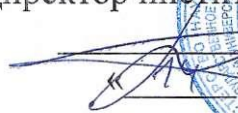


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

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

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ДИНАМИКА ДВС»

По направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль «Двигатели внутреннего сгорания»

Лист согласования рабочей программы учебной дисциплины

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Динамика ДВС». – 44 с.

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

СОСТАВИТЕЛИ:

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

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

Заведующий кафедрой _____ А.А.Данилейченко

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

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

Председатель учебно-методической
комиссии института



Е.И.Иванова

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины - изучение студентами кинематики деталей кривошипно-шатунного механизма; сил и моментов, действующих в ДВС, их уравнивание; крутильных колебаний коленчатых валов и методов снижения их влияния; динамических процессов, протекающих в ДВС, их влияние на надежность и моторесурс двигателей.

Задачи изучения дисциплины: изучить режимы и характеристики работы ДВС в зависимости от условий эксплуатации; изучить силовые и термические нагрузки на детали двигателей, освоить динамический расчет кинематического механизма ДВС, изучить требования к двигателям и их системам с учетом условий эксплуатации.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Динамика ДВС» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, модуль профессиональных дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: **знания** разделов из цикла фундаментальных и профессионально-ориентированных дисциплин, **умения** воспользоваться имеющейся информацией для дальнейшего проектирования и расчета рабочего процесса двигателя и его систем, **навыки** работы на ЭВМ, полученные при изучении курсов Информатики и Инженерной графики.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин Математики, Физики, Теории рабочих процессов ДВС, Сопrotивления материалов, Деталей машин и основы конструирования, Теоретическая механика, Информатики, и служит основой для освоения дисциплин Основы газовой динамики, Энергетические машины и установки, Специальные виды двигателей, Агрегаты наддува и др.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

ПК-3. Способен участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов	ПК-3.3. Владеет навыками составления отчетов анализу результатов исследований.	знать основы расчетных и экспериментальных исследований, проведения обработки и анализа результатов динамики ДВС; уметь использовать расчетные и экспериментальные исследования, проводить обработку и анализ результатов динамики ДВС; владеть навыками расчетных и экспериментальных исследований, проведения обработки и анализа результатов динамики ДВС.
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4зач. ед)	144 (4зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	68	16
в том числе:		
семестр	6	7
Лекции	34	8
Семинарские занятия		
Практические занятия	17	4
Лабораторные работы	17	4
Курсовая работа (курсовой проект)	36	36
Другие формы и методы организации	-	-

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

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение. Путь, скорость и ускорение поршня. Угловая скорость и угловое ускорение шатуна.

Тема 2. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм.

Тема 3. Кривошипно-шатунный механизм с прицепным шатуном.

Тема 4. Приведение масс движущихся деталей КШМ двигателя.

Тема 5. Силы, действующие на шатунные и коренные шейки коленчатого вала.

Тема 6. Силы инерции, возникающие в кривошипно-шатунном механизме. Силы давления газов.

Тема 7. Суммарные силы и моменты, действующие в КШМ. Суммарный крутящий момент двигателя.

Тема 8. Силовые факторы, вызывающие неуравновешенность ДВС.

Тема 9. Принципы уравнивания центробежных сил инерции и их моментов (уравнивание коленчатых валов).

Тема 10. Принципы уравнивания пространственных коленчатых валов и сил инерции масс движущихся возвратно-поступательно.

Тема 11. Анализ уравновешенности и уравнивание двигателей с линейным расположением цилиндров. Уравнивание одно-, двух-, трех-, четырех- и шестичилиндровых двигателей.

Тема 12. Анализ уравновешенности и уравнивание двигателей с V-образным расположением цилиндров.

Тема 13. Теоретическая и действительная уравновешенность.

Тема 14. Крутильные колебания в коленчатых валах.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Тема 1. Введение. Путь, скорость и ускорение поршня. Угловая скорость и угловое ускорение шатуна.	4	2
2	Тема 2. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм.	2	
3	Тема 3. Кривошипно-шатунный механизм с прицепным шатуном.	2	
4	Тема 4. Приведение масс движущихся деталей КШМ двигателя.	2	2
5	Тема 5. Силы, действующие на шатунные и коренные шейки коленчатого вала.	2	
6	Тема 6. Силы инерции, возникающие в кривошипно-шатунном механизме. Силы давления газов.	2	
7	Тема 7. Суммарные силы и моменты, действующие в КШМ. Суммарный крутящий момент двигателя.	4	2
8	Тема 8. Силовые факторы, вызывающие	2	

	неуравновешенность ДВС.		
9	Тема 9. Принципы уравнивания центробежных сил инерции и их моментов (уравнивание коленчатых валов).	2	
10	Тема 10. Принципы уравнивания пространственных коленчатых валов и сил инерции масс движущихся возвратно-поступательно.	4	
11	Тема 11. Анализ уравновешенности и уравнивание двигателей с линейным расположением цилиндров. Уравнивание одно-, двух-, трех-, четырех- и шестицилиндровых двигателей.	2	2
12	Тема 12. Анализ уравновешенности и уравнивание двигателей с V-образным расположением цилиндров.	2	
13	Тема 13. Теоретическая и действительная уравновешенность.	2	
14	Тема 14. Крутильные колебания в коленчатых валах.	2	
	Итого:	34	8

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Построение кинематической схемы кривошипно-шатунного механизма	1,5	1
2	Определение перемещений, скорости и ускорения поршня	1,5	
3	Построение индикаторной диаграммы двигателя	2	
4	Расчет сил давления газов в КШМ	2	1
5	Расчет сил инерции движущихся масс КШМ	2	
6	Определение сил и моментов на кривошипах и в сечениях между ними	2	1
7	Нагрузки, действующие на шатунные шейки и подшипники коленчатого вала	2	
8	Построение векторных диаграмм нагрузок, действующих на шатунные и коренные шейки и подшипники коленчатого вала	2	1
9	Уравнивание одноцилиндрового двигателя. Метод Ланчестера	2	
	Итого:	17	4

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Разноска масс шатуна методом взвешивания. Определение центра тяжести шатуна	1	1

2	Разноска масс шатуна методом качания. Определение центра тяжести шатуна	1	
3	Проектирование, разноска масс и определение центра тяжести шатуна проектируемого двигателя на ЭВМ с помощью CAD-систем твердотельного моделирования	4	
4	Статическая балансировка деталей ДВС	1	
5	Кинематика ДВС с центральным кривошипно-шатунным механизмом	1	1
6	Кинематика ДВС со смещенным кривошипно-шатунным механизмом	1	
7	Кинематика кривошипно-шатунного механизма с прицепным шатуном	1	1
8	Шестицилиндровый двигатель. Силы давления газов. Силы инерции движущихся масс КШМ	1	
9	Четырехцилиндровый двигатель с углом развала 90°	1	
10	Силовые факторы, вызывающие неуравновешенность ДВС	1	
11	Принципы уравнивания центробежных сил инерции и их моментов (уравнивание коленчатых валов)	2	1
12	Уравнивание пространственных коленчатых валов и сил инерции масс движущихся возвратно-поступательно	2	
	Итого:	17	4

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Введение. Путь, скорость и ускорение поршня. Угловая скорость и угловое ускорение шатуна	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
2.	Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
3.	Кривошипно-шатунный механизм с прицепным шатуном	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
4.	Приведение масс движущихся деталей КШМ двигателя	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
5.	Силы, действующие на шатунные и коренные шейки коленчатого вала	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
6.	Силы инерции, возникающие в кривошипно-шатунном механизме. Силы давления газов	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
7.	Суммарные силы и моменты, действующие в КШМ. Суммарный крутящий момент двигателя	работа с лекциями и учебной литературой	1	3

8.	Силовые факторы, вызывающие неуравновешенность ДВС	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
9.	Принципы уравнивания центробежных сил инерции и их моментов (уравнивание коленчатых валов)	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
10.	Принципы уравнивания пространственных коленчатых валов и сил инерции масс движущихся возвратно-поступательно	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
11.	Анализ уравниваемости и уравнивание двигателей с линейным расположением цилиндров. Уравнивание одно-, двух-, трех-, четырех- и шестицилиндровых двигателей	работа с лекциями и учебной литературой ¹	1	3
12.	Анализ уравниваемости и уравнивание двигателей с V-образным расположением цилиндров	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
13.	Теоретическая и действительная уравниваемость	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
14.	Крутильные колебания в коленчатых валах	работа с лекциями и учебной литературой	1	3
15.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 1	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
16.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 2	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
17.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 3	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
18.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 4	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
19.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 5	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета		3

20.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 6	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
21.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 7	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
22.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 8	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
23.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 9	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
24.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 10	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
25.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 11	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
26.	Подготовка к проведению лабораторной работы № 12	подготовка к лабораторным работам с оформлением отчета	1	3
27.	Построение кинематической схемы кривошипно-шатунного механизма	выполнение и защита практических работ	1	3
28.	Определение перемещений, скорости и ускорения поршня	выполнение и защита практических работ	1	3
29.	Построение индикаторной диаграммы двигателя	выполнение и защита практических работ	1	3
30.	Расчет сил давления газов в КШМ	выполнение и защита практических работ	2	3
31.	Расчет сил инерции движущихся масс КШМ	выполнение и защита практических работ	2	3

		работ		
32.	Определение сил и моментов на кривошипах и в сечениях между ними	выполнение и защита практических работ	2	2
33.	Нагрузки, действующие на шатунные шейки и подшипники коленчатого вала	выполнение и защита практических работ	2	2
34.	Построение векторных диаграмм нагрузок, действующих на шатунные и коренные шейки и подшипники коленчатого вала	выполнение и защита практических работ	2	2
35.	Уравновешивание одноцилиндрового двигателя. Метод Ланчестера	выполнение и защита практических работ	2	2
36.	Динамический расчет двигателя внутреннего сгорания	выполнение курсовой работы	36	36
	Итого:		76	128

4.7. Курсовые работы/проекты.

Цель курсовой работы - получение практических навыков по динамическому расчету основных узлов и деталей кривошипно-шатунных механизмов двигателей внутреннего сгорания.

Тематика курсовой работы - динамический расчет двигателя внутреннего сгорания.

Содержание курсовой работы:

1. Построение индикаторной диаграммы двигателя.
2. Определение сил и моментов, действующих на кривошипах двигателя.
3. Моменты в сечениях между кривошипами и на выходном фланце двигателя.
4. Определение массы и расположения противовесов.
5. Нагрузки, действующие на шатунные и коренные шейки и подшипники коленчатого вала.

Объем графической части - 1 лист формата A1 (594x841 мм), примерный объем расчетно-пояснительной записки - 50 страниц формата A4 (210x297 мм).

