1,040	1,043	1,046	1,049	+	280
90	+	1,030	1,032	1,035	1,038	1,041	1,044	1,047	1,050	+	270
100	+	1,029	1,031	1,034	1,037	1,040	1,043	1,046	1,049	+	260
110	+	1,026	1,028	1,031	1,033	1,036	1,039	1,041	1,044	+	250
120	+	1,022	1,024	1,026	1,028	1,030	1,032	1,035	1,037	+	240
130	+	1,017	1,017	1,019	1,022	1,024	1,025	1,027	1,029	+	230
140	+	1,012	1,013	1,014	1,015	1,016	1,018	1,019	1,020	+	220
150	+	1,007	1,008	1,009	1,009	1,010	1,011	1,011	1,012	+	210
160	+	1,003	1,004	1,004	1,004	1,005	1,005	1,005	1,006	+	200
170	+	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	+	190
180	+	1	1	1	1	1	1	1	1	+	180

3.1.7 Определяем удельную силу, действующую вдоль кривошипа:

$$P_K = P_\Sigma \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \text{ МПа.}$$

Тригонометрическая функция приведена в табл. 12.

Таблица 12 - Функция $(\cos(\varphi + \beta)/\cos \beta)$

φ^0	Знак	Для значений λ						Знак	φ^0
		1/3,4	1/3,6	1/3,8	1/4,0	1/4,2	1/4,2		
0	+	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	+	360
10	+	0,9759	0,9764	0,9769	0,9763	0,9776	0,9800	+	350
20	+	0,9051	0,9070	0,9086	0,9103	0,9118	0,9100	+	340
30	+	0,7917	0,7958	0,7997	0,8030	0,8061	0,8070	+	330
40	+	0,6427	0,6494	0,6557	0,6614	0,6665	0,6720	+	320
50	+	0,4656	0,4760	0,4852	0,4933	0,5006	0,5025	+	310
60	+	0,2719	0,2859	0,2973	0,3079	0,3175	0,3240	+	300
70	+	0,0718	0,0879	0,1022	0,1149	0,1261	0,1340	+	290
80	-	0,1214	0,1069	0,0906	0,0765	0,0640	0,0507	-	280
90	-	0,3077	0,2891	0,2728	0,2582	0,2453	0,2340	-	270
100	-	0,4717	0,4537	0,4379	0,4238	0,4113	0,4040	-	260
110	-	0,6123	0,5961	0,5819	0,5691	0,5578	0,5560	-	250
120	-	0,7281	0,7146	0,7027	0,6921	0,6825	0,6635	-	240
130	-	0,8199	0,8096	0,8004	0,7923	0,7850	0,7820	-	230
140	-	0,8894	0,8827	0,8764	0,8707	0,8655	0,8650	-	220
150	-	0,9404	0,9362	0,9324	0,9290	0,9259	0,9250	-	210
160	-	0,9743	0,9723	0,9706	0,9630	0,9676	0,9655	-	200
170	-	0,9937	0,9932	0,9928	0,9924	0,9924	0,9920	-	190
180	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	180

3.1.8 Рассчитываем удельную суммарную силу, действующую по касательной к кривошипу:

$$P_{\tau} = P_{\Sigma} \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \text{ МПа.}$$

