

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 гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института
транспорта и логистики

_____ Быкадоров В.В.



«26» 02 _____ 2025 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Динамика и регулирование гидропневмосистем»

13.03.03 Энергетическое машиностроение

«Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика»

Разработчик:

канд. техн. наук, доцент _____ Мальцев Я.И.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры гидрогазодинамика

от «14» января 2025г., протокол №3

Заведующий кафедрой _____ Мальцев Я.И.

Луганск – 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Динамика и регулирование гидropневмосистем»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. Выберите один правильный ответ

Какое уравнение используется для описания расхода через гидравлический дроссель:

А) уравнение неразрывности

Б) уравнение Бернулли

В) уравнение Дарси-Вейсбаха

Г) уравнение сохранения энергии

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

2. Выберите один правильный ответ

Какое уравнение описывает динамику поршня как отдельного элемента:

А) второй закон Ньютона

Б) закон Гука

В) закон Ома

Г) закон Архимеда

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

3. Выберите один правильный ответ

Что учитывается при моделировании пневмоцилиндра:

А) только изменение давления в цилиндре

Б) только перемещение поршня

В) изменение давления и перемещение поршня

Г) только температура газа в цилиндре

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

4. Выберите один правильный ответ

Какие параметры трубопровода влияют на инерционность жидкости:

А) только длина

Б) только диаметр

В) длина и диаметр

Г) только материал трубопровода

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

Задания закрытого типа на установление соответствия

1. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | | | |
|------------------------------|-------|--|
| 1) Определение моделирования | целей | А) Представление уравнений в виде компьютерной программы |
| 2) Составление уравнений | | Б) Проверка адекватности модели экспериментальным данным |
| 3) Реализация модели | | В) Формулировка задач, которые должна решать модель |
| 4) Валидация модели | | Г) Выражение законов физики, описывающих поведение системы, в математической форме |

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	Г	А	Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

2. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1) Гидродроссель | А) Уравнение состояния газа |
| 2) Пневматическая емкость | Б) Второй закон Ньютона |
| 3) Поршень | В) Уравнение Бернулли |
| 4) Гидравлическая линия связи | Г) Уравнение неразрывности, уравнение импульса и уравнение состояния |

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	А	Б	Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

3. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | | |
|---|---|
| 1) Гидроцилиндр (с учетом сжимаемости жидкости) | А) Уравнения движения поршня, уравнения неразрывности, уравнение состояния газа |
| 2) Пневмоцилиндр | Б) Уравнения движения поршня, уравнения неразрывности, уравнения состояния жидкости |

- | | |
|---|--|
| 3) Газогидравлический аккумулятор | В) Комплекс уравнений, описывающих насосную станцию, гидроцилиндр и трубопроводы |
| 4) Гидропривод поступательного действия | Г) Уравнения, описывающие поведение газа и жидкости, разделенных поршнем |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	А	Г	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

4. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | | |
|----------------------------|---|
| 1) Аналитический расчет | А) Замена нелинейной зависимости линейной в окрестности рабочей точки |
| 2) Численное моделирование | Б) Использование численных методов для решения уравнений |
| 3) Линеаризация | В) Сознательное пренебрежение второстепенными факторами |
| 4) Упрощающие допущения | Г) Получение решения в виде аналитической формулы |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Г	Б	А	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

1. Установите правильную последовательность этапов для построения конечно-элементной модели гидравлической линии:

- А) Определение узлов конечно-элементной сетки
- Б) Составление уравнений для каждого элемента
- В) Соединение уравнений в общую систему
- Г) Решение системы уравнений

Правильный ответ: А, Б, В, Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

2. Установите правильную последовательность этапов моделирования гидропривода поступательного действия с учетом всех факторов:

- А) Соединение всех моделей в общую систему
- Б) Моделирование гидроцилиндра
- В) Моделирование трубопроводов
- Г) Моделирование насосной станции

Правильный ответ: Г , Б, В, А

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

3. Установите правильную последовательность этапов для определения влияния инерционности жидкости на приведенную массу:

А) определение параметров трубопроводов (длина, диаметр)

Б) расчет инерционности жидкости в трубопроводах

В) суммирование всех масс, приведенных к выходному звену

Г) приведение инерционности жидкости к выходному звену

Правильный ответ: А, Б, Г, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

4. Установите правильную последовательность шагов при аналитическом расчете математической модели:

А) Запись уравнений, описывающих поведение системы

Б) Решение уравнений аналитическими методами

В) Внесение упрощающих допущений и линеаризация уравнений

Г) Анализ полученного решения

Правильный ответ: А, В, Б, Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Динамика поршня описывается _____ законом Ньютона.

Правильный ответ: вторым.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

2. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Приведенная масса – это суммарная масса всех движущихся частей, приведенная к _____ звену.

Правильный ответ: выходному.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

3. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Увеличение приведенной массы _____ быстродействие и устойчивость гидропривода.

Правильный ответ: ухудшает.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

4. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Расход через гидравлический дроссель описывается уравнением _____.

Правильный ответ: Бернулли.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Первым этапом разработки математической модели является определение _____.

Правильный ответ: целей моделирования и упрощающих допущений.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

2. Состояние пневматической системы описывается уравнением _____.

Правильный ответ: состояния газа.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

3. При моделировании гидроцилиндра необходимо учитывать _____.

Правильный ответ: сжимаемость жидкости и инерционность перемещаемых масс.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

4. При моделировании гидропривода поступательного действия необходимо учитывать характеристики _____.

Правильный ответ: насосной станции, гидроцилиндра, трубопроводов.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Пневматическая емкость переменного объема:

Требуется вывести математическую модель пневматической емкости переменного объема, в которую поступает газ с расходом Q_{in} и из которой газ выходит с расходом Q_{out} . Учитывайте изменение давления p и температуры T внутри емкости, а также изменение объема V . Считайте газ идеальным и процесс адиабатическим ($pV^\gamma = \text{const}$).

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Запишем уравнения, описывающие динамику составных частей пневматической емкости:

Уравнение состояния идеального газа:

$$pV = mRT,$$

где m - масса газа, R - газовая постоянная.

Уравнение баланса массы:

$$\frac{dm}{dt} = \rho_{in} Q_{in} - \rho_{out} Q_{out},$$

где ρ_{in} и ρ_{out} - плотности входящего и выходящего газа.

Уравнение адиабатического процесса:

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

Дифференцируя по времени:

$$\frac{dp}{dt} V^\gamma + p\gamma V^{\gamma-1} \frac{dV}{dt} = 0.$$

Выражение для плотности:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{p}{RT}$$

Тогда
$$\frac{dm}{dt} = \frac{p_{in}}{RT_{in}} Q_{in} - \frac{p}{RT} Q_{out}$$

Связь между $\frac{dp}{dt}$ и $\frac{dm}{dt}$:

Дифференцируем уравнение состояния:

$$\frac{dp}{dt} V + p \frac{dV}{dt} = R \frac{dm}{dt} T + mR \frac{dT}{dt}$$

Исключение $\frac{dT}{dt}$:

Из уравнения адиабаты: $p^{1/\gamma} V = \text{const}$, тогда

$$\frac{1}{\gamma} p^{(1/\gamma)-1} \frac{dp}{dt} V + p^{1/\gamma} \frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dT}{dt} = \frac{\frac{dp}{dt} V + p \frac{dV}{dt}}{mR} \Rightarrow$$

$$\left(\frac{dp}{dt} V + p \frac{dV}{dt} \right) \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) = RT \left(\frac{p_{in}}{RT_{in}} Q_{in} - \frac{p}{RT} Q_{out} \right)$$

Итоговая математическая модель (система уравнений):

$$\left(\frac{dp}{dt} V + p \frac{dV}{dt} \right) \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) = RT \left(\frac{p_{in}}{RT_{in}} Q_{in} - \frac{p}{RT} Q_{out} \right)$$