Планируемый объем самостоятельной работы при выполнении курсовой работы 36 часов.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

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

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

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

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

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Макушев Ю. П. Динамика двигателей внутреннего сгорания: учебно-методическое пособие / Ю. П. Макушев. - Омск: СибАДИ, 2022. - 56 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2111378>
2. Вальехо Мальдонадо П. Р. Расчет кинематики и динамики рядных поршневых двигателей [Текст]: учебное пособие / Вальехо Мальдонадо П. Р., Н. Д. Чайнов. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 258 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - Библиогр.: с. 253-254. - ISBN 978-5-16-015140-3 (print). - ISBN 978-5-16-108180-8 (online): 1600 р.
3. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование [Текст]: учебник / [В. Н. Луканин, И. В. Алексеев, М. Г. Шатров и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. - Москва: Высшая школа, 1995. - 319 с. - ISBN 5-06-003298-1. - ISBN 5-06-003296-5 : 14 грн. 33 к.
4. Вальехо, М. П. Кинематика и динамика автомобильных поршневых двигателей : учебное пособие / П. Р. Вальехо Мальдонадо, Н. Д. Чайнов. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 283 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014528-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/989072> (дата обращения: 26.01.2024).

б) дополнительная литература:

1. Гоц, А. Н. Динамика двигателей. Курсовое проектирование : учебное пособие / А.Н. Гоц. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 175 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1055672. - ISBN 978-5-16-015774-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1846457> (дата обращения: 26.01.2024).
2. Гоц, А. Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей : учебное пособие / А.Н. Гоц. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 384 с. — (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-951-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062091> (дата обращения: 26.01.2024).
3. Клецин, Э. В. Рабочие процессы, конструкция и основы расчета двигателей внутреннего сгорания/КлецинЭ.В., ГилетаВ.П. - Новосибирск : НГТУ, 2009. - 256 с.: ISBN 978-5-7782-1335-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/549067> (дата обращения: 26.01.2024).
4. Чайнов, Н. Д. Конструирование и расчет поршневых двигателей : учебник / Н. Д. Чайнов, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков ; под ред. Н. Д. Чайнова. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. - 536 с. - ISBN 978-5-7038-4854-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1964153> (дата обращения: 26.01.2024).
5. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст]: учеб. пособие / А.И. Колчин, В.П. Демидов. — 4-е издание. — М.: Высшая школа, 2008. — 496 с. Расчет автомобильных и тракторных двигателей - Колчин А.И., Демидов В.П. - 1980 (djvu.online)
6. Истомин П. А. Кинематика и динамика поршневых ДВС с комбинированными схемами. (Обобщенный метод анализа кривошипно-шатунных механизмов двигателей) [Текст]: монография / П. А. Истомин. - Ленинград : Судпромгиз, 1961. - 304 с. - 50 к.
7. Ковалевский, В. И. Автомобильные двигатели. Основы теории : учебное пособие / В. И. Ковалевский. - Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 224 с. - ISBN 978-5-9729-0925-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1903230> (дата обращения: 26.01.2024).
8. Гоц, А. Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей : учебное пособие / А.Н. Гоц. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 384 с. — (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-951-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062091> (дата обращения: 29.01.2024).
9. Драганов Б. Х. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания [Текст] : монография / Б. Х. Драганов, М. Г. Круглов, В. С. Обухова. - К.: Вища школа, 1987. - 175 с. - 1 р. 60 к.

в) методические указания:

10. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Динамика ДВС" для студентов направления подготовки 13.03.03. «Энергетическое машиностроение» профиль «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс] / сост: А. А. Данилейченко . - Луганск : ЛГУ им. В. Даля, 2022. - 27 с. <https://disk.yandex.ru/d/rIsKhJFs5WEJUg>
11. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Динамика ДВС»: для студентов направления подготовки 13.03.03. «Энергетическое машиностроение» специальности «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс] / Сост. М.А.Брянцев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. - 59с. <https://disk.yandex.ru/d/rIsKhJFs5WEJUg>
12. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Динамика ДВС» для студентов направления подготовки 13.03.03. «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс] / сост. Д. М. Доценко. - Луганск : ЛНУ им. В. Даля, 2022. - 53 с. <https://disk.yandex.ru/d/rIsKhJFs5WEJUg>
13. Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине "Динамика ДВС": для студентов специальности "Двигатели внутреннего сгорания"[Электронный ресурс]/Сост.: М.А.Брянцев. – Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019.- 20с. <https://disk.yandex.ru/d/rIsKhJFs5WEJUg>

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
 Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
 Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
 Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
 Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
 Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
 Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>
 Электронные библиотечные системы и ресурсы
 Электронно-библиотечная система «Консультант-студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
 Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
 Информационный ресурс библиотеки образовательной организации
 Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в академических аудиториях.

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

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

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

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

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
---------------------------	------------------------------------	--------

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

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

Паспорт

оценочных средств по учебной дисциплине

«Динамика двигателей внутреннего сгорания»

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

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-3. Способен участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов	Базовый	знать основы расчетных и экспериментальных исследований, проведения обработки и анализа результатов динамики ДВС
Основной		Повышенный	уметь использовать расчетные и экспериментальные исследования, проводить обработку и анализ результатов динамики ДВС
Заключительный		Высокий	владеть навыками расчетных и экспериментальных исследований, проведения обработки и анализа результатов динамики ДВС.

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

№ п/	Код контр	Формулировка	Индикаторы достижений	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Этапы
------	-----------	--------------	-----------------------	--	-------

п	олируемой компетенции	контролируемой компетенции	компетенции (по реализуемой дисциплине)		формирования (семестр изучения)
1.	ПК-3	Способен участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов	ПК-3.3. Владеет навыками составления отчетов по анализу результатов исследований.	Тема 1. Введение. Путь, скорость и ускорение поршня. Угловая скорость и угловое ускорение шатуна. Тема 2. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм. Тема 3. Кривошипно-шатунный механизм с прицепным шатуном. Тема 4. Приведение масс движущихся деталей КШМ двигателя. Тема 5 Силы, действующие на шатунные и коренные шейки коленчатого вала. Тема 6 Силы инерции, возникающие в кривошипно-шатунном механизме. Силы давления газов. Тема 7 Суммарные силы и моменты, действующие в КШМ. Суммарный крутящий момент двигателя. Тема 8 Силовые факторы, вызывающие неуравновешенность ДВС. Тема 9 Принципы уравнивания центробежных сил инерции и их моментов (уравнивание коленчатых валов). Тема 10 Принципы уравнивания пространственных коленчатых валов и сил инерции масс движущихся возвратно-поступательно. Тема 11 Анализ уравновешенности и уравнивание двигателей с линейным расположением цилиндров. Уравнивание одно-, двух-, трех-, четырех- и шестицилиндровых двигателей. Тема 12 Анализ уравновешенности и уравнивание двигателей с V-образным расположением цилиндров. Тема 13 Теоретическая и действительная уравновешенность. Тема 14 Крутильные колебания в коленчатых валах.	6

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируем	Индикаторы достижений компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые разделы (темы) учебной	Наименование оценочного средства
-------	------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------

	ой компет енции	(по реализуемой дисциплине)		дисциплины	
1.	ПК-3	ПК-3.3. Владеет навыками составления отчетов по анализу результатов исследований.	знать основы расчетных и экспериментальных исследований, проведения обработки и анализа результатов динамики ДВС; уметь использовать расчетные и экспериментальные исследования, проводить обработку и анализ результатов динамики ДВС; владеть навыками расчетных и экспериментальных исследований, проведения обработки и анализа результатов динамики ДВС.	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14	Практическая работа, лабораторная работа, контрольная работа, курсовая работа

Диагностическое контрольное тестирование:

Комплект тестовых заданий, позволяющих осуществить оценку компетенции

ПК-3. Способен участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов	ПК-3.3. Владеет навыками составления отчетов по анализу результатов исследований.
--	---

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

ВАРИАНТ 1

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 1.

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

Как двигатели с V-образным расположением цилиндров делятся по конструкции соединения шатунов с кривошипной шейкой коленчатого вала?

- 1) двигатели, у которых это сочленение осуществляется при помощи главного и прицепного шатунов.
- 2) двигатели, имеющие вильчатый и центральный шатуны.
- 3) двигатели с одинаковыми шатунами, расположенными рядом на шатунной шейке вала.
- 4) двигатели с разными шатунами, расположенными рядом на шатунной шейке вала
- 5) двигатели с центральными шатунами

Ответ: 123

Обоснование: 123

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 2.

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

Какие преимущества v-образных кинематических схем двигателей перед рядными?

- 1) уменьшенные габариты коленчатого вала и всего двигателя по длине.
- 2) повышенная прочность коленчатого вала.
- 3) меньшая вероятность разрушения коленчатого вала при возникновении крутильных колебаний.
- 4) увеличенные габариты двигателя по ширине
- 5) различная конструкция, кинематика и динамика главного и прицепного шатунов (для двигателей, у которых соединение шатунов с кривошипной шейкой коленчатого вала осуществляется при помощи главного и прицепного шатунов)

Ответ: 123

Обоснование: уменьшенные габариты коленчатого вала и всего двигателя по длине ввиду прицепного шатуна, повышенная прочность коленчатого вала и меньшая вероятность разрушения коленчатого вала при возникновении крутильных колебаний ввиду короткого коленчатого вала

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 3.

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

Какие недостатки v-образных кинематических схем двигателей перед рядными?

- 1) уменьшенные габариты коленчатого вала и всего двигателя по длине
- 2) повышенная прочность коленчатого вала
- 3) меньшая вероятность разрушения коленчатого вала при возникновении крутильных колебаний
- 4) увеличенные габариты двигателя по ширине.
- 5) различная конструкция, кинематика и динамика главного и прицепного шатунов (для двигателей, у которых соединение шатунов с кривошипной шейкой коленчатого вала осуществляется при помощи главного и прицепного шатунов).

Ответ: 45

Обоснование: увеличенные габариты двигателя по ширине ввиду v-образности цилиндров и различная конструкция, кинематика и динамика главного и прицепного шатунов

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

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

Зачем поршневой палец сдвигается относительно оси поршня?

- 1) для уменьшения стука при перекладке поршня в ВМТ применяется дезаксаж в поршне.
- 2) для уменьшения во время рабочего хода давления поршня на стенку цилиндра.
- 3) для уменьшения скорости поршня около ВМТ, благодаря чему улучшается процесс сгорания, протекающий при условиях, приближающихся к условиям сгорания при постоянном объеме.
- 4) для возрастания времени такта впуска, так как при движении поршня от ВМТ до НМТ угол поворота коленчатого вала дезаксиального двигателя больше 180° , что улучшает его наполнение.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1234

Обоснование: поршневой палец сдвигается относительно оси поршня для уменьшения стука при переходе поршня через ВМТ применяется дезаксаж в поршне и для уменьшения шумности работы двигателя при перекладке поршня около ВМТ

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

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

Что такое дезаксиальный КШМ?