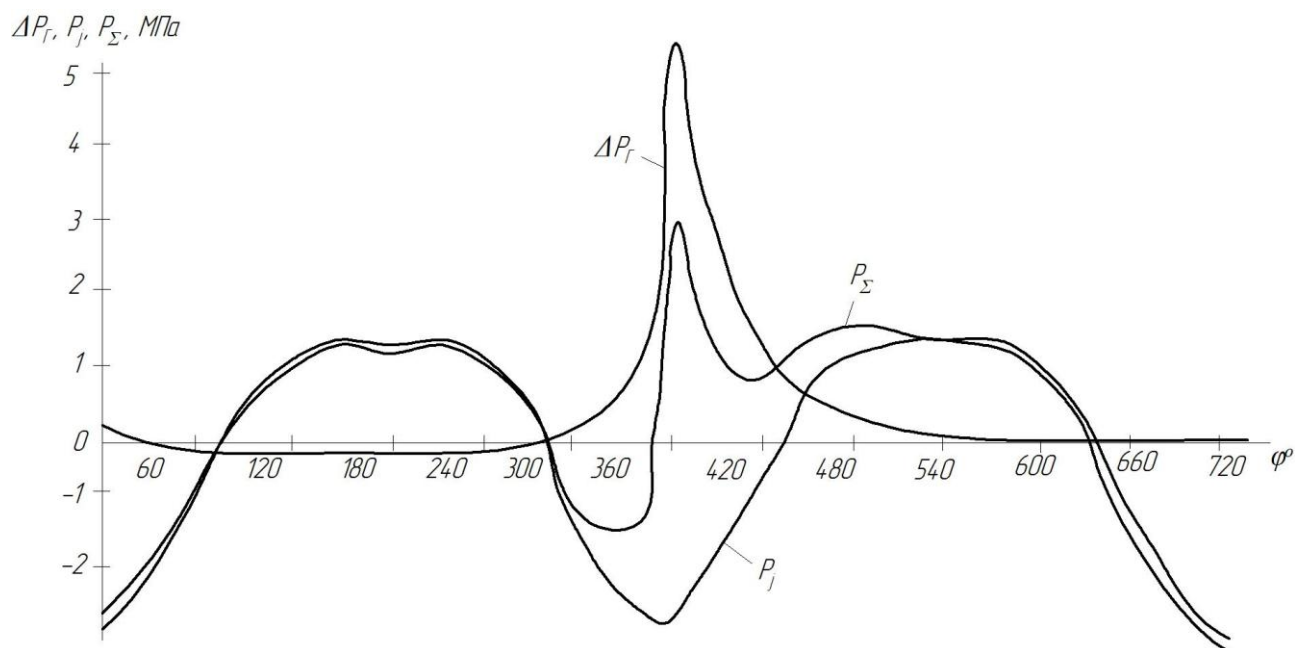


Рисунок 6 – Графики удельных сил ΔP_{τ} , P_j , P_{Σ}

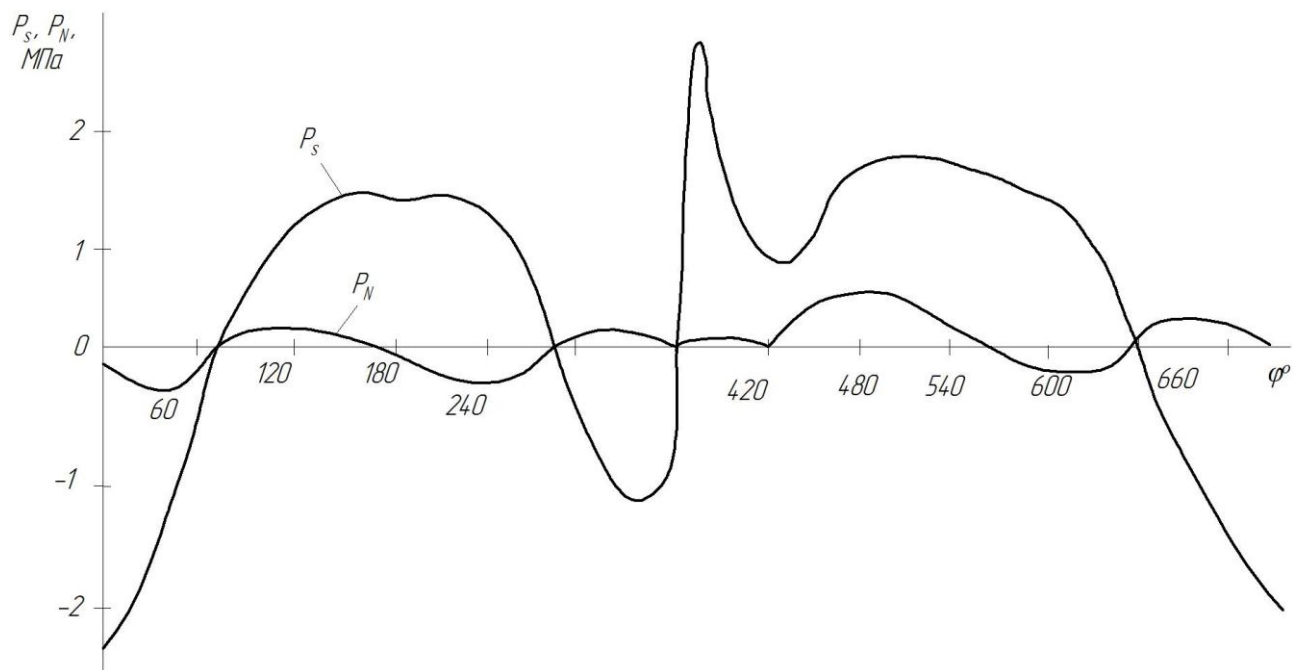


Рисунок 7 – Графики удельных сил P_S , P_N

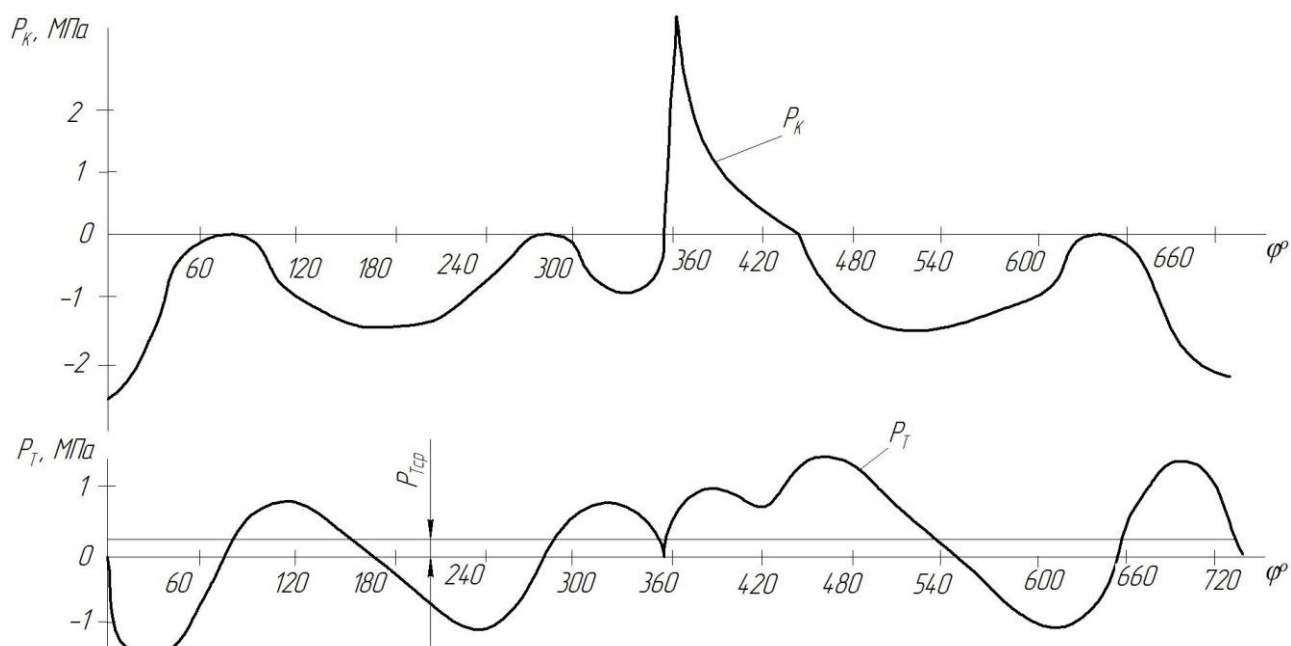


Рисунок 8 – Графики удельных сил P_K , P_T .

Здесь P_{Tcp} – средняя величина удельной касательной силы.

Величины тригонометрической функции приведены в табл. 13.

3.1.9 Определяем крутящий момент на коленчатом валу по формуле:

$$M_{кр} = P_T F_{II} R \cdot 10^6, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

(здесь $F_{II} = \pi D^2/4$, м^2 – площадь поршня).

3.1.10 Определяем крутящие моменты от i цилиндра и суммарный крутящий момент M_{Σ} , пользуясь табл. 14 - для четырехцилиндрового двигателя, табл. 15 - для восьмицилиндрового двигателя и представим графически (рис. 9).
Таблица 13 - Функция $(\sin(\varphi + \beta)/\cos \beta)$

φ^0	Знак	Для значений λ						Знак	φ^0
		1/3,4	1/3,6	1/3,8	1/4,0	1/4,2	1/4,2		
0	+	0	0	0	0	0	0	-	360
10	+	0,2240	0,2212	0,2187	0,2164	0,2144	0,2126	-	350
20	+	0,4370	0,4317	0,4269	0,4227	0,4187	0,4180	-	340
30	+	0,6288	0,6215	0,6150	0,6091	0,6083	0,6030	-	330
40	+	0,7903	0,7818	0,7743	0,7675	0,7614	0,7580	-	320
50	+	0,9147	0,9060	0,8983	0,8915	0,8854	0,8840	-	310
60	+	0,9977	0,9899	0,9831	0,9769	0,9714	0,9680	-	300
70	+	1,0381	1,0322	1,0270	1,0224	1,0182	1,0150	-	290
80	+	1,0374	1,0342	1,0314	1,0289	1,0267	1,0220	-	280
90	+	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	270
100	+	0,9323	0,9354	0,9382	0,9407	0,9429	0,9440	-	260
110	+	0,8413	0,8472	0,8524	0,8570	0,8611	0,8620	-	250
120	+	0,7343	0,7421	0,7490	0,7551	0,7607	0,7670	-	240
130	+	0,6174	0,6261	0,6337	0,6400	0,6476	0,6500	-	230
140	+	0,4953	0,5038	0,5183	0,5181	0,5242	0,5280	-	220
150	+	0,3713	0,3785	0,3851	0,3909	0,3962	0,3960	-	210
160	+	0,4270	0,4253	0,42571	0,42614	0,42653	0,42670	-	200
170	+	0,1233	0,1261	0,1286	0,1309	0,1329	0,1350	-	190
180	+	0	0	0	0	0	0	-	180

Таблица 14 - Результаты расчета суммарного крутящего момента четырехцилиндрового двигателя (порядок работы цилиндров 1342)

φ, град	Цилиндры								MΣ, H · m
	1		2		3		4		
	φ°	Mкр1, H · m	α°	Mкр2, H · m	α°	Mкр3, H · m	α°	Mкр4, H · m	
0	0		540		180		360		
30	30		570		210		390		
60	60		600		240		420		
90	90		630		270		450		
120	120		660		300		480		
150	150		690		330		510		
180	180		720		360		540		

Таблица 15 - Результаты расчета суммарного крутящего момента восьмицилиндрового двигателя (порядок работы цилиндров 15326478)

φ, град	Цилиндры															MΣ, Н·м	
	1		2		3		4		5		6		7		8		
	φ ^o	M _к рl, Н·м	φ ^o	M _к рl, Н·м	φ ^o	M _к рl, Н·м	φ ^o	M _к рl, Н·м	φ ^o	M _к рl, Н·м	φ ^o	M _к рl, Н·м	φ ^o	M _к рl, Н·м	φ ^o		M _{крl} , Н·м
0	0		27 0		18 0		45 0		90 0		36 0		540 0		63 0		
30	30		30 0		21 0		48 0		12 0		39 0		570 0		66 0		
60	60		33 0		24 0		51 0		15 0		42 0		600 0		69 0		
90	90		36 0		27 0		54 0		18 0		45 0		630 0		72 0		

Период изменения суммарного крутящего момента равен: $\theta = 720/i$.

$M_{\kappa p1}, M_{\kappa p2}, M_{\kappa p3}, M_{\Sigma}$, Н·м

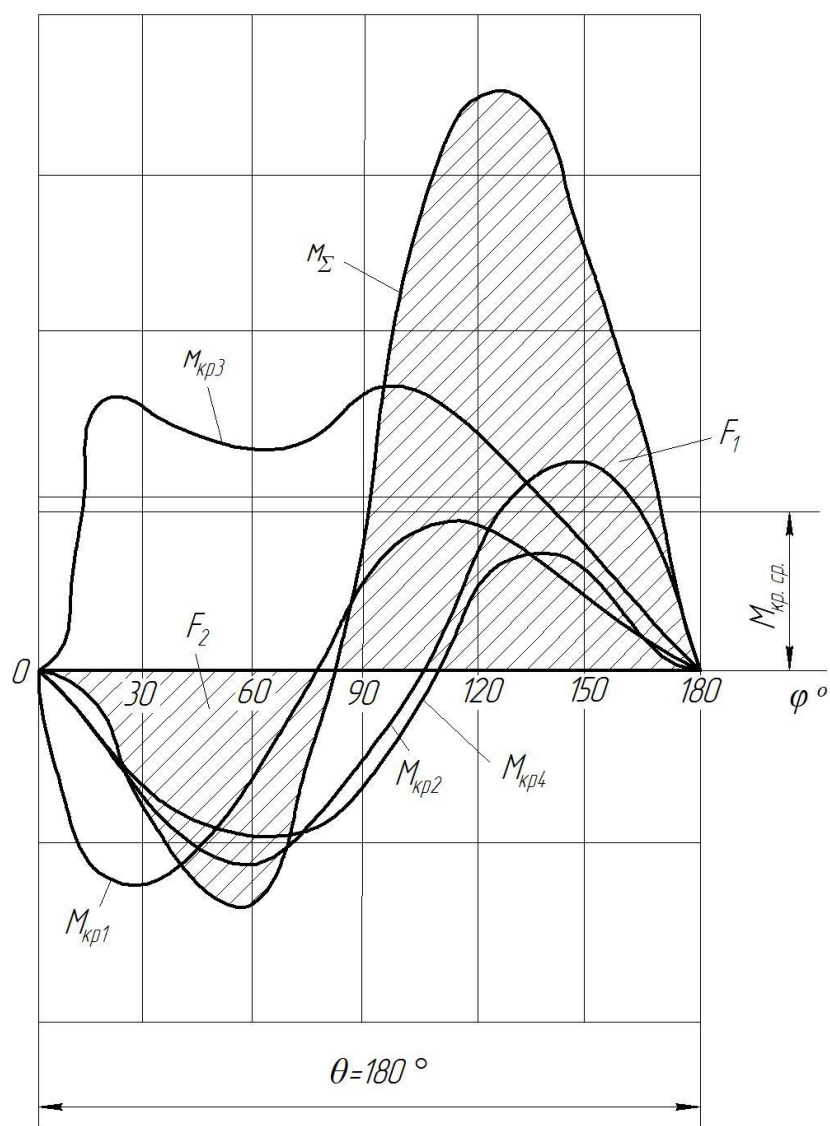


Рисунок 9 – Кривые крутящих моментов по каждому цилиндру и суммарного крутящего момента за период его изменения θ (для четырехцилиндрового двигателя)

3.1.11 После построения графиков сил и моментов по рис. 9 определяется средний индикаторный момент:

$$M_{\text{кр ср}} = \frac{\int_0^\theta M_\Sigma d\varphi}{\theta}, H \cdot м.$$

Приблизительно величина $M_{\text{кр ср}} = \frac{F_1 - F_2}{l_{\text{д}}} \mu, H \cdot м.$ Здесь F_1, F_2 – площади под

кривой (мм^2) суммарного крутящего момента (на рис. 9 они заштрихованы), расположенные над и под осью абсцисс соответственно; $l_{\text{д}}$ – длина абсциссы (мм), соответствующая периоду изменения суммарного крутящего момента; μ – масштаб крутящего момента по оси ординат, $H \cdot м/\text{мм}$.

