

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Уравновешивание и крутильные колебания ДВС»

1. Перечень оценочных средств для компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-3: Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции представлены в разделе «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций» рабочей программы дисциплины «Уравновешивание и крутильные колебания ДВС».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Уравновешивание и крутильные колебания ДВС» используется 100-балльная шкала.

Критерий	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по традиционной шкале
Студент освоил изучаемый материал, выполняет задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций, может допускать отдельные ошибки.	25-100	<i>Зачтено</i>
Студент не освоил основное содержание изученного материала, задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно.	0-24	<i>Не зачтено</i>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки уровня достижения компетенций в соответствии с индикаторами

1. Задача на описание конструктивной схемы и основных характеристик кривошипно-шатунного механизма теплового двигателя

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2 Описывает принципы действия, функции и основные характеристики тепловых двигателей, энергетических машин и установок

Используя чертежи (продольный и поперечный разрезы), описать конструктивную схему кривошипно-шатунного механизма теплового двигателя (по заданию). Определить основные конструктивные размеры: число и расположение цилиндров, порядок работы цилиндров, количество точек отбора мощности, углы заклинки кривошипов коленчатого вала, угол развала блоков для V-образных двигателей.

Рассчитать рабочий объем цилиндра, объем камеры сгорания, полный объем цилиндра, литраж двигателя, радиус кривошипов коленчатого вала, отношение радиуса кривошипа к длине шатуна, угловую скорость вращения вала, интервалы между вспышками в цилиндрах, рядах и отсеках.

Используя статистический метод (таблицы конструктивных масс) рассчитать подвижные массы поршневой группы, шатунной группы, неуравновешенные массы кривошипов коленчатого вала, массы поступательно движущихся деталей, массы вращающихся деталей.

Варианты заданий

№ варианта	Базовый двигатель	Диаметр цилиндра D, мм	Ход поршня S, мм	Степень сжатия ϵ	Длина шатуна $L_{ш}$, мм	Частота вращения n , мин ⁻¹
1	Д-21 (2R)	105	120	15,5	215	1600
2	БМД-3 (3R)	150	180	15	300	1500
3	Д-440 (4R)	130	140	16,5	265	1800
4	Д-460 (6R)	130	140	16,5	265	2000
5	ЯМЗ-236 (6V90)	130	140	16	280	2100
6	Д-20 (6V120)	150	150	15,8	270	2200
7	ЯМЗ-238 (8V90)	130	140	16	280	2300
8	Д-29 (10V144)	150	150	15,8	270	2600
9	ЯМЗ-240 (12V75)	130	140	16,5	280	2100
10	Д-12 (12V60)	150	180	14,5	320	2000

Таблица 1 – Конструктивные массы элементов КШМ

Конструктивные массы	Бензиновые двигатели		Дизели	
Поршневой группы $m_{пг}^*$, [кг/м ²]	$n_n < 4500 \text{ мин}^{-1}$	$n_n > 4500 \text{ мин}^{-1}$	Автомоб.	Тракторн.
	(1.2÷1.3)D	(1.3÷1.4)D	(2.0÷2.2)D	(2.2÷2.4)D
Пределы измерения $m_{пг}^*$, [кг/м ²]	100-170		180-280	
Шатунной группы $m_{ш}^*$, [кг/м ²]	(1.5÷1.6)D	(1.8÷2.0)D	(2.3÷2.5)D	(2.5÷2.8)D
Пределы измерения $m_{ш}^*$, [кг/м ²]	90-150		250-360	
Неуравновешенной части кривошипа $m_{к}^*$, [кг/м ²]	Стальной вал	Чугунный вал	Стальной вал	Чугунный вал
Пределы измерения $m_{к}^*$, [кг/м ²]	200-300	100-200	250-350	150-350

Примечание:

- В таблице 1 D – диаметр цилиндра проектируемого двигателя в мм;
- Для определения масс деталей КШМ в кг величину конструктивной массы необходимо умножить на площадь поршня в м².

2.Задача на использование метода векторного анализа для оценки уравновешенности КШМ рядного поршневого двигателя

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1 Использует методы анализа и моделирования рабочих процессов тепловых двигателей, энергетических машин и установок

Используя метод векторного анализа, оценить динамическую уравновешенность кривошипно-шатунного механизма рядного двигателя с различным числом цилиндров и вариативными схемами заклинки кривошипов коленчатого вала.

Оценку провести по шести условиям уравновешенности:

- по сумме сил инерции поступательно движущихся масс I порядка ΣP_I ;
- по сумме сил инерции поступательно движущихся масс II порядка ΣP_{II} ;
- по сумме центробежных сил инерции вращающихся масс ΣP_R ;
- по сумме моментов от сил инерции поступательно движущихся масс I порядка ΣM_I ;
- по сумме моментов от сил инерции поступательно движущихся масс II порядка ΣM_{II} ;
- по сумме моментов от центробежных сил инерции вращающихся масс ΣM_R .