- 1) кривошипно-шатунный механизм, у которого ось цилиндра пересекает ось коленчатого вала, и не смещена относительно нее на некоторое расстояние
- 2) механизм для управления клапанами газораспределения
- 3) механизм для управления системой питания
- 4) механизм для управления системой впрыска топлива
- 5) КШМ, у которого ось поршневого пальца смещена относительно оси поршня (цилиндра).

Ответ: 5

Обоснование: дезаксиальный КШМ - КШМ, у которого ось поршневого пальца смещена относительно оси поршня (цилиндра).

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

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

Для чего предназначен маховик?

- 1) для обеспечения равномерности вращения коленвала двигателя.
- 2) для обеспечения проворачивания коленвала вспомогательным устройством
- 3) для запуска двигателя с помощью зубчатого венца
- 4) для проверки и установки фаз газораспределения
- 5) для проверки и установки угла опережения подачи топлива

Ответ: 1

Обоснование: Основное назначение маховика накопление и передача момента инерции коленчатому валу для обеспечения равномерности вращения коленвала двигателя

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

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

На какую величину в автомобильных и тракторных двигателях сдвигается поршневой палец относительно оси цилиндра с ходом поршня S.

- 1) (0,01–0,025) S
- 2) (0,001–0,0025) S
- 3) (0,015–0,035) S.
- 4) (0,025–0,055) S
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 3

Обоснование: В автомобильных и тракторных двигателях сдвиг поршневого пальца составляет (0,015–0,035) S, хода поршня S

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

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

Каково назначение кривошипно-шатунного механизма?

- 1) КШМ служит для преобразования возвратно□поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.
- 2) для передачи мощности потребителям
- 3) для получения индикаторной мощности
- 4) для создания наиболее эффективной мощности
- 5) все ответы правильные.

Ответ: 1

Обоснование: КШМ служит для преобразования возвратно□поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала

Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Как строится векторная диаграмма нагрузок, действующих на шатунный подшипник?

1) Вертикальная ось является осью реакций от сил $Z_{ш}$ и обозначается $R_{Zш}$. Направление оси $R_{Zш}$ вверх от начала координат принимается за положительное. Горизонтальная ось является осью реакций от тангенциальной силы T_A и обозначается R_{TA} . При вращении коленчатого вала по часовой стрелке за положительное принимается направление оси R_{TA} влево и против часовой стрелки – вправо.

2) Из начала координат проводится окружность произвольного радиуса. У точки пересечения окружности с положительным направлением оси $R_{Zш}$ ставится цифра 0. Далее от оси $R_{Zш}$ (из точки 0) в направлении вращения вала на окружности откладываются величины дуг $\varphi_i + \beta_i$, через концы которых из центра окружности проводятся лучи. Концы лучей обозначаются величиной угла φ_i . Значения величин $\varphi_i + \beta_i$ берутся из таблицы. Таким образом, на окружности получается шкала с отметками, соответствующими всем углам поворота кривошипа.

3) После этого векторная диаграмма нагрузок, действующих на шатунную шейку вала, переносится на кальку со всеми обозначениями. Калька накладывается на чертеж с отметками углов, совмещая при этом центры окружности и шатунной шейки. При совмещенных началах координат ось $Z_{ш}$ на кальке должна совпадать с осью $R_{Zш}$ на чертеже, а ось T_A – с осью R_{TA} . При таком совмещении уже обеспечивается поворот векторов на 180° .

4) В начальном положении, когда ось $Z_{ш}$ на кальке совмещается с 0° шкалы на окружности, отмечают на чертеже точку конца вектора $K_{шшш}$, соответствующему положению кривошипа $\varphi_i = 0^\circ$. Далее, вращая кальку в направлении вращения кривошипа, каждый раз совмещают ось $Z_{ш}$ на кальке с очередным лучом на чертеже, чем обеспечивается поворот векторов $K_{шшш}$ на очередной угол $\varphi_i + \beta_i$.

5) При каждом таком положении векторной диаграммы отмечают на чертеже точку конца вектора $K_{шшш}$ и обозначают ее соответствующим углом поворота вала φ_i . Полученные таким образом точки последовательно соединяют плавной кривой линией.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

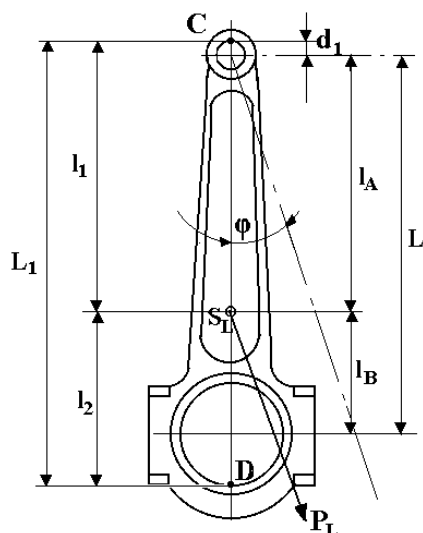
Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Установите последовательность проведения разности масс шатуна методом качания.

- 3) Проверить горизонтальность положения штатива с



установленной призмой (ножом).

2) Шатун подвешивают верхней головкой вертикально, опирая его на нож в точке С (верхней головки шатуна). Подвешенный таким образом шатун заставляют качаться с малой амплитудой как физический маятник.

1) Определяют число полных качаний шатуна в минуту, n_C .

4) Затем шатун подвешивают нижней головкой, опирая его на нож в точке D и определяют вновь число его полных качаний в минуту, n_D .

5) Пользуясь соотношением $l_1 = L_1 / \left(1 + \frac{L_1 - a / n_C^2}{L_1 - a / n_D^2} \right)$, где

$a = 900g / \pi^2$ и $l_A = l_1 - d_1$ определяют положение центра тяжести шатуна. Из соотношений $l_A = L \cdot m_{BL} / m_L$ и $l_B = L \cdot m_{AL} / m_L$ вычисляют разнесенные массы шатуна m_{AL} и m_{BL} .

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

В какой последовательности производят расчет шатунного подшипника карбюраторного двигателя?

Диаметр шатунной шейки $d_{ш.ш} = 48$ мм; рабочая ширина шатунного вкладыша 22 мм; среднее удельное давление на поверхности шейки $R_{ш.ш.ср} = 10,5$ МПа; частота вращения коленчатого вала $n = 5800$ об/мин.

1) Определяем диаметральный зазор в шатунном подшипнике

$$\Delta = 0,007 \cdot \sqrt{d_{ш.ш}} = 0,007 \cdot \sqrt{48} = 0,0328 \text{ мм.}$$

и относительный зазор $\chi = \Delta / d_{ш.ш} = 0,0328 / 48 = 0,00068$.

4 Определяем коэффициент, учитывающий геометрию шатунной шейки:

$$c = 1 + d_{ш.ш} / L_{ш.ш} = 1 + 48 / 22 = 3,18.$$

3) Определяем минимальную толщину масляного слоя

$$h_{\min} = 55 \cdot 10^{-9} \cdot \mu \cdot n \cdot d_{ш.ш} / (R_{ш.ш.ср} \cdot \chi \cdot c) = 55 \cdot 10^{-9} \cdot 0,0136 \cdot 5800 \cdot 48 / (24 \cdot 0,00068 \cdot 3,18) = 0,004 \text{ мм,}$$

где $\mu = 0,0136 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$ — определяется для масла АК-15 при $T = 373 \text{ К}$ (подшипник залит свинцовистой бронзой).

2) Величина критического слоя масла $h_{кр} = h_b + h_n = 0,0007 + 0,0013 = 0,002 \text{ мм,}$

где $h_b = 0,0007$ — величина неровностей поверхности шейки после чистового шлифования, мм; $h_n = 0,0013$ — величина неровностей поверхности вкладыша после алмазного растачивания, мм.

5) Коэффициент запаса надежности подшипника

$$K = h_{\min} / h_{кр} = 0,004 / 0,002 = 2.$$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Как делают разноску шатуна методом взвешивания?

1) Проверить горизонтальность установки призм и положения весов. При необходимости произвести регулировку горизонтальности с помощью уровня. Проконтролировать нулевое положение стрелки весов. Проверить правильность показаний весов с помощью набора разновесов для различных диапазонов шкалы прибора.

2) Взвесить шатун, масса шатуна m_L .

3) На одну из чашек весов установить призму. Проверить параллельность ножей призм, находящихся на весах и на столе. Уравновесить состояние весов установкой на противоположной чашке добавочных грузов.

4) Верхнюю головку шатуна выставить на призме, установленной на весах, а нижнюю – разместить на другой призме, стоящей на столе, таким образом, чтобы ось шатуна была горизонтальной, а расстояние между опорами равнялось длине шатуна.

5) Заметить показания весов, что соответствует массе верхней головки шатуна. При отсчете показаний учесть поправку на показания весов от добавочных грузов. Аналогичным образом взвесить на весах нижнюю головку шатуна.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление соответствия

повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие определений размерных характеристик ДВС.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	безразмерное перемещение поршня	1	$S_i = \sigma_i \cdot \frac{S}{2}$
Б	текущее перемещение поршня	2	$\sigma_i = 1 - \cos \varphi_i + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos(2\varphi_i))$
В	объем камеры сжатия	3	$V_h = F_n \cdot S$
Г	текущий объем надпоршневого пространства при повороте кривошипа на угол φ	4	$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}$
		5	$V_i = V_c + V_{\varphi i}$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия

повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие формул названиям сил

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	сила от давления газов, действующая вдоль оси цилиндра и приложенная к поршню	1	$P_{ИАi} = -m_A \cdot a_i$
Б	сила инерции, создаваемая возвратно-поступательно движущимися деталями	2	$P_{ri} = (P_i - P_{кр}) \cdot F_n$

	КШМ		
В	силы инерции второго порядка, создаваемая возвратно-поступательно движущимися деталями КШМ	3	$-m_A \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \cos \varphi$
Г	силы инерции первого порядка, создаваемая возвратно-поступательно движущимися деталями КШМ	4	$P_{Ai} \cdot \operatorname{tg} \beta_i$
		5	$-m_A \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \lambda \cdot \cos(2\varphi)$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	5	3

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие формул названиям сил.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Суммарная сила, действующая вдоль оси цилиндра и приложенная в центре поршневого пальца	1	$P_{иВ} = -m_B \cdot R \cdot \omega^2$
Б	Составляющая силы P_A , действующая нормально к оси цилиндра	2	$P_{Ai} = P_{Gi} + P_{иAi}$
В	Составляющая силы P_A , действующая вдоль оси шатуна	3	$Q_i = P_{Ai} / \cos \beta_i$
Г	Центробежная сила от вращающихся частей КШМ, приложенная в центре шатунной шейки	4	$N_i = P_{Ai} \cdot \operatorname{tg} \beta_i$
		5	$T_{Ai} = Q_i \cdot \sin(\varphi_i + \beta_i)$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	4	3	1

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 16.