3.1.12 Рассчитаем удельную центробежную силу инерции от вращающихся неуравновешенных масс, сосредоточенных на радиусе кривошипа:

$$K_R = -m'_R \omega^2 R \cdot 10^{-6}, \text{ МПа},$$

где $m'_R = 0,725m'_{\text{ш}} + m'_{\text{шш}} + 2m'_{\text{ш пр}}, m''_{\text{ш}}$ – из таблицы 8.

3.1.13 Рассчитаем силу, действующую на поверхность шатунной шейки:

$$R_{\text{шш}} = \sqrt{P_{\text{т}}^2 - (P_{\text{к}} - K'_R)^2}, \text{ МПа},$$

где $K'_R = 0,725m'_{\text{ш}} \omega^2 R$.

3.2 Построение развернутой диаграммы нагрузки на поверхность шатунной шейки

В табл. 7 рассчитана сила $R_{\text{шш}}$, действующая на поверхность шатунной шейки, в зависимости от угла поворота кривошипа. Строим ее диаграмму (рис. 10) и определяем ее среднее значение $R_{\text{шш ср}}$.

$R_{\text{шш}}, \text{ МПа}$

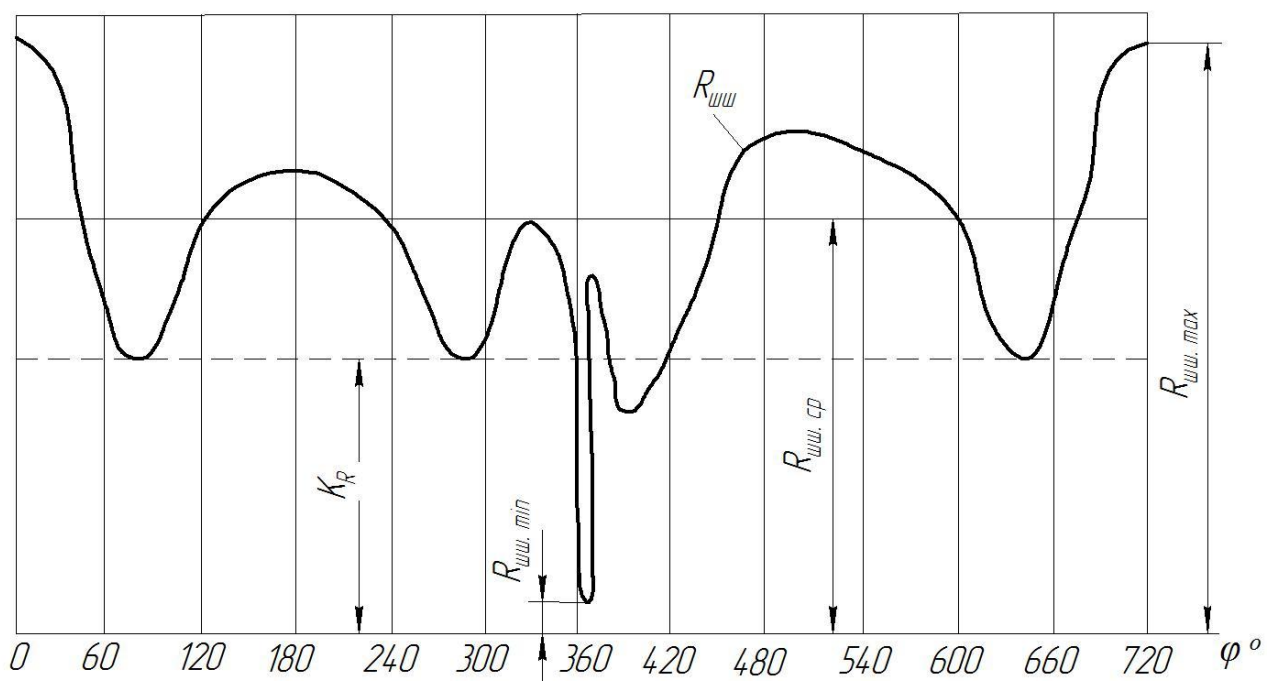


Рисунок 10 – Развернутая диаграмма сил, действующих на шатунную шейку $R_{шш}$

Среднее значение силы $R_{шш\text{ ср}}$ можно определить, подсчитав площадь (мм^2) между графиком $R_{шш}$ и осью абсцисс, разделив на длину диаграммы (мм). Полученная величина умножается на масштаб по оси ординат.

4 РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ КШМ ДВИГАТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ

В курсовой работе предусмотрен расчет на прочность четырех деталей: поршня, поршневого кольца, поршневого пальца и стержня шатуна. Все расчеты производятся на основе данных теплового и динамического расчетов. Размеры элементов рассчитываемых деталей выбирают по статистическим данным, представленным в табл. 16.

Таблица 16 – Размеры деталей шатунно - поршневой группы

№	Параметры	Обозначение	Бензиновый двигатель	Дизель
1	2	3	4	5
1	Относительная толщина днища поршня	$\bar{\delta} = \delta/D$	0,05...0,1	0,15...0,2
2	Относительная высота поршня	$\bar{H} = H/D$	0,8...1,3	1,3...1,7
3	Относительная высота верхней части поршня	$\bar{h}_1 = h/D$	0,45...0,75	0,6...1
4	Относительная высота юбки поршня	$\bar{h}_{ю} = h_{ю}/D$	0,6...0,8	0,8...1,1
5	Относительный диаметр бобышки	$\bar{d}_\delta = d_\delta/D$	0,3...0,5	0,3...0,5
6	Относительное расстояние между бобышками	$\bar{b} = b/D$	0,3...0,5	0,3...0,5
7	Толщина стенки юбки поршня	$\delta_{ю}, \text{мм}$	1,5...4,5	2...5
8	Относительная толщина стенки головки поршня	$\bar{s} = s/D$	0,05...0,1	0,05...0,1
9	Относительное расстояние до первой поршневой канавки	$\bar{e} = e/D$	0,06...0,12	0,11...0,2
10	Относительная толщина первой кольцевой перемычки	$\bar{h}_п = h_п/D$	0,03...0,05	0,04...0,045
11	Относительная радиальная толщина кольца: компрессионного маслосъемного	$\bar{t} = t/D$ $\bar{t} = t/D$	0,04...0,045 0,038...0,043	0,04...0,045 0,038...0,043
12	Высота кольца	$a, \text{мм}$	2...4	3...5
13	Относительная величина разности между величинами зазоров замка кольца в свободном и рабочем состоянии	A_0/t	2,5...4	3,2...4
14	Радиальный зазор кольца в канавке поршня: маслосъемного компрессионного	$\Delta t, \text{мм}$ $\Delta t, \text{мм}$	0,9...1,1 0,7...0,95	0,9...1,1 0,7...0,95

15	Относительный внутренний диаметр поршня	$\bar{d}_i = d_i/D$	$1 - 2(\bar{s} + \bar{t} + \Delta t/D)$	
16	Относительный диаметр поршня по дну канавки	$\bar{d}_k = d_k/D$	$1 - 2(\bar{t} + \Delta t/D)$	
17	Число масляных отверстий в поршне	n_M	6...12	6...12
18	Диаметр масляного канала, отнесенный к высоте кольца	d_M/a	0,3...0,5	0,3...0,5
19	Относительный наружный диаметр пальца	$\bar{d}_n = d_n/D$	0,22...0,28	0,3...0,38
20	Относительный внутренний диаметр пальца	$\bar{d}_b = d_b/d_n$	0,65...0,75	0,52...0,7
21	Относительная длина пальца: закрепленного плавающего	$\bar{l}_n = l/D$ $\bar{l}_n = l_n/D$	0,88...0,93 0,78...0,86	0,88...0,93 0,8...0,9
22	Относительная длина втулки поршневой головки шатуна: закрепленного пальца плавающего пальца	$\bar{l}_w = l_w/D$	0,28...0,32 0,33...0,45	0,28...0,32 0,33...0,45
23	Внутренний диаметр поршневой головки шатуна: без втулки с втулкой	d d	$d=d_n$ (1,1...1,25) d_n	$d=d_n$ (1,1...1,25) d_n
24	Наружный диаметр поршневой головки шатуна	d_r	(1,25...1,65) d_n	(1,3...1,7) d_n
25	Ширина шатуна в среднем сечении В – В (см. рис. 14)	h_w	(1,2...1,4) h_{wmin}	(1,2...1,4) h_{wmin}
26	Ширина шатуна в минимальном сечении	h_{wmin}	(0,5...0,55) d_r	(0,5...0,55) d_r
27	См. рис. 14	b_w	(0,5...0,6) l_w	(0,55...0,6) l_w
28	Длина поршневой головки шатуна: закрепленный палец плавающий палец	l_w	0,28...0,32) D (0,33...0,45) D	(0,28...0,32) D (0,33...0,45) D
29	См. рис. 14	$a_w=t_w$	(2,5...4) мм	(4...7,5) мм

4.1 Расчет поршня

4.1.1 Рассчитываем напряжение изгиба на днище поршня от газовой силы:

$$\sigma_{из} = P_{zmax} \left(\frac{d_i}{2\delta} \right)^2 = P_{zmax} \left(\frac{\bar{d}_i}{2\bar{\delta}} \right)^2, \text{ МПа,}$$

$$\overline{d_i} = 1 - 2 \left(\overline{s} + \overline{t} + \frac{\Delta t}{D} \right).$$


Допустимые напряжения. Если днище не имеет усиливающих ребер жесткости, то для алюминиевых поршней: $[\sigma_{из}] = 20 \dots 25$ МПа, для чугунных - $[\sigma_{из}] = 40 \dots 45$ МПа. Если днище поршня имеет ребра, то для алюминиевых поршней: $[\sigma_{из}] = 50 \dots 150$ МПа, для чугунных - $[\sigma_{из}] = 80 \dots 200$ МПа.