Ответ:
$$\left(\frac{dp}{dt} V + p \frac{dV}{dt} \right) \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) = RT \left(\frac{p_{in}}{RT_{in}} Q_{in} - \frac{p}{RT} Q_{out} \right)$$

Критерии оценивания:

– нахождение математической модели пневматической емкости переменного объема.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

2. Гидравлическая линия связи с распределенными параметрами:

Разработайте конечно-элементную модель (FEM) для гидравлической линии связи с распределенными параметрами (длина L , площадь A), учитывающую сжимаемость жидкости (модуль упругости β), вязкость (динамическая вязкость μ) и инерционность. Разделите линию на два элемента (т.е. три узла). Запишите уравнения для каждого элемента. Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Разделим линию на два элемента длиной $L/2$. Обозначим узлы: 1 (вход), 2 (середина), 3 (выход).

Для каждого элемента введем:

p_i и p_{i+1} - давление в узлах i и $i+1$.

Q_i - расход в элементе i .

Учитывая сжимаемость, изменение расхода связано с изменением давления:

$$Q_i - Q_{i+1} = \frac{V}{\beta} \frac{d}{dt} \left(\frac{p_i + p_{i+1}}{2} \right)$$

где V - объем элемента $\left(V = \frac{A \cdot L}{2} \right)$.

Это уравнение учитывает изменение массы жидкости в элементе из-за сжимаемости.

Падение давления связано с вязким сопротивлением и инерцией жидкости:

$$(p_i - p_{i+1}) = \frac{\rho L}{2A} \frac{dQ_i}{dt} + \frac{12\mu L}{A} Q_i,$$

где ρ - плотность жидкости.

Здесь учтено, что расход через элемент считается постоянным.

Для первого элемента (узлы 1, 2):

$$Q_1 - Q_2 = \frac{AL}{2\beta} \frac{d}{dt} \left(\frac{p_1 + p_2}{2} \right) (p_1 - p_2) = \frac{\rho L}{2A} \frac{dQ_1}{dt} + \frac{12\mu L}{A} Q_1$$

Для второго элемента (узлы 2, 3):

$$Q_2 - Q_3 = \frac{AL}{2\beta} \frac{d}{dt} \left(\frac{p_2 + p_3}{2} \right) (p_2 - p_3) = \frac{\rho L}{2A} \frac{dQ_2}{dt} + \frac{12\mu L}{A} Q_2$$

Ответ:

Для первого элемента (узлы 1, 2):

$$Q_1 - Q_2 = \frac{AL}{2\beta} \frac{d}{dt} \left(\frac{p_1 + p_2}{2} \right) (p_1 - p_2) = \frac{\rho L}{2A} \frac{dQ_1}{dt} + \frac{12\mu L}{A} Q_1$$

Для второго элемента (узлы 2, 3):

$$Q_2 - Q_3 = \frac{AL}{2\beta} \frac{d}{dt} \left(\frac{p_2 + p_3}{2} \right) (p_2 - p_3) = \frac{\rho L}{2A} \frac{dQ_2}{dt} + \frac{12\mu L}{A} Q_2$$

Критерии оценивания:

– нахождение уравнений конечно-элементной модели для гидравлической линии связи с распределенными параметрами.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

3. Газогидравлический аккумулятор с поршневым разделителем:

Разработайте математическую модель газогидравлического аккумулятора с поршневым разделителем, учитывая адиабатическое изменение газа, сжимаемость жидкости и трение поршня о стенки.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Введем условные обозначения:

p_g - давление газа.

V_g - объем газа.

p_l - давление жидкости.

A_p - площадь поршня.

m - масса поршня.

x - перемещение поршня (положение разделителя)

β - модуль упругости жидкости.

Q - расход жидкости в аккумулятор.

F_f - сила трения поршня о стенки.

γ - показатель адиабаты.

Адиабатический процесс в газе:

$$p_g V_g^\gamma = \text{const} = p_{g0} V_{g0}^\gamma,$$

где p_{g0} и V_{g0} - начальные значения.