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

Предварительный контроль правильности определения крутящего момента двигателя осуществляется по двум признакам, каким?

Ответ (решение): Предварительный контроль правильности определения крутящего момента двигателя осуществляется по двум признакам:

1) крутящий момент на выходном фланце двигателя $M_{кри}$ должен быть периодической функцией с периодом $\Delta \varphi$

2) среднее значение крутящего момента $M_{\Sigma \text{крп}}$, должно быть равно среднему индикаторному крутящему моменту с учетом затрат или подвода мощности с переднего конца вала: $M_{\text{крп}} = (N_i \pm N_0) / \omega$, где N_i – индикаторная мощность двигателя, полученная из теплового расчета, ω – угловая скорость вращения вала. Допустимая погрешность 2%.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 17.

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

Что представляет собой статическая балансировка деталей ДВС?

Ответ (решение): Для вращающихся деталей двигателей несовпадение центра тяжести с осью их вращения называется статической несбалансированностью. Дисбаланс вызывает появление дополнительной силы инерции вращающихся масс: $P_{ид} = -m_{вр} \cdot y \cdot \omega^2$, где $m_{вр}$ – масса детали; y – расстояние центра тяжести детали от оси вращения. Статическая балансировка — это процесс определения и уменьшения главного вектора дисбалансов ротора, который характеризует его статическую неуравновешенность.

Статическую балансировку можно проводить двумя способами:

На приспособлениях типа ножи или призмы, где используется свойство центра масс ротора занимать при устойчивом равновесии низшее положение.

На балансировочных станках, где при вращении неуравновешенного ротора проявляется центробежная сила. Дисбаланс ликвидируется также удалением избытка металла или добавлением массы (прикреплением, привариванием металлических грузиков или пластинок).

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

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

Какими способами можно осуществить уравнивание современных автомобильных и тракторных двигателей?

Ответ (решение): Уравнивание современных автомобильных и тракторных двигателей можно осуществить двумя способами: расположением определенным образом цилиндров и выбором такой кривошипной схемы коленчатого вала, чтобы переменные силы инерции и их моменты взаимно уравнивались; созданием с помощью дополнительных масс (противовесов) новых сил, в любой момент времени равных по величине, но противоположных по направлению основным уравниваемым силам.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 19.

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

Что уравнивают в ДВС?

Ответ (решение): в ДВС уравнивают: гармонически изменяющуюся силу инерции первого порядка от возвратно-поступательно движущихся масс; гармонически изменяющуюся силу инерции второго порядка от возвратно-поступательно движущихся масс; центробежную силу инерции неуравновешенных вращающихся масс; свободный момент от сил инерции первого порядка; свободный момент от сил инерции второго порядка; свободный момент от сил инерции вращающихся масс.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 20.

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

Что уравнивают противовесы в КШМ?

Ответ (решение): Для уравнивания центробежных сил инерции вращающихся масс кривошипа и для частичной разгрузки коренных подшипников коленчатого вала, на

продолжении щёк устанавливают противовесы. С помощью указанных противовесов полностью уравновесить движущиеся массы КШМ нельзя. В 1-цилиндровом двигателе для уравновешивания сил инерции 1 и 2 порядка от поступательно движущихся масс применяется метод Ланчестера, суть которого заключается в использовании дополнительных валов с противовесами. Два вала связанных шестерней уравновешивают силы инерции от поступательно движущихся деталей КШМ первого порядка и два других вала, связанных с каждым из первых валов уравновешивают силы инерции от поступательно движущихся деталей КШМ второго порядка.

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 1

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	123	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	123	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	45	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	1234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	32145	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	14325	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
12.	15234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
13.	A2B1B4Г5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
14.	A2B1B5Г3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
15.	A2B4B3Г1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
16.	Предварительный контроль правильности определения крутящего момента двигателя осуществляется по двум признакам: 1) крутящий момент на выходном фланце двигателя $M_{кр1}$ должен быть периодической функцией с периодом $\Delta\varphi$ 2) среднее значение крутящего момента $M_{\Sigma кр ср}$, должно быть равно среднему индикаторному крутящему моменту с учетом затрат или подвода мощности с переднего конца вала: $M_{кр ср} = (N_i \pm N_0)/\omega$, где N_i – индикаторная мощность двигателя, полученная из теплового расчета, ω – угловая скорость вращения вала. Допустимая погрешность 2%.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
17.	Для вращающихся деталей двигателей	Полный правильный ответ на задание

	несовпадение центра тяжести с осью их вращения называется статической несбалансированностью. Дисбаланс вызывает появление дополнительной силы инерции вращающихся масс: $P_{ид} = -m_{вр} \cdot y \cdot \omega^2$ где $m_{вр}$ – масса детали; y – расстояние центра тяжести детали от оси вращения. Статическая балансировка — это процесс определения и уменьшения главного вектора дисбалансов ротора, который характеризует его статическую неуравновешенность. Статическую балансировку можно проводить двумя способами: На приспособлениях типа ножи или призмы, где используется свойство центра масс ротора занимать при устойчивом равновесии низшее положение. На балансировочных станках, где при вращении неуравновешенного ротора проявляется центробежная сила. Дисбаланс ликвидируется также удалением избытка металла или добавлением массы (прикреплением, привариванием металлических грузиков или пластинок).	оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
18.	Уравновешивание современных автомобильных и тракторных двигателей можно осуществить двумя способами: расположением определенным образом цилиндров и выбором такой кривошипной схемы коленчатого вала, чтобы переменные силы инерции и их моменты взаимно уравновешивались; созданием с помощью дополнительных масс (противовесов) новых сил, в любой момент времени равных по величине, но противоположных по направлению основным уравновешиваемым силам.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
19.	В ДВС уравновешивают: гармонически изменяющуюся силу инерции первого порядка от возвратно-поступательно движущихся масс; гармонически изменяющуюся силу инерции второго порядка от возвратно-поступательно движущихся масс; центробежную силу инерции неуравновешенных вращающихся масс; свободный момент от сил инерции первого порядка; свободный момент от сил инерции второго порядка; свободный момент от сил инерции вращающихся масс	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
20.	Для уравновешивания центробежных сил инерции вращающихся масс кривошипа и для частичной разгрузки коренных подшипников коленчатого вала, на продолжении шёк устанавливают противовесы. С помощью указанных противовесов полностью уравновесить движущиеся массы КШМ нельзя. В 1-цилиндровом двигателе для уравновешивания сил инерции 1 и 2 порядка от поступательно движущихся масс применяется метод Ланчестера, суть которого заключается в использовании дополнительных валов с противовесами.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

	Два вала связанных шестерней уравнивают силы инерции от поступательно движущихся деталей КШМ первого порядка и два других вала, связанных с каждым из первых валов уравнивают силы инерции от поступательно движущихся деталей КШМ второго порядка.	
--	---	--

Шкала оценивания теста

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

ВАРИАНТ 2

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 1.

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

В зависимости от характера движения силы инерции масс кривошипно-шатунного механизма можно разделить на три группы, какие это группы?

- 1) силы инерции масс, движущихся возвратно-поступательно.
- 2) центробежные силы инерции вращающихся масс.
- 3) силы инерции масс, совершающих сложное движение.
- 4) силы инерции масс двигателя, движущихся с переменными по величине скоростями
- 5) силы инерции масс двигателя, движущихся с переменными по направлению скоростями

Ответ: 123

Обоснование: силы инерции масс, движущихся возвратно-поступательно, центробежные силы инерции вращающихся масс, силы инерции масс, совершающих сложное движение.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 2.

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

Какие основные силы действуют в двигателе внутреннего сгорания?

- 1) силы давления газов в цилиндре.
- 2) силы инерции.
- 3) силы сопротивления.
- 4) силы качения
- 5) силы скольжения

Ответ: 123

Обоснование: Движущие силы - это силы давления газов в цилиндре. Силы инерции образуют возвратно-поступательно движущиеся и вращающиеся части двигателя. Силы сопротивления делят на силы сопротивления потребителя энергии двигателя и силы трения в кривошипно-шатунном механизме (поршня и поршневых колец о стенку цилиндра, в подшипниках и т. п.), на преодоление которых затрачивается дополнительная работа.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 3.

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

При динамическом расчете шатуна его массу заменяют тремя массами, какими?

- 1) масса m_{AL} , сосредоточенная в точке А, движется возвратно-вращательно
- 2) масса m_{AL} , сосредоточенная в точке А, движется возвратно-поступательно вдоль оси цилиндра и поэтому относится к массе частей, движущихся возвратно-поступательно.
- 3) масса m_{BL} , сосредоточенная в точке В и совершающая вращательное движение около оси коленчатого вала, относится к массе вращающихся частей.
- 4) масса m_{SL} , сосредоточенная в центре тяжести S шатуна, совершает сложное движение.
- 5) масса m_{SL} , сосредоточенная в центре тяжести S шатуна, совершает вращательное движение

Ответ: 234

Обоснование: При расчете шатуна его массу заменяют тремя массами. Масса m_{AL} , сосредоточенная в точке А, движется возвратно-поступательно вдоль оси цилиндра и поэтому относится к массе частей, движущихся возвратно-поступательно; масса m_{BL} , сосредоточенная в точке В и совершающая вращательное движение около оси коленчатого вала, относится к массе вращающихся частей; масса m_{SL} , сосредоточенная в центре тяжести S шатуна, совершает сложное движение.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

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

Что позволяют определить векторные диаграммы нагрузок на шатунную шейку?

- 1) величину
- 2) направление
- 3) точку приложения силы, действующей на шейку или подшипник коленчатого вала при любом его положении
- 4) дают представление о нагруженности шеек или подшипников
- 5) позволяют найти наименее нагруженные их части, необходимые при выборе места сверления каналов для подвода смазки

Ответ: 12345

Обоснование: Векторные диаграммы нагрузок позволяют определить величину, направление и точку приложения силы, действующей на шейку или подшипник коленчатого вала при любом его положении. Они дают представление о нагруженности шеек или подшипников и позволяют найти наименее нагруженные их части, необходимые при выборе места сверления каналов для подвода смазки.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

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

Куда от оси коленчатого вала смещают ось цилиндра в двигателях с дезаксиальным кривошипно-шатунным механизмом и вращением коленчатого вала по часовой стрелке.

- 1) влево
- 2) вправо.
- 3) вверх
- 4) вниз
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 2

Обоснование: ось цилиндра в двигателях с дезаксиальным кривошипно-шатунным механизмом и вращением коленчатого вала по часовой стрелке смещают вправо от оси коленчатого вала

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

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

Почему величина крутящего момента, действующего на разных коренных шейках, оказывается различной?

1) Крутящий момент на коренной шейке $i, i+1$ складывается из крутящих моментов, действующих от 1-го до i -го кривошипов. Учитывается также момент M_0 на переднем носке вала.