4.1.2 Рассчитываем напряжение сжатия от газовых сил в сечении x-x (рис. 11), ослабленном маслоотводящими отверстиями:

$$\sigma_{сж} = P_{z_{max}} \frac{\pi D^2}{4 F_{x-x}} = \frac{P_{z_{max}}}{\bar{F}_{x-x}}, \text{ МПа,}$$

где F_{x-x} – площадь расчетного сечения поршня с учетом ослабления его отверстиями для отвода масла:

$$\bar{F}_{x-x} = \frac{\frac{\pi}{4}(d_k^2 - d_i^2) - n_m F_{отв}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \left(\bar{d}_k^2 - \bar{d}_i^2 \right) - \frac{2}{\pi} n_m (\bar{d}_k - \bar{d}_i) \bar{d}_m,$$

где $F_{отв} = \frac{d_k - d_i}{2} d_m$ - площадь масляного канала;

$\bar{d}_k, \bar{d}_i, n_m$ - из табл. 16;

$$\bar{d}_m = \frac{d_m}{D}.$$

Следует обратить внимание, что в табл. 16 диаметр масляного отверстия представлен по отношению к высоте кольца « a ». Допустимые напряжения сжатия: для алюминиевых сплавов $[\sigma_{сж}] = 30 \dots 40$ МПа; для чугуна $[\sigma_{сж}] = 60 \dots 80$ МПа; для стали $[\sigma_{сж}] = 100 \dots 160$ МПа.

4.1.3 Рассчитываем напряжение разрыва в сечении x-x от максимальной инерционной силы (при $\varphi = 0$):

$$\sigma_p = -\frac{P_{j_{xx}}}{F_{x-x}} = -\frac{P_{j_{xx}} \frac{\pi D^2}{4}}{F_{x-x}} = -\frac{0,72 P_{j_{\varphi=0}}}{\bar{F}_{x-x}}, \text{ МПа,}$$

где $P_{j_{xx}}$ - сила инерции от масс поршневой группы, расположенной выше сечения x-x:

$$P_j = -m'_{xx} \omega_{max}^2 R(1 + \lambda), \text{ МПа.}$$

Учитывая статистические данные табл. 8, а также соотношения $m'_{xx} = 0,5 m'_{п}$, $\omega_{max} = 1,2 \omega_{ном}$, получим $P_{j_{xx}} = 0,72 P_{j_{\varphi=0}}, P_{j_{\varphi=0}}$ - в табл. 7; $\bar{F}_{x-x}$ - рассчитано в п. 4.1.2.

Допустимые напряжения на разрыв: для алюминиевых сплавов $[\sigma_p] = 4 \dots 10$ МПа; для чугуна $[\sigma_p] = 8 \dots 10$ МПа.

4.1.4 Напряжение в верхней кольцевой перемычке
- напряжение среза:

$$\tau = 0,0314 P_{z_{\max}} \frac{D}{h_i} = 0,0314 P_{z_{\max}} \frac{1}{\overline{h_i}}, \text{ МПа};$$

-напряжение изгиба:

$$\sigma_{\text{из}} = 0,0045 P_{z_{\max}} \left(\frac{D}{h_{\Pi}} \right)^2 = 0,0045 P_{z_{\max}} \left(\frac{1}{\overline{h_{\Pi}}} \right)^2, \text{ МПа}.$$

Сложное напряжение по третьей теории прочности:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\text{из}}^2 + 4\tau^2} = P_{z_{\max}} \sqrt{\left(\frac{0,0045}{\overline{h_{\Pi}^2}} \right)^4 + 4 \left(\frac{0,0314}{\overline{h_{\Pi}}} \right)^2}, \text{ МПа}.$$

Допустимые напряжения: для алюминиевых сплавов $[\sigma_{\Sigma}] = 30 \dots 40$ МПа; для чугуна $[\sigma_{\Sigma}] = 60 \dots 80$ МПа.

4.1.5 Удельное давление поршня, отнесенное к высоте юбки поршня:

$$q_1 = \frac{N_{\max}}{h_{\text{ю}}} = 0,785 \frac{P_{N_{\max}}}{\overline{h_{\text{ю}}}}, \text{ МПа}.$$

Удельное давление поршня, отнесенное ко всей высоте поршня:

$$q_2 = \frac{N_{\max}}{H/D} = 0,785 \frac{P_{N_{\max}}}{\overline{H_{\text{ю}}}}, \text{ МПа}, P_{N_{\max}} - \text{ из табл. 7}.$$

Для известных конструкций двигателей величины q_1 и q_2 находятся в пределах: $q_1 = 0,33 \dots 0,96$ МПа, $q_2 = 0,22 \dots 0,42$ МПа.

4.2 Расчет поршневого кольца

4.2.1 Рассчитываем среднее давление на стенку цилиндра:

$$P_{\text{ср}} = 0,152 E \frac{\frac{A_0}{t}}{\left(\frac{D}{t} - 1 \right)^3 \frac{D}{t}} = 0,152 E \frac{\frac{A_0}{t}}{\left(\frac{1}{\overline{t}} - 1 \right)^3 \frac{1}{\overline{t}}}, \text{ МПа}.$$

Здесь E – модуль упругости: для серого чугуна $E = 1 \cdot 10^5$ МПа, для легированного чугуна $E = 1,2 \cdot 10^5$ МПа, для стали $E = (2 \dots 2,3) \cdot 10^5$ МПа, $\frac{A_0}{t}$ и $\overline{t}$ из табл. 16.

Среднее радиальное давление для колец: компрессионных $P_{\text{ср}} = 0,11 \dots 0,37$ МПа; маслосъемных $P_{\text{ср}} = 0,2 \dots 0,4$ МПа.

4.2.2 Рассчитываем эпюру давления кольца в различных точках окружности:

$$P_{\psi} = P_{\text{ср}} \mu_{\text{к}}, \text{ МПа},$$

где $\mu_{\text{к}}$ - коэффициент для различных углов ψ по окружности кольца.

Результаты расчета сводятся в табл. 17.

Таблица 17 – Результаты расчета эпюры удельного давления кольца

ψ , град	0	30	60	90	120	150	180
μ_k	1,06	1,06	1,14	0,90	0,46	0,67	2,85
P_ψ , МПа							

По данным табл. 17 строим эпюру давлений кольца на стенку цилиндра (рис. 12).

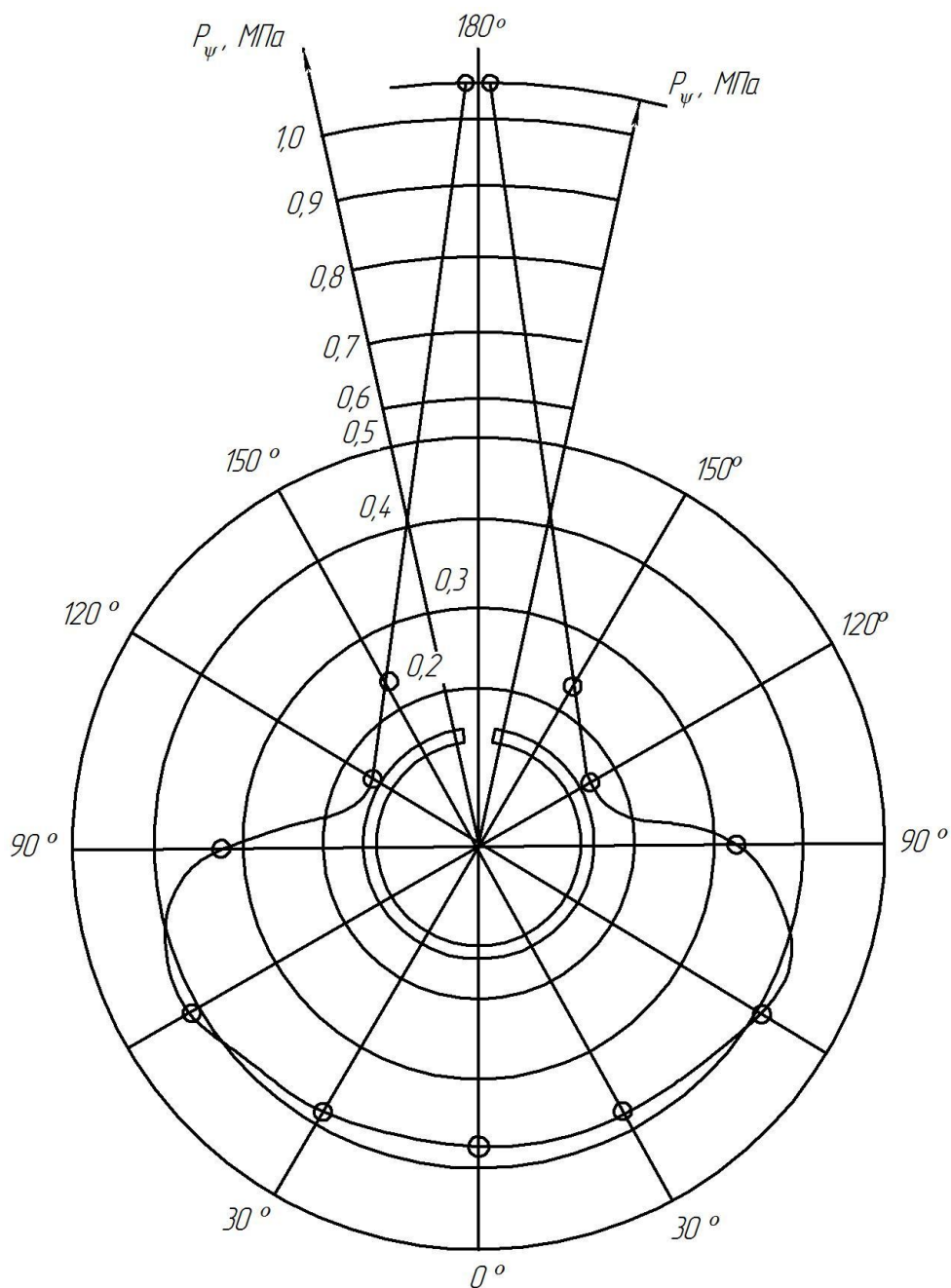


Рисунок 12 – Эпюра давления кольца на стенку цилиндра

4.2.3 Рассчитываем напряжение изгиба кольца в рабочем состоянии:

$$\sigma_{из_1} = 2,61P_{cp} \left(\frac{D}{t} - 1 \right)^2 = 2,61P_{cp} \left(\frac{1}{\frac{t}{D}} - 1 \right)^2, \text{ МПа.}$$

4.2.4 Рассчитываем напряжение изгиба при надевании кольца на поршень:

$$\sigma_{из2} = \frac{4E \left(1 - 0,144 \frac{A_0}{t} \right)}{m \left(\frac{1}{t} - 1,4 \right) \frac{1}{t}}, \text{ МПа},$$

где $m = 1,57$ – экспериментальный коэффициент, зависящий от способа надевания кольца.
Допустимое напряжение $[\sigma_{из}] = 220 \dots 450$ МПа.