В принятых масштабах $\mu_P \left[\frac{H}{MM} \right]$ и $\mu_M \left[\frac{H \cdot M}{MM} \right]$ построить:

- годографы фиктивных радиус-векторов C_I и C_{II} и сил инерции P_I , P_{II} , P_R для 1 цилиндра;
- годографы суммарных сил инерции ΣP_I , ΣP_{II} , ΣP_R и суммарных моментов от этих сил ΣM_I , ΣM_{II} , ΣM_R для развернутой схемы КШМ двигателя.

Определить графически (или аналитически) величину и направление сил и моментов P_I , P_{II} , P_R , ΣP_I , ΣP_{II} , ΣP_R , ΣM_I , ΣM_{II} , ΣM_R для различных углов поворота коленчатого вала $\varphi = 0; 30; 90; 180; 240$ °п.к.в.

Оценить влияние частоты вращения коленчатого вала двигателя на величину сил инерции и моментов от сил инерции.

Варианты заданий

№ варианта	Базовый двигатель	Ход поршня S, мм	Длина шатуна L _ш , мм	Масса порш. m _п , кг	Масса шатун. m _ш , кг	Масса колена m _к , кг	Частота вращения n, мин ⁻¹
1	Д-21 (2R)	120	215	2,200	2,109	1,930	1600
2	ВАЗ 1111 (2R)	76	71	0,441	0,649	0,675	5500
3	БМД-3 (3R)	180	300	5,466	6,370	4,420	1500
4	Бийск-45 (3R)	60	112	0,355	0,206	0,750	5000
5	ВАЗ-341 (4R)	84	136	0,545	0,761	0,823	1800
6	ЯАЗ-204 (4R)	127	280	3,040	3,140	2,950	2000
7	ЗД6н (6R)	180	320	3,710	6,400	4,420	2000
8	ЯАЗ-206 (6R)	127	280	3,040	3,140	2,950	1500

3. Задача на использование метода векторного анализа для оценки уравновешенности КШМ V-образного поршневого двигателя от сил инерции поступательно движущихся масс I порядка и центробежных сил инерции и моментов от этих сил

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1 Использует методы анализа и моделирования рабочих процессов тепловых двигателей, энергетических машин и установок

Используя метод векторного анализа, оценить динамическую уравновешенность от сил инерции поступательно движущихся масс I порядка и центробежных сил инерции вращающихся масс плоского отсека V-образного двигателя с заданным углом развала блоков $2V\gamma$.

Построить динамически эквивалентную модель (ДЭМ1) плоского отсека $2V\gamma$ с разложением на вспомогательные силы F, P и Q.

Для 1 отсека построить годографы сил инерции P_{I1} и P_{R1} в принятом масштабе $\mu_P \left[\frac{H}{MM} \right]$, годографы производных от них сил F, P и Q и годограф суммарной силы $P_1 = P_{I1} + P_{R1} = P + Q$.

Определить графически (или аналитически) величину и направление сил P_1 , P_{I1} , P_{R1} , P, Q для различных углов поворота коленчатого вала $\alpha = 0; 30; 90; 180; 240$ °п.к.в.

Оценить уравновешенность развернутой схемы КШМ по 4 условиям:

- по сумме производных сил инерции ΣP ;
- по сумме производных сил инерции ΣQ ;
- по сумме моментов от производных сил инерции ΣM_P ;
- по сумме моментов от производных сил инерции ΣM_Q .

Варианты заданий

№ варианта	Базовый двигатель	Ход поршня S, мм	Длина шатуна $L_{ш}$, мм	Масса порш. m_p , кг	Масса шатуна (пост./вращ.) $m_{ш}$, кг	Масса колена m_k , кг	Частота вращения n , мин ⁻¹
1	ЯМЗ-236 (6V90)	140	280	3,524	4,330	3,982	2100
2	Д-20 (6V120)	150	270	3,930	5,47 (1,42/4,05) 3,48 (1,13/2,35)	5,300	2200
3	ЯМЗ-238 (8V90)	140	280	3,524	4,330	4,420	2300
4	Д-29Б (10V144)	150	270	3,930	5,47 (1,42/4,05) 3,48 (1,13/2,35)	4,410	2600
5	ЯМЗ-240 (12V75)	140	280	3,524	4,210	4,457	2100
6	Д-12 (12V60)	180	320	3,710	6,55 3,145	5,100	2000

4. Задача на использование метода векторного анализа для оценки уравновешенности КШМ V-образного поршневого двигателя от сил инерции поступательно движущихся масс II порядка и моментов от этих сил

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1 Использует методы анализа и моделирования рабочих процессов тепловых двигателей, энергетических машин и установок

Используя метод векторного анализа, оценить динамическую уравновешенность от сил инерции поступательно движущихся масс II порядка плоского отсека V-образного двигателя с заданным углом развала блоков $2V\gamma$.

Построить динамически эквивалентную модель (ДЭМ2) плоского отсека $2V\gamma$ с разложением на вспомогательные силы K и Z .