2) $M_{12} = M_0 + M_1$

3) $M_{23} = M_{12} + M_2$

4) $M_{34} = M_{23} + M_3$

5) $M_{4кр} = M_{34} + M_4$

Ответ: 1

Обоснование: При работе двигателя осуществляется передача крутящего момента от первого цилиндра к маховику, от которого обычно производится отбор мощности. Крутящий момент на коренной шейке $i, i+1$ складывается из крутящих моментов, действующих от 1-го до i -го кривошипов. Учитывается также момент M_0 на переднем носке вала.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 7.

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

Если в первом цилиндре кривошип находится в положении 0° от начала цикла, то в соответствии с порядком работы цилиндров 1–2–4–3 такт наполнения во втором цилиндре начнется через $^\circ$, в четвертом – через $^\circ$, в третьем – через $^\circ$.

1) через 540° , в четвертом – через 720° , в третьем – через 180° .

2) через 360° , в четвертом – через 540° , в третьем – через 720° .

3) через 180° , в четвертом – через 360° , в третьем – через 540° .

4) через 0° , в четвертом – через 180° , в третьем – через 360° .

5) нет правильного ответа

Ответ: 3

Обоснование: $\Delta\varphi = 720^\circ / Z$ - формула чередование вспышек, через 180° , в четвертом – через 360° , в третьем – через 540° .

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 8.

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

	Какая суммарная сила, действует на коренную шейку по кривошипу? 1) $Z_{Ai} = Q_i \cdot \cos(\varphi_i + \beta_i)$ 2) $T_{Ai} = Q_i \cdot \sin(\varphi_i + \beta_i)$ 3) $P_{иВ} = -m_B \cdot R \cdot \omega^2$ 4) $Z_i = Z_{Ai} + P_{иВ}$ 5) $Q_i = P_{Ai} / \cos\beta_i$
--	---

Ответ: 4

Обоснование: суммарная сила, действует на коренную шейку по кривошипу это

$Z_i = Z_{Ai} + P_{иВ}$ состоит из нормальной Z_{Ai} , направленной по оси кривошипа и центробежной $P_{иВ}$ силы от вращающихся частей КШМ, приложенная в центре шатунной шейки (точка В)
 $P_{иВ} = -m_B \cdot R \cdot \omega^2$.

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Как строится векторная диаграмма нагрузок на шатунную шейку?

- 1) Каждую точку отмечают соответствующим углом φ поворота кривошипа. Все они являются концами векторов, представляющих по величине и направлению равнодействующие силы для каждого угла поворота вала.
- 2) Для каждого положения вала, начиная от 0° и до конца цикла, из таблицы 8 берутся величины сил $Z_{ш}$, T_A и на координатной плоскости откладываются точки в выбранном масштабе с учетом знака.
- 3) При вращении коленчатого вала в противоположную сторону положительное направление оси T_A направлено влево. Масштаб по обеим осям обязательно должен быть одинаковым.
- 4) Строится в декартовых координатах. Начало координат проходит через центр шатунной шейки (точка В). По оси ординат откладываются значения силы $Z_{ш}$. Направление ее вниз от начала координат принимается за положительное. Ось абсцисс является осью тангенциальной силы T_A . Направление оси T_A вправо при вращении вала по часовой стрелке принимается за положительное.
- 5) Отложенные точки последовательно соединяют между собой плавной кривой, которая образует некоторый замкнутый контур

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Установите порядок построения векторной диаграммы нагрузок на коренную шейку коленчатого вала.

- 3) Определив значения сил, действующих на шейку $X_{\Sigma i, i+1}$ и $Y_{\Sigma i, i+1}$ для всех положений коленчатого вала, необходимо построить векторную диаграмму нагрузок, действующих на коренную шейку. Для этого проводятся оси R_x (+ вверх) и R_y (+ влево от начала координат).
- 2) Для каждого положения кривошипа, начиная с 0 градусов и до конца цикла, значения величин $X_{\Sigma i, i+1}$ и $Y_{\Sigma i, i+1}$ откладываются на осях R_x и R_y соответственно в выбранном масштабе с учетом знака.
- 1) При таком построении учитываются действительные направления реакций, нагружающих коренную шейку (ранее, при составлении расчетных уравнений с целью упрощения вычислений принималось, что реакции имеют те же знаки, что и силы).
- 4) Из концов этих векторов проводятся перпендикуляры. Каждую точку пересечения этих перпендикуляров отмечают соответствующим углом поворота кривошипа.
- 5) Построенные точки соединяются последовательно между собой плавной кривой линией, образующей замкнутый контур.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

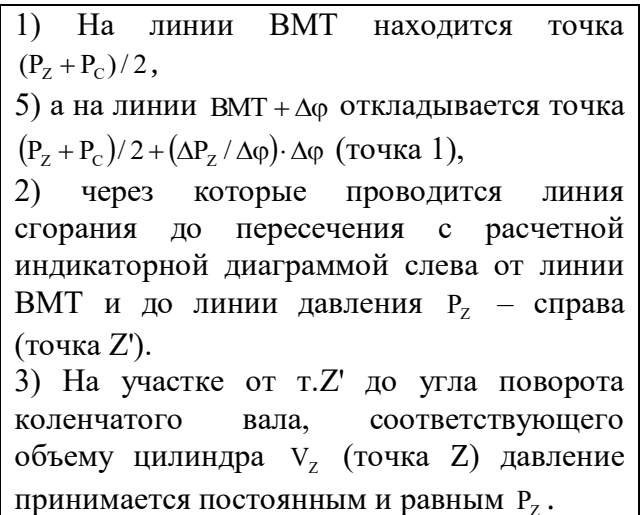
Задание 11.

Установить последовательность определения промежуточных величин перед вычислением текущих давлений газа P_i в цилиндре двигателя 6Ч12/14

5) определяем полный объем цилиндра $V_a = V_h + V_c$.

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

Установите последовательность скругления индикаторной диаграммы при ее построении по расчетным данным.



4) При отсутствии результатов уточненного расчета процессов газообмена цилиндров двигателя производится также скругление диаграммы на участке перехода линии расширения в линию выпуска ($\varphi \approx (540 - \varphi_c)^\circ \div 560^\circ$).

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

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	Неуравновешенность	1	векторная величина, равная произведению неуравновешенной массы на ее эксцентриситет, полностью определяется значением и

			углом.
Б	Дисбаланс	2	состояние ротора, характеризующееся таким распределением масс, которое во время вращения вызывает переменные нагрузки на опорах ротора и его изгиб.
В	Допустимый дисбаланс	3	радиус-вектор центра рассматриваемой массы относительно оси ротора
Г	Корректирующая масса	4	наибольший остаточный дисбаланс в рассматриваемой плоскости жесткого ротора, который является приемлемым.
		5	масса, используемая для уменьшения дисбалансов ротора.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие названиям параметров двигателя свои формулы.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	гармонически изменяющаяся скорость поршня первого порядка	1	$R \cdot (1 - \cos \varphi)$
Б	перемещение поршня первого порядка	2	$c_i^I = R \cdot \omega \cdot \sin \varphi$
В	гармонически изменяющаяся скорость поршня второго порядка	3	$\frac{\lambda \cdot R}{4} \cdot (1 - \cos(2\varphi))$
Г	перемещение поршня второго порядка	4	$a_i = R \cdot \omega^2 \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos(2\varphi))$
		5	$c_i^{II} = \frac{\lambda \cdot R \cdot \omega}{2} \cdot \sin(2\varphi)$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	5	3

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

В каком диапазоне углов поворота коленчатого вала при построении развернутой индикаторной диаграммы двигателя применяем соответствующую формулу расчета давлений в цилиндре ДВС?

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	0–180	1	$P_i = P_z \cdot \left(\frac{V_z}{V_i} \right)^{n_p}$
Б	540–720	2	принимается постоянным и равным P_a
В	180–360	3	$P_i = P_a \cdot \left(\frac{V_a}{V_i} \right)^{n_c}$
Г	360–540	4	принимается постоянным и равным P_r
		5	$(P_z + P_c) / 2 + (\Delta P_z / \Delta \varphi) \cdot \Delta \varphi$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	4	3	1

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 16.

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

Что делают для устранения неуравновешенности, зависящей от неодинаковых масс, возвратно-поступательно движущихся частей?

Ответ (решение): Для устранения неуравновешенности, зависящей от неодинаковых масс, возвратно-поступательно движущихся частей, поршни и шатуны при сборке двигателя тщательно подбирают по весу. Обычно поршни и шатуны разбивают на группы с небольшим допуском по весу для каждой группы (1—5 г). Следует отметить, что при приемке шатунов проверяют не только вес, но и положение центра тяжести шатуна, а также величину его момента инерции. Несоблюдение технических условий на обработку деталей двигателя может привести к возникновению значительных неуравновешенных сил инерции.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 17.

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

Определит силу инерции поршня от возвратно-поступательно движущихся деталей для двигателя 1Ч7.6/7.0 при частоте вращения коленчатого вала 5300 об в минуту, $m_{\text{п}} = 0,39$ кг масса поршневой группы, $m_{\text{ал}} = 0,177$ кг часть массы шатуна, сосредоточенная на оси поршневого пальца, $L = 0,125$ м – длина шатуна, при угле поворота коленчатого вала 30 градусов.

Ответ (решение): При движении поршня возникают силы инерции возвратно-поступательно движущихся деталей, определяемые по формуле: $R_{\text{ии}} = -m_a \cdot a = -0,567 \cdot 1212,03 = 687,2$ Н, здесь ускорение поршня $a = R \cdot \omega^2 \cdot (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi) = 0,035 \cdot 555 \cdot 555 \cdot (\cos 30 + 0,28 \cdot \cos 60) = -1212,03$, где ω – угловая скорость вращения коленчатого вала: $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3,14 \cdot 5300 / 30 = 555$ рад/с, $m_a = m_{\text{п}} + m_{\text{ал}} = 0,39 + 0,177 = 0,567$ кг – масса поступательно движущихся частей, $\lambda = R/L = 0,035 / 0,125 = 0,28$, где R – радиус кривошипа; $R = 0,035$ м.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

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

Определить центробежную силу от вращающихся частей коленчатого вала, приложенную в центре шатунной шейки точке В двигателя 1Ч7.6/7.0 при частоте вращения коленчатого вала 5300 об в минуту, $m_{\text{ш}} = 0,533$ кг, часть массы шатуна, совершающая вращательное движение с кривошипом, $m_{\text{шш}} = 0,28$ кг – масса шатунной шейки, $m_{\text{щ}} = 0,84$ кг – масса щеки, $X = 0,02$ – расстояние от центра тяжести щеки до оси коленчатого вала

Ответ (решение): Центробежная сила от вращающихся частей коленчатого вала, приложенная в центре шатунной шейки точке В определяется по следующей формуле:

$R_{ib} = -m_b \cdot R \cdot \omega^2 = -1,653 \cdot 0,035 \cdot 555^2 = -17821,7 \text{ Н}$, где m_b – масса деталей, совершающих вращательное движение, $m_b = m_{кр} + m_{bl} = 1,12 + 0,533 = 1,653 \text{ кг}$, где $m_{кр} = m_{шш} + 2m_{ш} \cdot X/R = 0,28 + 2 \cdot 0,840 \cdot 0,020/0,035 = 1,12 \text{ кг}$ – масса неуравновешенной части кривошипа, ω – угловая скорость вращения коленчатого вала:
 $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3,14 \cdot 5300/30 = 555 \text{ рад/с}$.