4.3 Расчет поршневого пальца

4.3.1 Рассчитываем удельное давление пальца на втулку верхней головки шатуна:

$$q_{пп} = \frac{P_{зп} \frac{\pi D^2}{4}}{l_{ш} d_{п}} = 0,785 \frac{P_{зп}}{\bar{l}_{ш} \bar{d}_{п}}, \text{ МПа}.$$

Здесь $l_{ш}$ и $d_{п}$ из табл. 16.

$$P_{зп} = P_z + k P_{j\varphi=360}, \text{ МПа},$$

где P_z и $P_{j\varphi=360}$ – из табл. 16;

k – коэффициент, учитывающий уменьшение инерционной силы за счет вычета массы поршневого пальца;

$k = (0,76 \dots 0,86)$ для карбюраторных двигателей;

$k = (0,68 \dots 0,81)$ для дизелей.

Для современных автомобильных двигателей $q_{пп} = 20 \dots 60$ МПа.

4.3.2 Рассчитываем удельное давление пальца на бобышку:

$$q_6 = \frac{P_{зп} \frac{\pi D^2}{4}}{d_{п} (l_{п} - b)} = 0,785 \frac{P_{зп}}{\bar{d}_{п} (\bar{l}_{п} - \bar{b})}, \text{ МПа}.$$

Здесь $\bar{d}_{п}$, $\bar{l}_{п}$ и $\bar{b}$ из табл. 16.

Для современных автомобильных двигателей $q_6 = 15 \dots 50$ МПа.

4.3.3 Напряжение от изгиба поршневого пальца:

$$\sigma_{из} = \frac{P_{зп} \frac{\pi D^2}{4} (l_{п} + 2b - 1,5l_{ш})}{1,2(1 - \alpha^4) d_{п}^3} = 0,654 \frac{P_{зп} (\bar{l}_{п} + 2\bar{b} - 1,5\bar{l}_{ш})}{(1 - \alpha^4) \bar{d}_{п}^3}, \text{ МПа}.$$

где $\alpha = d_{в} / d_{п}$ – отношение внутреннего диаметра пальца к наружному (из табл. 16).

4.3.4 Рассчитываем касательные напряжения от среза пальца в сечениях, расположенных между бобышками и головкой шатуна (см. рис. 12):

$$\tau = 0,85 \frac{P_{\text{зп}} \frac{\pi D^2}{4} (1 + \alpha + \alpha^2)}{(1 - \alpha^4) d_{\text{п}}^2} = 0,667 \frac{P_{\text{зп}} (1 + \alpha + \alpha^2)}{(1 - \alpha^4) \bar{d}_{\text{п}}^{-2}}, \text{ МПа.}$$

Для поршневых пальцев современных автомобильных двигателей, изготовленных из легированных сталей 15X, 15XA, 12XH3A, 18X2H4MA, $[\tau] = 60 \dots 250$ МПа, $[\sigma_{\text{из}}] = 100 \dots 250$ МПа.

4.3.5 Рассчитываем увеличение горизонтального диаметра пальца в его средней части (овализации пальца).

$$\Delta_{\text{п}_{\text{max}}} = \frac{1,35}{E} \frac{P_{\text{зп}} \frac{\pi D^2}{4}}{l_{\text{п}}} \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^3 \left[0,1 - (\alpha - 0,4)^3 \right], \text{ мм;}$$

$$\Delta_{\text{п}_{\text{max}}} = \frac{1,06}{E} \frac{P_{\text{зп}}}{\bar{l}_{\text{п}}} \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right)^3 \left[0,1 - (\alpha - 0,4)^3 \right] D, \text{ мм.}$$

Здесь $E = (2 \dots 2,3) \cdot 10^5$ МПа; D - диаметр поршня в мм.

Значение $\Delta_{\text{п}_{\text{max}}}$ не должно быть больше $0,02 \dots 0,05$ мм.

На основании результатов расчета необходимо дать заключение о прочности элементов поршневой группы.

4.4 Расчет стержня шатуна

4.4.1 Рассчитываем напряжение сжатия в сечении В-В (рис. 13) от сжимающей силы $P_{сж.}$.
С учетом потери устойчивости в плоскости качания шатуна:

$$\sigma_{\max_x} = k_x \frac{P_{\tilde{n}\tilde{e}}}{F_{\tilde{n}\tilde{o}}} = k_x P_{\Sigma \max} \frac{F_i}{F_{\tilde{n}\tilde{o}}} = k_x P_{\Sigma \max} \frac{1}{F_{с\tilde{o}}}, \text{ Н/мм}^2$$

где $P_{\Sigma \max}$ - суммарная сила (из табл. 7):

$$F_{ср} = h_{ш} b_{ш} - (b_{ш} - a_{ш})(h_{ш} - 2t_{ш}), \text{ м}^2;$$

$$\overline{F}_{\tilde{n}\tilde{o}} = \frac{F_{\tilde{n}\tilde{o}}}{\frac{\pi D^2}{4}};$$

k_x – коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба шатуна в плоскости качания шатуна.

Для современных автомобильных двигателей $k_x = 1,1 \div 1,15$.

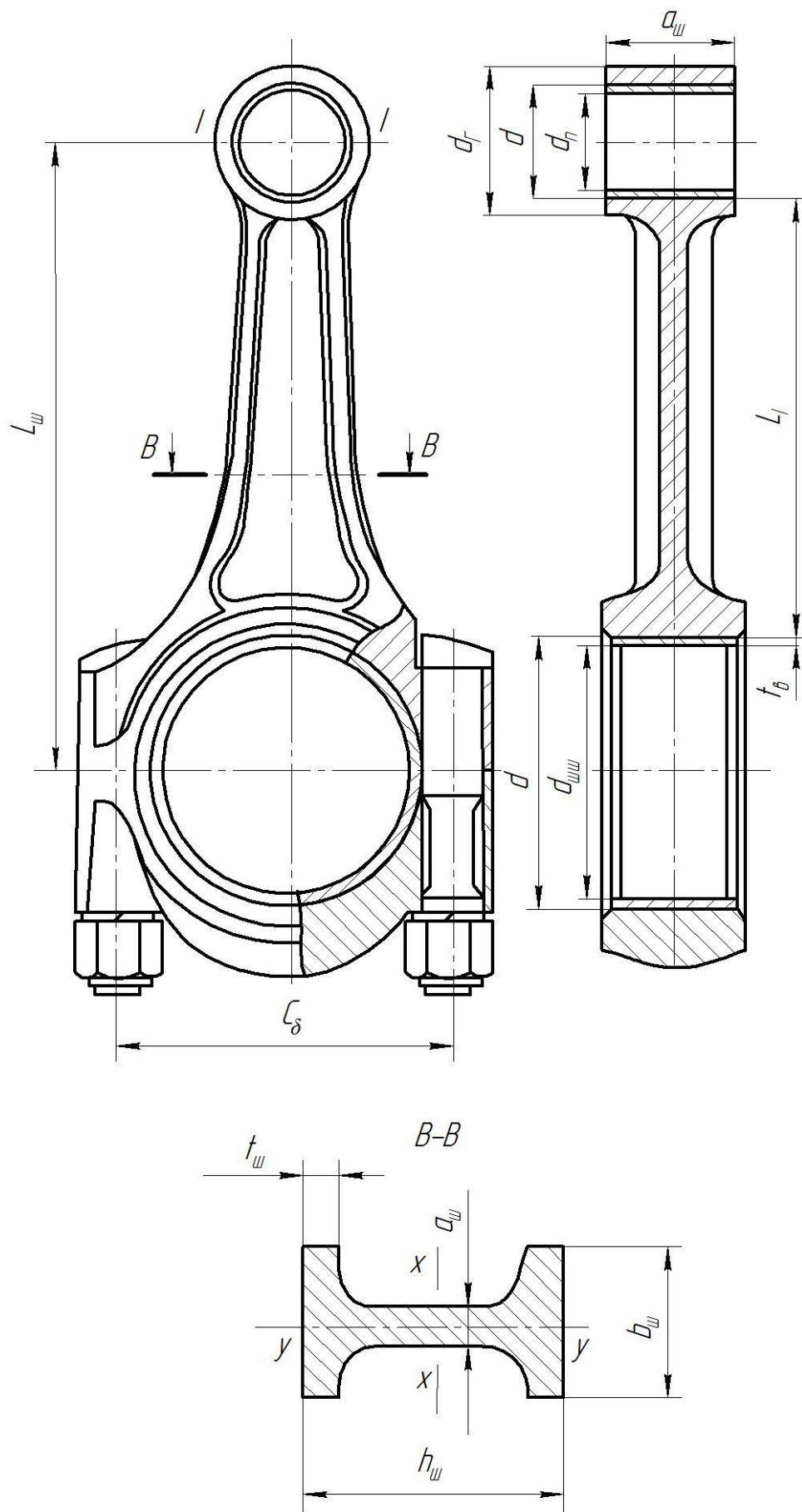


Рисунок 13 – Расчетная схема шатуна

4.4.2 Рассчитываем напряжение сжатия в сечении В-В от сжимающей силы $P_{сж}$ в плоскости, перпендикулярной плоскости качания шатуна:

$$\sigma_{\max_y} = k_y \frac{P_{сж}}{F_{ср}} = k_y P_{\Sigma \max} \frac{F_{п}}{F_{ср}} = k_y P_{\Sigma \max} \frac{1}{F_{ср}}, \text{ МПа.}$$

Для современных автомобильных двигателей $k_y = 1,08 \div 1,1$.