Выразим давление газа:

$$p_g = p_{g0} \left(\frac{V_{g0}}{V_g} \right)^\gamma$$

Объем газа:

$$V_g = V_{g0} + A \cdot x,$$

где x - перемещение поршня, A - площадь поршня.

Сжимаемость жидкости:

$$A_p \frac{dx}{dt} = Q - \frac{V_l}{\beta} \frac{dp_l}{dt},$$

где V_l - объем жидкости.

Баланс сил на поршень:

$$p_l A_p - p_g A_p - F_f = m \frac{d^2 x}{dt^2},$$

где $p_l A_p - p_g A_p - f \left(\frac{dx}{dt} \right) = m \frac{d^2 x}{dt^2}$ - сила трения.

Объем жидкости:

Если общая длина = L , $A_{p,x}$ - изменение объема газа = изменению объема жидкости, таким образом, $V_l = V_{l0} - A_{px}$.

Уравнение трения:

$F_f \left(\frac{dx}{dt} \right)$ – это может быть модель вязкого трения $\left(B \frac{dx}{dt} \right)$ или модель

Кулоновского трения (с учетом знака скорости).

Система уравнений:

$$p_g = p_{g0} \left(\frac{V_{g0}}{V_{g0} + Ax} \right)^\gamma$$

$$A_p \frac{dx}{dt} = Q - \left(\frac{V_{l0} - A_p x}{\beta} \right) \frac{dp_l}{dt}$$

$$p_l A_p - p_g A_p - F_f \left(\frac{dx}{dt} \right) = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

Ответ:

$$p_g = p_{g0} \left(\frac{V_{g0}}{V_{g0} + Ax} \right)^\gamma$$

$$A_p \frac{dx}{dt} = Q - \left(\frac{V_{l0} - A_p x}{\beta} \right) \frac{dp_l}{dt}$$

$$p_l A_p - p_g A_p - F_f \left(\frac{dx}{dt} \right) = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

Критерии оценивания:

– нахождение системы уравнений математической модели газогидравлического аккумулятора с поршневым разделителем.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

4. Гидроцилиндр с учетом сжимаемости жидкости и инерционности перемещаемых масс:

Требуется разработать математическую модель гидроцилиндра, учитывая сжимаемость жидкости и инерционность поршня и нагрузки. Входной расход Q управляет движением поршня.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Введем условные обозначения:

Q - входной расход.

p - давление в цилиндре.

A - площадь поршня.

x - перемещение поршня.

m - масса поршня и нагрузки.

β - модуль упругости жидкости.

B - коэффициент вязкого трения.

F_{ext} - внешняя сила нагрузки.

V_0 - начальный объем цилиндра.

Уравнение расхода:

$$Q = A \frac{dx}{dt} + \frac{V}{\beta} \frac{dp}{dt},$$

где $V = V_0 + Ax$ - текущий объем.

Это уравнение связывает входной расход с перемещением поршня и сжатием жидкости.

Уравнение движения поршня:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + B \frac{dx}{dt} = Ap - F_{\text{ext}}.$$

Второй закон Ньютона для поршня, учитывающий силу давления, вязкое трение и внешнюю нагрузку.

Запишем окончательный вид системы:

$$Q = A \frac{dx}{dt} + \left(\frac{V_0 + Ax}{\beta} \right) \frac{dp}{dt}$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + B \frac{dx}{dt} = Ap - F_{\text{ext}}$$

Ответ:

$$Q = A \frac{dx}{dt} + \left(\frac{V_0 + Ax}{\beta} \right) \frac{dp}{dt}$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + B \frac{dx}{dt} = Ap - F_{\text{ext}}$$

Критерии оценивания:

– нахождение системы уравнений математической модели гидроцилиндра.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ОПК-3

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Динамика и регулирование гидротневмосистем» соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки бакалавров, по указанному направлению.

Председатель учебно-методической
комиссии института транспорта и логистики



Е.И. Иванова

Лист изменений и дополнений

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