Задание с развернутым ответом
 Высокий уровень

Задание 19.

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

Определить погрешность определения крутящего момента в результате динамического расчета ДВС, если среднее значение суммарного крутящего момента определенное в расчете $\Sigma M_{кр\text{ср}} = 44,2 \text{ Нм}$, $N_i = 26,14 \text{ кВт}$ – индикаторная мощность полученная из теплового расчета, частота вращения 5500 оборотов в минуту.

Ответ (решение):

1) Определяем угловую скорость вращения коленчатого вала

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3,14 \cdot 5500 / 30 = 576 \text{ рад/с}.$$

2) Определяется также значение индикаторного крутящего момента:

$$M_{ср} = N_i / \omega = 26140 / 576 = 45,46 \text{ Нм}.$$

3) Погрешность определения крутящего момента определяется по следующей формуле:

$$\delta = \frac{\Sigma M_{кр\text{ср}} - M_{ср}}{M} \cdot 100 = \frac{44,2 - 45,46}{(44,2 + 45,46) / 2} \cdot 100 = 2,81\%$$

где $M = (\Sigma M_{кр\text{ср}} + M_{кр}) / 2$.

Величина погрешности не должна превышать 3%.

Задание с развернутым ответом
 Высокий уровень

Задание 20.

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

На шатунную шейку рядного двигателя 4Ч7.6/8.0 действуют силы $Z_a = 8072,4 \text{ Н}$ и $T_a = 2828 \text{ Н}$ и центробежная сила R_{ib} вращающейся массы шатуна. Определите результирующую силу $K_{шш}$, действующую на шатунную шейку, если масса шатуна, совершающая вращательное движение с кривошипом $m_{bl} = 0,533 \text{ кг}$, частота вращения коленчатого вала $n = 5500$ оборотов в минуту.

Ответ (решение):

1) Определяем угловую скорость вращения коленчатого вала

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3,14 \cdot 5500 / 30 = 576 \text{ рад/с}.$$

2) Радиус кривошипа $R = S/2 = 8/2 = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$

3) Определяем центробежную силу вращающейся массы шатуна R_{ib} :

$$R_{ib} = -m_{bl} \cdot R \cdot \omega^2 = 0,533 \cdot 0,04 \cdot 576^2 = -7072,4 \text{ Н}.$$

4) Определяем силу, действующую $Z_{ш} = Z_a + R_{ib} = 8072,4 + (-7072,4) = 1000 \text{ Н}$

4) Определяем результирующую силу $K_{шш}$, действующую на шатунную шейку

$$K_{шш} = \sqrt{Z_{ш}^2 + T_a^2} = \sqrt{1000^2 + 2828^2} = 3000 \text{ Н}$$

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 2

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	123	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	123	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	2	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	4	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	43215	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	32145	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	14325	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
12.	15234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
13.	A2B1B4Г5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
14.	A2B1B5Г3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
15.	A2B4B3Г1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
16.	Для устранения неуравновешенности, зависящей от неодинаковых масс, возвратно-поступательно движущихся частей, поршни и шатуны при сборке двигателя тщательно подбирают по весу. Обычно поршни и шатуны разбивают на группы с небольшим допуском по весу для каждой группы (1—5 г). Следует отметить, что при приемке шатунов проверяют не только вес, но и положение центра тяжести шатуна, а также величину его момента инерции. Несоблюдение технических условий на обработку деталей двигателя может привести к возникновению значительных неуравновешенных сил инерции.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
17.	При движении поршня возникают силы инерции возвратно-поступательно движущихся деталей, определяемые по формуле: $R_{ии} = -m_a \cdot a = -0,567 \cdot -1212,03 = 687,2 \text{ Н}$, здесь ускорение поршня $a = R \cdot \omega^2 \cdot (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi) = 0,035 \cdot 555 \cdot 555 \cdot (\cos 30 + 0,28 \cdot \cos 60) = -1212,03$, где ω - угловая скорость вращения коленчатого вала:	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено

	$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3,14 \cdot 5300 / 30 = 555 \text{ рад/с}, m_a = m_n + m_{al} = 0,39 + 0,177 = 0,567 \text{ кг} -$ масса поступательно движущихся частей, $\lambda = R/L = 0,035/0,125 = 0,28$, где R – радиус кривошипа; $R = 0,035 \text{ м}$.	более одной ошибки/ответ неправильный/ответ отсутствует - 0 баллов
18.	Центробежная сила от вращающихся частей коленчатого вала, приложенная в центре шатунной шейки точке В определяется по следующей формуле: $P_{ib} = -m_b \cdot R \cdot \omega^2 = -1,653 \cdot 0,035 \cdot 555^2 = -17821,7 \text{ Н}$, где m_b – масса деталей, совершающих вращательное движение, $m_b = m_{кр} + m_{bl} = 1,12 + 0,533 = 1,653 \text{ кг}$, где $m_{кр} = m_{шш} + 2m_{ш} \cdot X/R = 0,28 + 2 \cdot 0,840 \cdot 0,020 / 0,035 = 1,12 \text{ кг}$ – масса неуравновешенной части кривошипа, ω – угловая скорость вращения коленчатого вала: $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3,14 \cdot 5300 / 30 = 555 \text{ рад/с}$.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ответ отсутствует - 0 баллов
19.	1) Определяем угловую скорость вращения коленчатого вала $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3,14 \cdot 5500 / 30 = 576 \text{ рад/с.}$ 2) Определяется также значение индикаторного крутящего момента: $M_{cp} = N_i / \omega = 26140 / 576 = 45,46 \text{ Нм.}$ 3) Погрешность определения крутящего момента определяется по следующей формуле: $\delta = \frac{\Sigma M_{кр\text{cp}} - M_{cp}}{M} \cdot 100 = \frac{44,2 - 45,46}{(44,2 + 45,46) / 2} \cdot 100 = 2,81 \%$ где $M = (\Sigma M_{кр\text{cp}} + M_{кр}) / 2$. Величина погрешности не должна превышать 3%.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ответ отсутствует - 0 баллов
20.	1) Определяем угловую скорость вращения коленчатого вала $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3,14 \cdot 5500 / 30 = 576 \text{ рад/с.}$ 2) Радиус кривошипа $R = S/2 = 8/2 = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$ 3) Определяем центробежную силу вращающейся массы шатуна P_{ib1}: $P_{ib1} = -m_{bl} \cdot R \cdot \omega^2 = 0,533 \cdot 0,04 \cdot 576^2 = -7072,4 \text{ Н.}$ 4) Определяем силу, действующую $Z_{ш} = Z_a + P_{ib1} = 8072,4 + (-7072,4) = 1000 \text{ Н}$ 4) Определяем результирующую силу $K_{шш}$, действующую на шатунную шейку $K_{шш} = \sqrt{Z_{ш}^2 + T_a^2} = \sqrt{1000^2 + 2828^2} = 3000 \text{ Н}$	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ответ отсутствует - 0 баллов

Шкала оценивания теста

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

Оценочные средства по дисциплине «Динамика ДВС»

Вопросы при защите практической работы (базовый уровень):

1. Как определить перемещение поршня?
2. Как определить скорость поршня?
3. Как определить ускорение поршня?
4. Особенности дезаксиального кривошипно-шатунного механизма.
5. Как проводится разноска масс шатуна и зачем она нужна?
6. Какие силы инерции от поступательно движущихся масс действуют на КШМ?
7. Силы инерции вращающихся масс КШМ.

8. Индикаторная диаграмма бензинового двигателя.
9. Индикаторная диаграмма дизеля.
10. Какие силы действуют на КШМ?
11. Каким образом происходит распределение сил и моментов на кривошипах многоцилиндровых ДВС?
12. Крутящие моменты на коренных и шатунных шейках.
13. Нагрузки, действующие на шатунные шейки и подшипники коленчатого вала.
14. Векторные диаграммы нагрузок, действующих на шатунную шейку и подшипник.
15. Векторные диаграммы нагрузок, действующих на коренную шейку и подшипник.
16. Нагрузки, действующие на коренные шейки и подшипники коленчатого вала.
17. Силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс первого и второго порядков.
18. Расчет коленчатого вала на прочность. Расчетные схемы.
19. Силы, действующие на элементы коленчатого вала.
20. Моменты, действующие на элементы коленчатого вала.
21. Основные конструктивные соотношения элементов коленчатого вала.
22. Удельные давления на поверхности коренных и шатунных шеек.
23. Прочностной расчет коренных шеек коленчатого вала.
24. Прочностной расчет шатунных шеек коленчатого вала на скручивание.
25. Прочностной расчет шатунных шеек коленчатого вала на изгиб.
26. На какие нагрузки рассчитывают щеки коленчатого вала?

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к практическим занятиям по дисциплине «Динамика ДВС» (для студентов направления подготовки 13.03.03.«Энергетическое машиностроение» специальности «Двигатели внутреннего сгорания)/ Сост. М.А.Брянцев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. - 59с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству практическая работа

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

Вопросы при защите лабораторных работ (базовый уровень):

1. Теоретические предпосылки разности масс шатуна.
2. Почему при динамическом расчете двигателя силы инерции шатуна определяются применительно к двухмассовой системе?
3. С помощью каких САД-систем твердотельного моделирования возможно проектирование, разность масс и определение центра тяжести шатуна проектируемого двигателя?