4.4.3 Рассчитываем напряжение от действия растягивающей силы:

$$\sigma_{\min} = \frac{P_p \frac{\pi D^2}{4}}{F_{\tilde{\text{н}}\tilde{\text{д}}}} = P_{\Sigma \varphi=0} \frac{1}{F_{\tilde{\text{н}}\tilde{\text{д}}}}, \text{ МПа.}$$

$P_{\Sigma \varphi=0}$ из табл. 7.

4.4.4 Рассчитываем средние значения напряжения цикла:

- в плоскости качания шатуна:

$$\sigma_{\text{mx}} = \frac{\sigma_{\max_x} + \sigma_{\min}}{2}, \text{ МПа;}$$

- в плоскости, перпендикулярной плоскости качания шатуна:

$$\sigma_{\text{mó}} = \frac{\sigma_{\max_{\delta}} + \sigma_{\min}}{2}, \text{ МПа.}$$

4.4.5 Рассчитываем амплитуды напряжений цикла:

- в плоскости качания шатуна:

$$\sigma_{\text{ax}} = \frac{\sigma_{\max_{\delta}} - \sigma_{\min}}{2}, \text{ МПа;}$$

- в плоскости, перпендикулярной плоскости качания шатуна:

$$\sigma_{\text{aó}} = \frac{\sigma_{\max_{\delta}} - \sigma_{\min}}{2}, \text{ МПа.}$$

4.4.6 Рассчитываем амплитуды цикла с учетом концентраций напряжений в зависимости от размера и способа обработки поверхности детали:

- в плоскости качания шатуна

$$\sigma_{\text{akx}} = \sigma_{\text{ax}} \frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\text{м}} \varepsilon_{\text{п}}}, \text{ МПа;}$$

- в плоскости, перпендикулярной плоскости качания шатуна

$$\sigma_{\text{aky}} = \sigma_{\text{ay}} \frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\text{м}} \varepsilon_{\text{п}}}, \text{ МПа.}$$

Здесь $k_{\sigma} = 1,2 + 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot (\sigma_{\text{в}} - 400)$ – коэффициент концентрации напряжений; $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности материала шатуна; $\varepsilon_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий абсолютные размеры детали; $\varepsilon_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий способ обработки поверхности детали. $\sigma_{\text{в}}$, $\varepsilon_{\text{м}}$, $\varepsilon_{\text{п}}$ – определяются по табл. 18, 19, 20, 21. Коэффициент $\varepsilon_{\text{м}}$ выбираем: в плоскости качания – по $h_{\text{ш}}$,

в плоскости, перпендикулярной плоскости качания – по $\sigma_{ш}$. Материал шатуна бензиновых двигателей – 40Х, 40ХН, 45Г2; дизельных двигателей – 18Х2Н4МА, 40Х2Н2МА. Для стержня шатуна рекомендуется дробеструйная обработка.

4.4.7 Определяем запас прочности шатуна по пределу усталости:

- в плоскости качания шатуна:

$$n_{\sigma x} = \frac{\sigma_{-1p}}{\sigma_{akx} + \alpha_{\sigma} \sigma_{mx}},$$

- в плоскости, перпендикулярной плоскости качания шатуна:

$$n_{\sigma y} = \frac{\sigma_{-1p}}{\sigma_{aky} + \alpha_{\sigma} \sigma_{my}}.$$

Здесь α_{σ} - коэффициент приведения асимметрического цикла к равноопасному симметричному (табл. 22), $\sigma_{-1\delta}$ - предел выносливости материала (табл. 18, 19).

Для шатунов автомобильных двигателей значения $n_{\sigma x}$ и $n_{\sigma y}$ не должны превышать 1,5.

Таблица 18 – Механические свойства углеродистых сталей

№	Марка стали	σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_{-1} , МПа	σ_{-1p} , МПа	τ_T , МПа	τ_{-1} , МПа
1	10	320...420	180	160	120...150	140	80...120
2	15	352...450	200	170	120...160	140	85...130
3	20	400...500	240	170...220	120...160	160	100...130
4	20Г	480...580	480	250	180	170	90
5	25	430...550	240	190	-	-	-
6	30	480...600	280	200...270	170...210	170	110...140
7	35	520...650	300	220...300	170...220	190	130...180
8	35Г2	680...830	370	260	190	240	160
9	40	570...700	310...400	230...320	180...240	-	140...190
10	40Г	640...760	360	250	180	210	150
11	45	600...750	340	250...340	190...250	220	150...200
12	45Г2	700...920	420	310...400	210	260	180...220
13	50	630...800	350	270...350	200...260	-	160...210
14	50Г	650...850	370	290...360	-	-	-
15	60Г	670...870	340	250...320	210	250	170
16	65	750...1000	380	270...360	220...260	260	170...120
17	65Г	820...920	400	300	220	260	180

Таблица 19 – Механические свойства легированных сталей

№	Марка стали	σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_{-1} , МПа	σ_{-1p} , МПа	σ_T , МПа	τ_{-1} , МПа
1	20Х	650...850	400...600	310...380	230	260	230
2	30Х	700...900	600...800	360	260	420	220
3	30ХМА	950	750	470	-	-	-
4	35Х	950	750	-	-	-	-
5	35ХМА	950	800	-	-	-	-
6	38ХА	950	800	-	-	-	-
7	40Х	750...1050	650...950	320...480	240...340	-	210...260
8	40ХН	1000...1450	800...1300	460...600	320...240	390	240

9	45X	850...1050	700...1100	420...640	270...320	400	220...300
10	50XH	1100	850	550	-	-	-
11	12XH3A	950...1400	700...1100	420...640	270...320	400	220...300
12	18X2H4MA	1100	850	-	-	-	-
13	18XHBA	1150...1400	850...1200	540...620	360...400	550	300...360
14	25XHMA	1150	-	-	-	-	-
15	20XH3A	950...1450	850...1100	430...650	310	-	240...310
16	25XHBA	1100...1150	950...1050	460...540	310...360	600	280...310
17	30XГСА	1100	850	510...540	500...530	-	220...245
18	37XH3A	1150...1600	1000...1400	520...700	-	-	320...400
19	40X2H2MA	1150...1700	850...1600	550...700	-	700	300...400

Таблица 20 – Значения коэффициентов $\varepsilon_{\text{по}}$ и $\varepsilon_{\text{пт}}$ для различных состояний поверхности

Вид обработки поверхности упрочнения	$\varepsilon_{\text{по}} \sim \varepsilon_{\text{пт}}$
Полирование без поверхностного упрочнения	1,0
Шлифование	0,97...0,85
Чистовое обтачивание	0,94...0,80
Грубое обтачивание	0,88...0,60
Без обработки и без поверхностного упрочнения	0,76...0,50
Обдувка дробью	1,1...2,0
Обкатка роликом	1,2...2,2
Цементация	1,2...2,5
Закалка	1,2...2,8
Азотирование	1,2...3,0

Примечание. При поверхностном упрочнении детали вид предварительной механической обработки не влияет на величину $\varepsilon_{\text{по}}$ и $\varepsilon_{\text{пт}}$. С увеличением коэффициента концентрации k_{σ} и с уменьшением размеров детали значения $\varepsilon_{\text{по}}$ и $\varepsilon_{\text{пт}}$ увеличиваются.

Таблица 21 – Значения масштабных коэффициентов $\varepsilon_{\text{мс}}$ и $\varepsilon_{\text{мт}}$ для деталей с различными размерами, изготовленных из конструкционных сталей

Размер детали, мм		10	10...15	15...20	20...30	30...40	40...50	50...100	100...200
Масштабный коэффициент	$\varepsilon_{\text{мс}}$	1,0	1,0...0,95	0,95...0,90	0,90...0,85	0,85...0,80	0,80...0,75	0,75...0,65	0,65...0,55
	$\varepsilon_{\text{мт}}$	1,0	1...0,94	0,94...0,88	0,88...0,83	0,83...0,78	0,76...0,72	0,72...0,60	0,60...0,50

Таблица 22 – Коэффициенты приведения асимметричного цикла к равноопасному симметричному для сталей с различными пределами прочности

№	Предел прочности $\sigma_{\text{в}}$, МПа	Изгиб α_{σ}	Растяжение – сжатие α_{σ}	Кручение α_{τ}
1	350-400	0,06-0,10	0,06-0,08	0
2	450-600	0,08-0,13	0,07-0,10	0
3	600-800	0,12-0,18	0,9-0,14	0-0,08
4	800-1000	0,16-0,22	0,12-0,17	0,06-0,10
5	1000-1200	0,20-0,24	0,16-0,20	0,8-0,16
6	1200-1400	0,22-0,25	0,16-0,23	0,10-0,18
7	1400-1600	0,25-0,30	0,23-0,25	0,16-0,20

5 РАСЧЕТ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЯ

5.1 Расчет системы смазки

На рис. 14 представлена принципиальная схема системы смазки двигателя, по которой необходимо ознакомиться с ее основными элементами и их назначением. В пояснительной записке следует привести схему системы смазки двигателя-прототипа. Затем произвести расчет циркуляционного расхода масла и мощности, затрачиваемой на привод масляного насоса.