Для 1 отсека построить годограф суммарной силы инерции P_{II1} в принятом масштабе $\mu_P \left[\frac{H}{MM} \right]$ и годографы производных сил K и Z .

Определить графически (или аналитически) величину и направление сил P_{II1} , K , Z для различных углов поворота коленчатого вала $\alpha = 0; 30; 90; 180; 240$ °п.к.в.

Оценить уравновешенность развернутой схемы КШМ по 4 условиям:

- по сумме производных сил инерции ΣK ;
- по сумме производных сил инерции ΣZ ;
- по сумме моментов от производных сил инерции ΣM_K ;
- по сумме моментов от производных сил инерции ΣM_Z .

Варианты заданий

№ варианта	Базовый двигатель	Ход поршня S , мм	Длина шатуна $L_{ш}$, мм	Масса порш. m_p , кг	Масса шатуна (пост./вращ.) $m_{ш}$, кг	Масса колена m_k , кг	Частота вращения n , мин ⁻¹
1	ЯМЗ-236 (6V90)	140	280	3,524	4,330	3,982	2100
2	Д-20 (6V120)	150	270	3,930	5,47 (1,42/4,05) 3,48 (1,13/2,35)	5,300	2200
3	ЯМЗ-238 (8V90)	140	280	3,524	4,330	4,420	2300
4	Д-29Б (10V144)	150	270	3,930	5,47 (1,42/4,05) 3,48 (1,13/2,35)	4,410	2600
5	ЯМЗ-240 (12V75)	140	280	3,524	4,210	4,457	2100
6	Д-12 (12V60)	180	320	3,710	6,55 3,145	5,100	2000

5. Задача на обоснование конкретных технических решений при разработке и создании механизмов уравновешивания. Выбор конструктивной схемы уравновешивающего механизма с расчетом расположения и масс противовесов.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2 Описывает принципы действия, функции и основные характеристики тепловых

	двигателей, энергетических машин и установок
--	--

При помощи выбранного критерия уравновешенности обосновать техническое решение о необходимости применения и конструктивную схему механизма уравновешивания.

Описать принцип действия предложенного механизма.

Для принятой схемы расположения грузов рассчитать положения центров тяжести и массы противовесов для полного или частичного уравновешивания КШМ.

Варианты:

- конструктивная схема механизма для полного уравновешивания центробежных сил;
- конструктивная схема механизма для уравновешивания момента от центробежных сил;
- конструктивная схема механизма для частичного уравновешивания сил инерции I порядка переносом из вертикальной в горизонтальную плоскость;
- конструктивная схема двухвального механизма для полного уравновешивания сил инерции I порядка;
- конструктивная схема двухвального механизма для полного уравновешивания сил инерции II порядка;
- конструктивная схема двухвального механизма для полного уравновешивания момента от сил инерции I порядка;
- конструктивная схема двухвального механизма для полного уравновешивания момента от сил инерции II порядка;
- конструктивная схема расположения грузов для полного уравновешивания сил инерции I порядка и центробежных сил и моментов двигателей iV90.

6.Задание на моделирование и анализ равномерности хода тепловых двигателей,

энергетических машин и установок.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1 Использует методы анализа и моделирования рабочих процессов тепловых двигателей, энергетических машин и установок

Используя график выходного крутящего момента поршневого двигателя (по результатам выполнения курсового проекта по дисциплине «Динамика двигателей»), исследовать характер изменения крутящего момента по углу поворота коленчатого вала на номинальном режиме работы $M_K = f(\varphi)$. Рассчитать коэффициент μ и степень неравномерности K .

Определить графически или аналитически момент сопротивления энергетической установки $M_{кр\text{ ср}}$ и максимальную избыточную работу крутящего момента $L_{изб\text{ max}}$.

7. Задача на обоснование равномерности хода теплового двигателя в зависимости от назначения энергетической установки. Моделирование маховых масс.

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2 Описывает принципы действия, функции и основные характеристики тепловых двигателей, энергетических машин и установок

Используя график выходного крутящего момента поршневого двигателя (по результатам выполнения курсового проекта по дисциплине «Динамика двигателей»), описать характер изменения угловой скорости на номинальном режиме работы $\omega = f(\varphi)$.

В зависимости от назначения энергетической установки принять коэффициент неравномерности хода δ . Рассчитать требуемый момент инерции J_o движущихся деталей энергетической установки.

Описать принятую конструкцию маховика. Рассчитать геометрические размеры для достижения необходимого махового момента J_m . Выполнить проверку на максимальную окружную скорость на внешнем ободе маховика.

8.Задание на описание принципа действия и уравнивание реактивного крутящего момента тепловых двигателей, энергетических машин и установок

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2 Описывает принципы действия, функции и основные характеристики тепловых двигателей, энергетических машин и установок

Описать принцип действия уравнивающего механизма с частичным уравниванием реактивного крутящего момента. Привести схему расположения грузов.

Физические основы распределения выходного крутящего момента на момент от инерционных и момент от газовых сил.

4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.