4. Методы статической балансировки деталей ДВС.
5. Принципы уравнивания центробежных сил инерции и их моментов в рядных двигателях.
6. Принципы уравнивания центробежных сил инерции и их моментов в V образных двигателях.
7. Как доказать динамическую эквивалентность заменяющей трехмассовой системы шатуна действительному шатуну?
8. Почему при разноске масс шатуна методом взвешивания расстояние между опорами призм должно быть равно L ?
9. Каковы теоретические предпосылки разnosки масс шатуна методом качания как физического маятника?
10. Как изменится работа двигателя, если массы шатунов будут равны, а центры тяжести для всех шатунов будут различны?
11. Каковы причины неуравновешенности деталей?
12. Как влияет неуравновешенность вращающихся масс на работу механизма?
13. Почему перед проведением статической балансировки требуется проверка горизонтальности и параллельности направляющих ножей прибора?
14. Каков порядок проведения статической балансировки?
15. Уравнивание одноцилиндрового двигателя без применения системы Ланчестера.
16. Уравнивание одноцилиндрового двигателя при помощи системы дополнительных валов.
17. Уравнивание 2-х цилиндрового рядного двигателя с кривошипами, направленными в одну сторону.
18. Уравнивание 2-х цилиндрового рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 180° .
19. Уравнивание 2-х цилиндрового двигателя с противоположным расположением цилиндров и кривошипами под углом 180° .
20. Уравнивание 3-х цилиндрового рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 120° .
21. Уравнивание 4-х цилиндрового рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 180° .
22. Уравнивание 4-х цилиндрового рядного двигателя с крестообразным валом.
23. Уравнивание 4-х цилиндрового оппозитного двигателя (цилиндры 1,3 и 2,4) с кривошипами, расположенными под углом 180° .
24. Уравнивание 4-х цилиндрового оппозитного двигателя (цилиндры 1,4 и 2,3) с кривошипами, расположенными под углом 180° .
25. Уравнивание 4-х цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90° и кривошипами, расположенными под углом 90° .
26. Уравнивание 6-и цилиндрового рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 120° .
27. Уравнивание 8-и цилиндрового рядного двигателя.
28. Теоретическая и действительная уравновешенность двигателя.

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к лабораторным работам по дисциплине "Динамика ДВС" [Электронный ресурс]: для студентов специальности "Двигатели внутреннего сгорания"/ Сост.: Данилейченко А.А. – Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2015.- 27с.;

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству лабораторная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
---------------------------------------	---------------------

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

Варианты курсовой работы (высокий уровень):

Целью курсовой работы является закрепление студентами теоретических сведений и приобретение практических навыков в выполнении динамического расчета и проектированию коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания.

Курсовая работа состоит из расчетной и графической частей. Графическую часть составляет 1 лист формата A1 (594x841) и содержит схему кривошипно-шатунного механизма с указанием нагрузок, действующих на его элементы, или рабочий чертеж шатуна (по согласованию с руководителем работы); схему уравнивания кривошипно-шатунного механизма; графики сил и моментов; векторную диаграмму нагрузок, действующих на шатунную шейку коленчатого вала.

Расчетная часть оформляется в виде пояснительной записки к курсовой работе, которая содержит:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- динамический расчет кривошипно-шатунного механизма, включая его уравнивание;
- конструирование и расчет на прочность элементов коленчатого вала двигателя;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения.

Расчеты выполняются с применением системы СИ и при необходимости сопровождаются расчетными схемами. Расчеты, графики и пояснительная записка могут быть выполнены и оформлены автором работы с применением ЭВМ (по согласованию с руководителем работы и с разрешения заведующего кафедрой).

Варианты заданий по курсовой работе

№ вар.	Прототип*	D, мм	R, мм	L, мм	n, мин ⁻¹	ε	P _a , Па	P _c , Па	P _z , Па	P _b , Па	P _r , Па	V _z , см ³	n _p	n _c
1	BA3-2101	77	34	121	5300	8,8	90057	1610400	6776700	458078	113470	41,81	1,256	1,326

2	BA3-2101	79	33	115	5600	8,0	90434	1424800	5246700	427584	111835	46,88	1,223	1,326
3	BA3-2103	75	41	140	5400	9,1	90198	1689000	6509800	448871	114593	45,50	1,227	1,327
4	BA3-2103	78	40	142	5700	8,7	89019	1576000	6444400	451177	115887	51,13	1,246	1,328
5	MeM3-966	72	33	103	4500	6,8	91518	1162600	4628200	434851	109381	47,00	1,253	1,326
6	MeM3-966	70	34	110	4200	7,0	91895	1217900	5267100	479100	109445	44,26	1,251	1,328
7	BA3-2106	78	41	148	5900	8,9	88265	1605700	6195000	434056	117636	51,09	1,233	1,327
8	BA3-2106	81	42	152	6100	9,5	86709	1719800	6552400	410966	118396	51,83	1,246	1,327
9	BA3-2106	79	40	145	5500	8,4	88076	1481700	5794000	431738	114672	54,58	1,237	1,326
10	MeM3-968	74	32	125	4400	7,0	91660	1221100	5165800	465857	109858	47,25	1,255	1,331
11	A3ЛК-412	83	36	135	5900	9,0	89868	1654000	5954000	410751	113595	50,16	1,234	1,326
12	MeM3-968	78	33	130	4600	7,7	91330	1376000	4641600	404120	109561	47,75	1,213	1,329
13	A3ЛК-412	80	38	138	5500	9,2	89444	1695800	6521800	429096	114496	47,35	1,243	1,326
14	ЗИЛ-130	105	51	186	3400	6,5	82890	999800	4105300	422637	111736	163,8	1,234	1,330
15	ЗИЛ-130	101	47	190	3100	7,0	86897	1159600	4772700	441195	110622	129,3	1,243	1,332
16	A3ЛК-412	82	35	128	5100	8,5	89491	1535300	6544600	473457	112924	50,04	1,244	1,328
17	A3ЛК-408	73	35	140	4400	7,2	92273	1261600	4504700	413521	109809	48,67	1,228	1,325
18	A3ЛК-408	76	36	138	4800	7,5	91518	1325300	5003200	432917	111803	51,76	1,233	1,327
19	A3ЛК-408	78	38	146	5100	8,0	90622	1428200	5287100	432416	112008	53,44	1,221	1,326
20	ЗИЛ-375	110	48	188	3600	7,5	82088	1194200	4454200	381990	112356	144,5	1,237	1,329
21	MeM3-245	75	32	124	5600	9,8	90905	1873900	7266300	432471	113213	32,58	1,252	1,326
22	MeM3-245	70	34	131	5100	9,0	91801	1697700	7047500	474359	113010	33,69	1,245	1,328
23	ГА3-24	90	48	175	5000	8,5	87746	1500800	6209700	449218	115735	83,00	1,244	1,327
24	ЗИЛ-375	112	47	192	3900	7,2	80862	1115800	3992400	360967	112322	152,2	1,236	1,330
25	Ч 8,5/11	88	56	195	2000	12,0	96727	2897400	4635800	392270	109809	105,4	1,264	1,368
26	Ч 8,5/11	83	54	215	2500	14,0	95498	3498300	5597200	326287	110417	63,34	1,238	1,364
27	Ч 8,5/11	87	57,5	223	2800	18,0	92992	4764500	7623200	285506	112173	53,76	1,263	1,362
28	Ч 25/34	256	173	590	1000	13,0	93139	3108100	4662100	328161	116278	2367	1,267	1,368
29	Ч 10,5/13	100	64	220	2500	14,0	92058	3389200	5761600	289463	115193	104,3	1,278	1,366
30	Ч 25/34	248	172	620	850	12,5	95941	3033700	3943800	288757	112375	2300	1,270	1,367
31	Ч 10,5/13	102	67	245	2800	16,0	91566	4019000	8038000	264056	114715	77,97	1,262	1,364

32	Ч 10,5/13	105	69	270	3000	19,0	89600	4943500	10875700	308926	117027	72,36	1,246	1,362
33	Ч 12/14	118	73	250	3400	15,0	90928	3671100	5873700	328712	120028	166,7	1,242	1,366
34	Ч 12/14	123	69	270	3100	16,5	91861	4218800	7593800	317607	119873	139,5	1,256	1,365
35	Ч 12/14	125	72	290	3600	18,5	90289	4800800	10081600	265339	119706	103,3	1,259	1,362
36	Ч 13/18	131	88	320	2500	14,0	91812	3380200	5746300	298174	120402	246,1	1,264	1,366
37	Ч 13/18	128	93	335	2350	16,0	93975	4118100	7824300	262692	115980	175,6	1,271	1,363
38	Ч 25/34	252	168	640	600	15,0	97219	3934800	6295600	276288	109445	1547	1,277	1,367
39	Ч 13/18	135	91	310	2250	18,0	93532	4808100	9616200	314037	116856	178,9	1,251	1,363
40	Ч 15/18	156	92	320	1900	15,5	94417	3983700	8764100	314344	113105	269,3	1,262	1,365
41	Ч 15/18	149	89	315	2100	17,5	95154	4717900	8492200	301206	116446	228,2	1,251	1,364
42	Ч 15,5/20,5	159	105	380	1400	14,3	96481	3641800	6919400	288298	111811	359,2	1,259	1,365
43	Ч 15,5/20,5	155	103	370	1100	16,3	97219	4399700	9239300	298237	111090	279,7	1,276	1,366

Вопросы при защите курсовой работы:

1. Формула определения силы инерции вращающихся масс КШМ.
2. Какие силы инерции от поступательно движущихся масс действуют на КШМ?
3. Как определить перемещение поршня?
4. Как определить скорость поршня?
5. Как определить ускорение поршня?
6. Расчет силы инерции вращающихся масс КШМ.
7. Какие силы действуют на КШМ?
8. Каким образом происходит распределение сил и моментов на кривошипах многоцилиндровых ДВС?
9. Каким образом происходит распределение крутящих моментов на коренных и шатунных шейках?
10. Нагрузки, действующие на шатунные шейки и подшипники коленчатого вала.
11. Как строятся векторные диаграммы нагрузок, действующих на шатунную шейку и подшипник?
12. Как строятся векторные диаграммы нагрузок, действующих на коренную шейку и подшипник?
13. Какие нагрузки действуют на коренные шейки и подшипники коленчатого вала?
14. Как определить силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс первого и второго порядков?
15. Какие силы действуют на коленчатый вал? Расчетные схемы.
16. Силы, действующие на элементы коленчатого вала.
17. Моменты, действующие на элементы коленчатого вала.
18. Какие основные конструктивные соотношения элементов коленчатого вала?
19. Как определяются удельные давления на поверхности коренных и шатунных шеек?
20. Какие силы действуют на коренные шейки коленчатого вала?
21. Прочностной расчет шатунных шеек коленчатого вала на скручивание.
22. Прочностной расчет шатунных шеек коленчатого вала на изгиб.
23. На какие нагрузки рассчитывают щеки коленчатого вала?

Выполняется по методическим указаниям к выполнению курсовой работы по дисциплине "Динамика ДВС" для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания») / Сост. М.А.Брянцев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2018.- 38с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству курсовая работа

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

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен):

БИЛЕТ 1

1. Прочностной расчет щек коленчатого вала.
2. Уравновешивание 4-х цилиндрического оппозитного двигателя (цилиндры 1,3 расположены по одну сторону вала и 2,4 – по другую) с кривошипами, расположенными под углом 180^0 .
3. Определить перемещение поршня при повороте кривошипа радиусом 50 мм на угол 60^0 при следующих размерах шатуна: а) 150 мм; б) 18 см; в) 0,22 м.