5.1.1 Рассчитываем количество тепла, отводимого от двигателя маслом, учитывая, что в современных автомобильных и тракторных двигателях маслом отводится 1,5...3 % от общего количества теплоты, введенной двигатель с топливом:

$$Q_i = (0,015...0,03) G_o H_i, \text{ кДж/с.}$$

5.1.2 Рассчитываем циркуляционный расход масла. Массовый циркуляционный расход масла:

$$G_M = \frac{Q_M}{c_M \Delta T_M}, \text{ кг/с,}$$

где c_M – удельная теплоемкость масла ($c_M = 2,094 \text{ кДж} / \text{кг} \cdot \text{K}$);

ΔT_M – перепад температуры масла на выходе и входе в систему смазки двигателя ($\Delta T = 5...8 \text{ град.}$).

5.1.3 Рассчитываем стабилизационный расход масла:

$$G_i' = 2G_i, \text{ кг/с.}$$

5.1.4 Определяем расчетную производительность насоса с учетом утечек масла через радиальные и торцевые зазоры:

$$G_p = \frac{2G_i}{\eta_i}, \text{ кг/с.}$$

Здесь $\eta_n = (0,6...0,8)$ - КПД насоса.

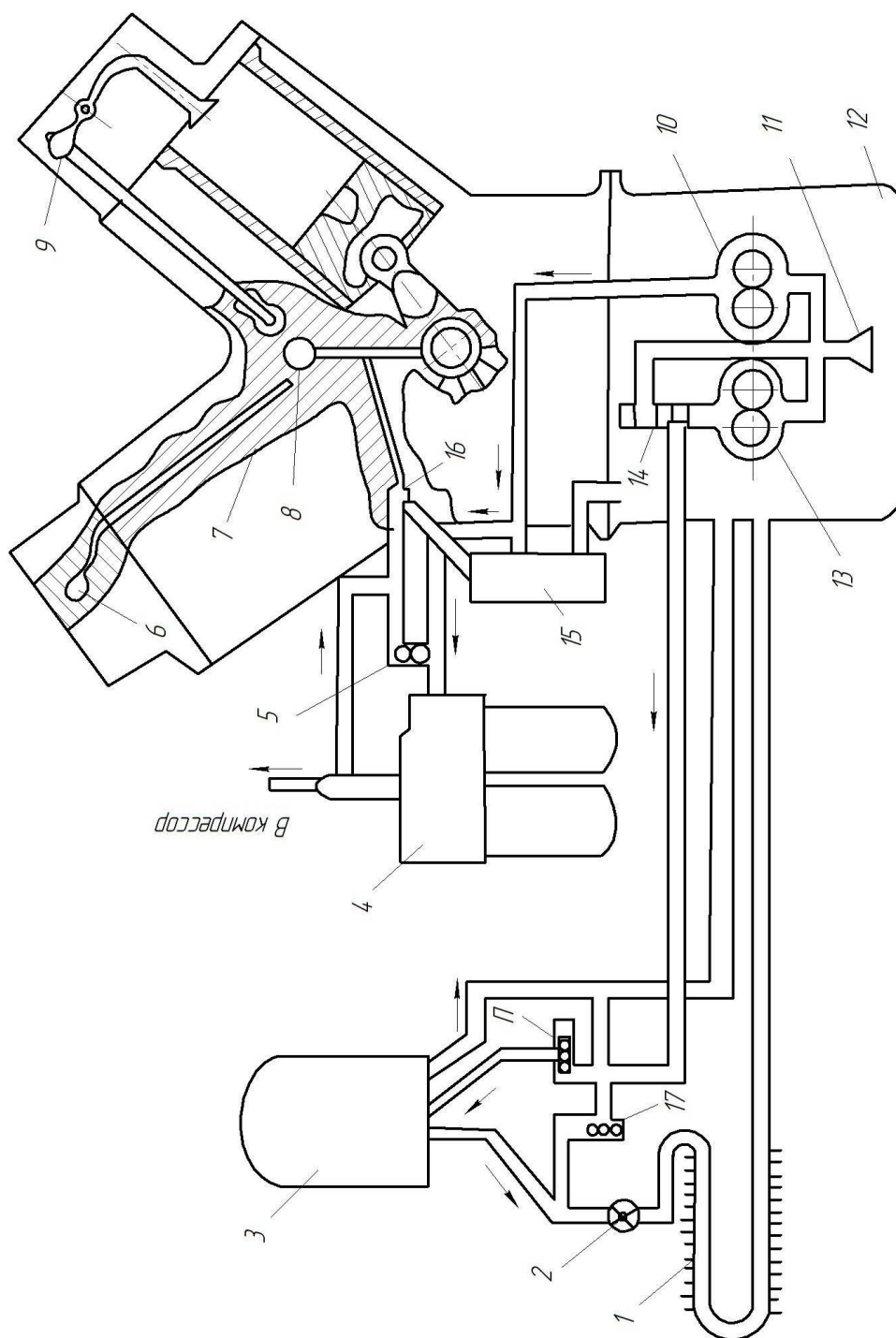


Рисунок 14 - Принципиальная схема системы смазки двигателя: 1- масляный радиатор; 2 – кран; 3 – центрифуга; 4 – масляный фильтр; 5 – передаточный клапан, 6 – ось коромысел; 7 – канал для смазки толкателя; 8 – распределительный вал; 9 – втулки коромысел; 10 – рабочая секция масляного насоса; 11 – приемник; 12 – масляный картер; 13 – радиаторная секция масляного насоса; 14 – редукционный клапан; 15 – дифференциальный редукционный клапан; 16 – главная магистраль; 17 – предохранительные клапаны

4.1.5 Рассчитываем мощность, затрачиваемую на привод масляного насоса:

$$N_{\text{мн}} = G_p H_m \frac{1}{\eta_{\text{мех}}} = G_p \frac{(P_2 - P_1)}{\rho_m} \frac{1}{\eta_{\text{мех}}} = V_p \frac{P_m}{\eta_{\text{мех}}} 10^3, \text{ кВт},$$

где $H_m = (P_2 - P_1)/\rho_m$ - напор в масляном насосе.

Избыточное давление масла в системе:

для бензиновых двигателей $P_m = P_2 - P_1 = 0,3 \dots 0,5$, МПа;

для дизельных двигателей $P_m = P_2 - P_1 = 0,3 \dots 0,07$, МПа;

где P_1 и P_2 - соответственно давление масла перед насосом и за насосом.

$$V_p = \frac{G_{\delta}}{\rho_i} - \text{объемный расход масла, м}^3/\text{с};$$

где ρ_m - плотность масла в системе ($\rho_m = 900 \text{ кг/м}^3$);

$\eta_{\text{мех}} = 0,85 \dots 0,9$ - механический КПД насоса.

5.2 Расчет системы охлаждения

Необходимо ознакомиться с основными элементами системы охлаждения и их назначением (рис. 15). Затем произвести расчет циркуляционного расхода охлаждающей жидкости и мощности, затрачиваемой на привод насоса.

5.2.1 Рассчитываем количество тепла, отводимого от двигателя охлаждающей жидкостью: $Q_{\text{охл}} = \eta_{\text{охл}} G_T H_N$, кДж/с,

где $\eta_{\text{охл}}$ - доля тепла, передаваемого охлаждающей жидкостью;

G_T - расход топлива, кг/с. (см. п. 2.9.8).

5.2.2 Рассчитываем циркуляционный расход жидкости в системе охлаждения:

$$G_{\text{æ}} = \frac{Q_{\text{ï òë}}}{\tilde{n}_{\text{æ}} \Delta \tilde{O}}, \text{ кг/с},$$

где $c_{\text{ж}}$ - удельная теплоемкость охлаждающей жидкости (для воды $c_{\text{ж}} = 4,187 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$, для антифриза $c_{\text{ж}} = 2,093 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$); $\Delta T = 8 \dots 10$ град - перепад температуры охлаждающей жидкости на выходе и входе в двигатель.