БИЛЕТ 2

1. Прочностной расчет шатунных шеек коленчатого вала на изгиб.
2. Уравновешивание 4-х цилиндрического рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 180^0 .
3. Определить скорость поршня при повороте кривошипа радиусом 80 мм на угол 30^0 при следующих размерах шатуна: а) 180 мм; б) 21 см; в) 0,24 м и частоте вращения вала $n=5000 \text{ мин}^{-1}$.

БИЛЕТ 3

1. Прочностной расчет шатунных шеек коленчатого вала на скручивание.
2. Уравновешивание 3-х цилиндрического рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 120^0 .
3. Определить ускорение поршня при повороте кривошипа радиусом 60 мм на угол 90^0 при следующих размерах шатуна: а) 130 мм; б) 15 см; в) 0,21 м и частоте вращения вала $n=6500 \text{ мин}^{-1}$.

БИЛЕТ 4

1. Прочностной расчет коренных шеек коленчатого вала.
2. Уравновешивание 2-х цилиндрического двигателя с противоположным расположением цилиндров и кривошипами под углом 180^0 .
3. Определить перемещения поршня первого и второго порядков при повороте кривошипа радиусом 45 мм на угол 45^0 при следующих размерах шатуна: а) 150 мм; б) 18 см; в) 0,22 м.

БИЛЕТ 5

1. Удельные давления на поверхности коренных и шатунных шеек.
2. Уравновешивание 2-х цилиндрового рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 180^0 .
3. Определить скорости поршня первого и второго порядков при повороте кривошипа радиусом 150 мм на угол 60^0 при следующих размерах шатуна: а) 350 мм; б) 38 см; в) 0,42 м и частоте вращения вала $n=4000 \text{ мин}^{-1}$.

БИЛЕТ 6

1. Основные конструктивные соотношения элементов коленчатого вала.
2. Уравновешивание одноцилиндрового двигателя при помощи системы дополнительных валов.
3. Определить ускорения поршня первого и второго порядков при повороте кривошипа радиусом 90 мм на угол 30^0 при следующих размерах шатуна: а) 270 мм; б) 29 см; в) 0,32 м и частоте вращения вала $n=3000 \text{ мин}^{-1}$.

БИЛЕТ 7

1. Моменты, действующие на элементы коленчатого вала.
2. Уравновешивание одноцилиндрового двигателя без применения системы Ланчестера.
3. Вычислить силу давления газов на поршень в цилиндре двигателя Ч12/14 при угле поворота кривошипа 340^0 , если давление в картере 0,11 МПа, давление $P_a=95 \text{ кПа}$, показатель политропы сжатия 1,32; степень сжатия 14; $L=0,21 \text{ м}$.

БИЛЕТ 8

1. Силы, действующие на элементы коленчатого вала.
2. Уравновешивание 2-х цилиндрового рядного двигателя с кривошипами, направленными в одну сторону.
3. Вычислить силу инерции поступательно движущихся масс КШМ двигателя Ч12/14 при повороте кривошипа на угол 45^0 , при длине шатуна 0,23 м, $n=2500 \text{ мин}^{-1}$.

БИЛЕТ 9

1. Расчет коленчатого вала на прочность. Расчетные схемы.
2. Уравновешивание 4-х цилиндрового V образного двигателя с углом развала цилиндров $\gamma=90^0$ и с кривошипами под углом 180^0 .
3. Вычислить силу, действующую нормально к оси цилиндра в двигателе Ч13/18 при угле поворота кривошипа 350^0 , если давление $P_a=98 \text{ кПа}$, показатель политропы сжатия 1,325; степень сжатия 15; длина шатуна 0,27 м.

БИЛЕТ 10

1. Нагрузки, действующие на коренные шейки и подшипники коленчатого вала.
2. Уравновешивание 2-х цилиндрового V образного двигателя с углом развала цилиндров $\gamma=90^0$.
3. Вычислить силу, действующую вдоль шатуна в двигателе Ч18/22 при угле поворота кривошипа 390^0 , если давление в картере 0,11 МПа, давление $P_b=450 \text{ кПа}$, показатель политропы расширения 1,24; степень сжатия 17; длина шатуна $L=0,21 \text{ м}$.

БИЛЕТ 11

1. Векторные диаграммы нагрузок, действующих на коренную шейку и подшипник.
2. Уравновешивание одноцилиндрового двигателя без применения системы Ланчестера.
3. Вычислить нормальную составляющую силы Q в двигателе Ч7,6/6,6 (ВАЗ–2101) при угле поворота кривошипа 310^0 , если давление $P_a=97 \text{ кПа}$, показатель политропы сжатия 1,33; степень сжатия 9; длина шатуна 0,115 м.

БИЛЕТ 12

1. Векторные диаграммы нагрузок, действующих на шатунную шейку и подшипник.
2. Силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс первого и второго порядков.
3. Уравновесить одноцилиндровый двигатель на базе Ч7,6/6,6 (ВАЗ–2101) длина шатуна 0,12 м.

БИЛЕТ 13

1. Нагрузки, действующие на шатунные шейки и подшипники коленчатого вала.
2. Уравновешивание 2-х цилиндрического V образного двигателя с углом развала цилиндров $\gamma \neq 90^\circ$.
3. Вычислить крутящий момент на кривошипе двигателя Ч7,9/8,0 (ВАЗ–2106) при угле поворота кривошипа 270° , если давление $P_a=95$ кПа, показатель политропы сжатия 1,36; степень сжатия 8,5; длина шатуна 0,14 м.

БИЛЕТ 14

1. Крутящие моменты на коренных и шатунных шейках.
2. Уравновешивание 6-и цилиндрического рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 120° .
3. Вычислить силу инерции создаваемую вращающимися массами КШМ двигателя Ч7,9/8,0 (ВАЗ–2106) при угле поворота кривошипа 270° , $n=5000 \text{ мин}^{-1}$

БИЛЕТ 15

1. Распределение сил и моментов на кривошипах многоцилиндровых ДВС.
2. Уравновешивание 8-и цилиндрического рядного двигателя.
3. Выполнить динамический расчет двигателя 2Ч12/14 при угле поворота кривошипа 300° , если давление $P_a=92$ кПа, $P_r=0.1$ МПа, показатель политропы сжатия 1,33; степень сжатия 18; $L=0,21$ м, частота вращения вала 2700 мин^{-1} .

БИЛЕТ 16

1. Силы, действующие на КШМ.
2. Теоретическая и действительная уравновешенность двигателя.
3. Выполнить динамический расчет двигателя 2Ч13/18 при угле поворота кривошипа 220° , если давление $P_a=95$ кПа, $P_r=0.11$ МПа, показатель политропы сжатия 1,3; степень сжатия 14,5; $L=0,25$ м, частота вращения вала 3000 мин^{-1} .

БИЛЕТ 17

1. Центральные и дезаксиальные кривошипно-шатунные механизмы.
2. Уравновешивание 4-х цилиндрического оппозитного двигателя (цилиндры 1,4 и 2,3) с кривошипами, расположенными под углом 180° .
3. Выполнить динамический расчет двигателя 2Ч7,9/8 при угле поворота кривошипа 380° , если давление $P_a=96$ кПа, $P_b=0.42$ МПа, показатель политропы расширения 1,23; степень сжатия 9; $L=0,13$ м, частота вращения вала 6000 мин^{-1} .

БИЛЕТ 18

1. Индикаторная диаграмма двигателя.
2. Уравновешивание 4-х цилиндрического оппозитного двигателя (цилиндры 1 и 3 – расположены по одну сторону вала, а 2 и 4 – по другую) с кривошипами, расположенными под углом 180° .
3. Выполнить динамический расчет двигателя 2Ч7,9/8 при угле поворота кривошипа 25° , если давление $P_a=91$ кПа, $P_b=0.54$ МПа, показатель политропы расширения 1,25; степень сжатия 7; $L=0,145$ м, частота вращения вала 4500 мин^{-1} .

БИЛЕТ 19

1. Силы инерции вращающихся масс КШМ.
2. Уравновешивание 4-х цилиндрического рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 180° .
3. Выполнить динамический расчет двигателя 2Ч7,6/6,6 при угле поворота кривошипа 580° , если давление $P_a=93$ кПа, $P_r=0.15$ МПа, показатель политропы сжатия 1,35; степень сжатия 10,5; $L=0,12$ м, частота вращения вала 6500 мин^{-1} .

БИЛЕТ 20

1. Силы инерции поступательно движущихся масс КШМ.
2. Уравновешивание 4-х цилиндрического рядного двигателя с крестообразным валом.
3. Вычислить силу давления газов на поршень в цилиндре двигателя Ч7,6/6,6 при угле поворота кривошипа 270° , если давление в картере 102 кПа, давление $P_a=0,94$ МПа, показатель политропы сжатия 1,31; степень сжатия 8; $L=0,14$ м.

БИЛЕТ 21

1. Разноска масс шатуна.
2. Уравновешивание 3-х цилиндрического рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 120^0 .
3. Вычислить силу, действующую нормально к оси цилиндра в двигателе Ч7,9/8,0 при угле поворота кривошипа 330^0 , если давление $P_a=97$ кПа, показатель политропы сжатия 1,33; степень сжатия 10; длина шатуна 0,15 м.

БИЛЕТ 22

1. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм.
2. Уравновешивание 2-х цилиндрического двигателя с противоположным расположением цилиндров и кривошипами под углом 180^0 .
3. Вычислить силу, действующую вдоль шатуна в двигателе Ч7,6/6,6 при угле поворота кривошипа 410^0 , если давление в картере 0,15 МПа, давление $P_b=450$ кПа, показатель политропы расширения 1,24; степень сжатия 8; $L=0,15$ м.

БИЛЕТ 23

1. Ускорение поршня.
2. Уравновешивание 2-х цилиндрического рядного двигателя с кривошипами, направленными в одну сторону.
3. Вычислить тангенциальную составляющую силы Q в двигателе Ч12/14 при угле поворота кривошипа 300^0 , если давление $P_a=96$ кПа, показатель политропы сжатия 1,31; степень сжатия 19; длина шатуна 0,25 м.

БИЛЕТ 24

1. Скорость поршня.
2. Уравновешивание 2-х цилиндрического рядного двигателя с кривошипами, расположенными под углом 180^0 .
3. Вычислить крутящий момент на кривошипе двигателя Ч7,6/6,6 (ВАЗ–2101) при угле поворота кривошипа 200^0 , если давление $P_a=88$ кПа, показатель политропы сжатия 1,35; степень сжатия 9,5; длина шатуна 0,15 м.

БИЛЕТ 25

1. Перемещение поршня.
2. Уравновешивание одноцилиндрового двигателя при помощи системы дополнительных валов.
3. Вычислить крутящий момент на выходном фланце двигателя 2Ч13/18 при угле поворота кривошипа 210^0 , если давление $P_a=95$ кПа, показатель политропы сжатия 1,39; степень сжатия 21; длина шатуна 0,25 м.

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

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной

	форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

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

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

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

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
 - продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;
 - продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

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