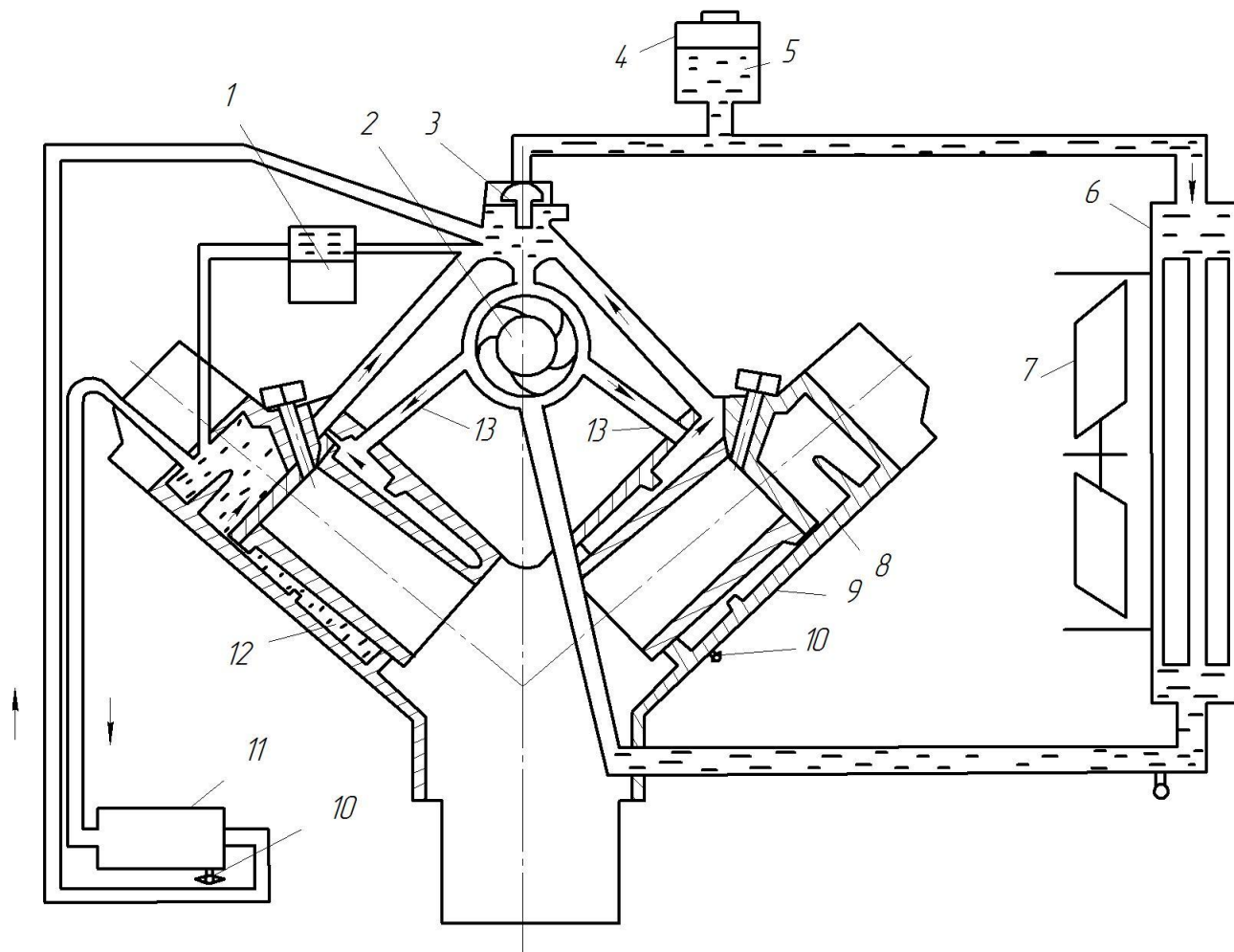


Рисунок 15 – Принципиальная схема системы охлаждения двигателя: 1 – воздушный компрессор; 2 – насос; 3 – термостат; 4 – заливная пробка; 5 - расширительный бачок; 6 – радиатор; 7 – вентилятор; 8 – полости рубашки охлаждения; 9 – пояс; 10 – сливные краны; 11 – подогреватель; 12 – область охлаждения; 13 - соединительные патрубки.

5.2.3 Рассчитываем производительность насоса:

$$G_{\text{жн}} = \frac{1}{\eta_{\text{н}}} G_{\text{ж}}, \text{ кг/с,}$$

где $\eta_{\text{н}} = 0,75 \dots 0,85$ – коэффициент подачи насоса.

5.2.4 Рассчитываем мощность, потребляемую насосом, задаваясь величиной напора:

$$\dot{I}_{\text{и}} = \frac{D_2 - D_1}{\rho_{\text{ж}}} 10^3 = \frac{\Delta D}{\rho_{\text{ж}}} 10^3, \text{ м}^3/\text{с,}$$

где $\Delta P = (0,05 \dots 0,15)$ МПа – перепад давления на выходе и входе насоса;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность охлаждающей жидкости (для воды $\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, для антифриза $\rho_{\text{ж}} = 1075 \text{ кг/м}^3$).

$$N_{\text{эи}} = \frac{1}{\eta_{\text{и}}} G_{\text{ж}} \dot{I}_{\text{и}} = V_{\text{ж}} \frac{\Delta D}{\eta_{\text{и}}} 10^3, \text{ кВт,}$$

где $\eta_{\text{м}} = (0,8 \dots 0,85)$ – механический КПД насоса;

$V_{\text{ж}}$ – объемный расход охлаждающей жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$.

6 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Графическая часть курсовой работы включает в себя иллюстрации результатов теплового и динамического расчетов (лист формата А1); схемы систем смазки и охлаждения двигателя – прототипа с расшифровкой составных частей (лист формата А1); компоновочный чертеж кривошипно-шатунного механизма в поперечном сечении (лист формата А1).

Иллюстрация результатов теплового и динамического расчетов содержит свернутую и развернутую индикаторные диаграммы, схему КШМ с приложенными силами, графики действующих сил и моментов.

Компоновка кривошипно-шатунного механизма осуществляется согласно исходных данных для курсовой работы и полученных результатов теплового, динамического расчетов и расчетов деталей на прочность.

При этом необходимо обратить особое внимание на взаимное сопряжение и взаимодействие деталей КШМ в во всех кинематических положениях за полный оборот коленчатого вала. Для этого необходимо в масштабе представить компоновочный чертеж КШМ в крайних положениях за полный оборот коленчатого вала.

Все принятые технические решения в ходе компоновки обосновываются в тексте пояснительной записки.

Новые технические решения, принятые в ходе конструктивной разработки, приветствуются, учитываются при оценке курсовой работы.

7 ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполненная курсовая работа представляется студентом руководителю в установленные сроки для проверки, рецензирования и решения вопроса о допуске к защите. Проверенная работа возвращается студенту для доработки, исправления сделанных замечаний и подготовки к защите.

Курсовая работа, выполненная небрежно, не в полном объеме к защите, не допускается.

При защите студент должен:

1. Сообщить цель, задачи и ход выполнения курсовой работы.
2. Коротко доложить основные параметры и конструктивные особенности работы.
3. Дать четкие ответы на вопросы, касающиеся протекания рабочих процессов, кинематики, динамики, конструкции и расчета двигателя, а также мотивов решений, принятых в ходе проектирования.
4. Сделать выводы по итогам выполнения курсовой работы.
5. После защиты работы пояснительная записка и графическая часть сдаются на кафедру.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейлин, В.И. Автомобильные двигатели. Контрольные задания и методические указания для студентов специальности 150200 - Автомобили и автомобильное хозяйство /В.И. Бейлин, Е.В. Орловская. – М.: изд-во МГОУ, 2002 – 93 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: Учебник для вузов /В.Н.Луканин, И.В.Алексеев, М.Г.Шатров и др.; Под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2005.- 392 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование: Учебник для вузов /В.Н.Луканин, И.В.Алексеев, М.Г.Шатров и др.; Под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2005.- 400 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 3. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС: Учебник для вузов /В.Н.Луканин, И.В.Алексеев,

М.Г.Шатров и др. / Под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2005.- 414 с.

5. Двигатели внутреннего сгорания: Учеб. Для вузов по спец. «Строительные и дорожные машины и оборудование /Хагиян А.С., Морозов К.А., Луканин В.Н. и др.; Под ред. В.Н. Лукина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 311 с.

6. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование / Под ред. В.Н. Луканина, М.Г. Шатрова. – М.: Высшая школа, 2005. – 400 с.

7. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей /Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1985.-456 с.

8. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Изд. 4-е / А.И. Колчин, В.П. Демидов. - М.: Высшая школа, 1980. – 400 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется в ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ (далее – Университет) с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья Университет обеспечивает:

для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий;

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь (в случае необходимости);

- выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

- наличие в библиотеке и читальном зале Университета Брайлевской компьютерной техники, электронных луп, видеоувеличителей, программ невидимого доступа к информации;

для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

- наличие мультимедийной системы;

для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:

- возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения Университета, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, в отдельных группах и удаленно с применением дистанционных технологий.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Категории студентов	Формы
С нарушением слуха	- в печатной форме - в форме электронного документа
С нарушением зрения	- в печатной форме увеличенным шрифтом - в форме электронного документа - в форме аудиофайла
С нарушением опорно-двигательного аппарата	- в печатной форме - в форме электронного документа; - в форме аудиофайла

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие оценочные средства:

Категории студентов	Виды оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушением слуха	тест	преимущественно письменная проверка
С нарушением зрения	собеседование	преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушением опорно-двигательного аппарата	решение дистанционных тестов, контрольные вопросы	организация контроля с помощью электронной оболочки MOODLE, письменная проверка

Студентам с ограниченными возможностями здоровья увеличивается время на подготовку ответов к зачёту, разрешается готовить ответы с использованием дистанционных образовательных технологий.

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

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены Университетом или могут использоваться собственные технические средства.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

- инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

- доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

- доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, с использованием услуг ассистента, устно). При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья предоставляются основная и дополнительная учебная литература в виде электронного документа в фонде библиотеки и / или в электронно-библиотечных системах. А также предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература и специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

Наличие специальных средств обучения инвалидов и лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

Для обучающихся с нарушениями слуха предусмотрена компьютерная техника, аудиотехника (акустический усилитель звука и колонки), видеотехника (мультимедийный проектор, телевизор), используются видеоматериалы, наушники для прослушивания, звуковое сопровождение учебной литературы в электронной библиотечной системе «Консультант студента».

Для обучающихся с нарушениями зрения предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра. В библиотеке на каждом компьютере предусмотрена возможность увеличения шрифта, предоставляется бесплатная литература на русском и иностранных языках, изданная рельефно-точечным шрифтом (по Брайлю).

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата предусмотрено использование альтернативных устройств ввода информации (операционная система Windows), такие как экранная клавиатура, с помощью которой можно вводить текст. Учебные аудитории 101/2, 101/3, 101/4, 101/5, 110, 112, 113, 114, 116, 118, 119, 121, 123, 126, 1-100, 1-104, 1-106, 1-107 имеют беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В библиотеке специально оборудованы рабочие места, соответствующим стандартам и требованиям. Обучающиеся в удаленном доступе имеют возможность воспользоваться электронной базой данных научно-технической библиотеки

Чувашского ГАУ, по необходимости получать виртуальную консультацию библиотекаря по использованию электронного контента.