

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 15.03.06 Мехатроника и робототехника**

**Наименование образовательной программы: Мехатроника и робототехника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Гидропневмопривод мехатронных и робототехнических устройств**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сайпулаев Г.Р.
	Идентификатор	Rdb02367c-SaipulayevGR-6fbb1da

Г.Р. Сайпулаев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Адамов Б.И.
	Идентификатор	R2db20bbf-AdamovBI-4e0d2620

Б.И. Адамов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

И.В.  
Меркурьев

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-7 Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении  
ИД-1 Способен производить выбор оборудования и его режима функционирования для обеспечения оптимального энергопотребления приводов мехатронных и робототехнических устройств
2. ОПК-11 Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем  
ИД-2 Способен проводить расчет потребных характеристик приводов и осуществлять подбор комплектующих на основании циклограммы работы мехатронной или робототехнической системы

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Формирование циклограммы работы, функциональной и принципиальной схемы ГПС промышленного робота. Защита лабораторных работ (Проверочная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Аэрогидродинамические принципы функционирования основных частей ГПС. Потери энергии в основных частях ГПС. Расчёт потерь энергии в гидро- и пневмолиниях для различных режимов движения рабочих тел. Совместная работа источника и потребителя гидроэнергии. (Проверочная работа)
2. Выполнение и защита РГР (расчетно-графической работы). (Расчетно-графическая работа)
3. Расчёт базовых параметров и построение энергетических и регулировочных характеристик гидравлических машин и гидропривода без регулирования и с машинным регулированием. (Проверочная работа)
4. Расчёт базовых параметров машинно-аппаратной базы и гидропривода с дроссельным регулированием. (Решение задач)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5

	Срок КМ:	4	8	12	15	15
Функциональная структура гидро-и пневмопривода МхРтУ. Терминология. Рабочие тела ГПП. Расчёт гидро- и пневмолиний. Работа источника гидроэнергии на сеть						
Функциональная структура гидро-и пневмопривода МхРтУ. Терминология. Рабочие тела ГПП. Расчёт гидро- и пневмолиний. Работа источника гидроэнергии на сеть		+				+
Объёмные гидро- и пневмомашин в ГПП МхРтУ						
Объёмные гидро- и пневмомашин в ГПП МхРтУ			+			
Гидро- и пневмоаппаратура ГПП МхРтУ						
Гидро- и пневмоаппаратура ГПП МхРтУ		+		+		+
Принципы и способы управления и расчёта ГПП МхРтУ. Надёжность и живучесть ГПП. Современное состояние и перспективы развития ГПП.						
Принципы и способы управления и расчёта ГПП МхРтУ. Надёжность и живучесть ГПП. Современное состояние и перспективы развития ГПП.					+	
Вес КМ:		20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-7	ИД-1 <sub>опк-7</sub> Способен производить выбор оборудования и его режима функционирования для обеспечения оптимального энергопотребления приводов мехатронных и робототехнических устройств	Знать: устройство, принцип действия, сравнительные характеристики, преимущества и недостатки, возможные и предпочтительные области применения ГПП и машинно-аппаратной базы приводов в МхРтУ	Аэрогидродинамические принципы функционирования основных частей ГПС. Потери энергии в основных частях ГПС. Расчёт потерь энергии в гидро- и пневмолиниях для различных режимов движения рабочих тел. Совместная работа источника и потребителя гидроэнергии. (Проверочная работа)
ОПК-11	ИД-2 <sub>опк-11</sub> Способен проводить расчет потребных характеристик приводов и осуществлять подбор комплектующих на основании циклограммы работы мехатронной или робототехнической системы	Уметь: составлять циклограммы работы исполнительных устройств, разрабатывать принципиальные гидравлические и пневматические схемы ГПП осуществлять комплектацию ГПП необходимыми гидро-и пневмомашинами, а также гидро- и пневмоаппаратурой, составлять спецификации	Аэрогидродинамические принципы функционирования основных частей ГПС. Потери энергии в основных частях ГПС. Расчёт потерь энергии в гидро- и пневмолиниях для различных режимов движения рабочих тел. Совместная работа источника и потребителя гидроэнергии. (Проверочная работа) Расчёт базовых параметров и построение энергетических и регулировочных характеристик гидравлических машин и гидропривода без регулирования и с машинным регулированием. (Проверочная работа) Расчёт базовых параметров машинно-аппаратной базы и гидропривода с дроссельным регулированием. (Решение задач) Формирование циклограммы работы, функциональной и принципиальной схемы ГПС промышленного робота. Защита лабораторных работ (Проверочная работа) Выполнение и защита РГР (расчетно-графической работы). (Расчетно-

		<p>ГПП выполнять расчёт энергетических и регулирующих характеристик машин и аппаратов ГПП в паспортных и на нерасчётных режимах эксплуатации устройств выполнять расчёт машинно-аппаратной базы гидропривода без регулирования, с дроссельным и машинным регулированием</p>	<p>графическая работа)</p>
--	--	---	----------------------------

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

**КМ-1. Аэрогидродинамические принципы функционирования основных частей ГПС. Потери энергии в основных частях ГПС. Расчёт потерь энергии в гидро- и пневмолиниях для различных режимов движения рабочих тел. Совместная работа источника и потребителя гидроэнергии.**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** ответы на контрольные вопросы и решение задач в соответствии с индивидуальными заданиями студентов

### Краткое содержание задания:

Ответить на контрольные вопросы:

1. Какие основные функции выполняет рабочая среда в гидросистемах
2. Какие законы и соотношения используются для расчёта гидро- и пневмосистем в условиях неподвижной (покоящейся) рабочей среды
3. Что такое кавитация, каким образом она влияет на технико-эксплуатационные показатели гидросистемы, как устраняется данное явление в гидроприводе

Решить задачу:

Для охлаждения рабочей жидкости (минерального масла) гидросистемы работа в гидробак системы установлен водяной радиатор, представляющий собой змеевик, по которому циркулирует хладагент – пресная вода плотностью  $\rho_{ж}=1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Циркуляцию хладагента обеспечивает насос (Н) постоянной подачи 10 л/мин.

Известно, что гидравлическое сопротивление радиатора гидросистемы составляет  $R_p=6 \cdot 10^{12} \text{ Ус}^2/\text{м}^8$ , коэффициент трения воды о стенки трубопроводов системы охлаждения равен  $\lambda=0,04$ , характерная длина отрезка трубопровода составляет  $L=1,5$  м, допустимая скорость движения воды в трубах системы охлаждения назначена в зависимости от давления на соответствующем участке и составляет  $v_n=2,5$  м/с для напорного и  $v_{сл}=1,2$  м/с для сливного (всасывающего) участков. Подача насоса неизменна и равна  $Q_n=10$  л/мин.

Пренебрегая потерями энергии на изгибах трубопроводов и считая режим течения хладагента турбулентным, определить:

- диаметры напорного и сливного (всасывающего) участков трубопроводной системы;
- разность давлений на выходном (напорном) и входном (всасывающем) патрубках насоса, а также выходную (гидравлическую) мощность насоса;
- потребную мощность приводящего электродвигателя насоса и потребную входную (электрическую) мощность электродвигателя, если полный коэффициент полезного действия (КПД) насоса равен  $\eta_n=0,35$ , а электродвигателя  $\eta_{э}=0,75$ ;
- стоимость электроэнергии для эксплуатации системы охлаждения в течение года (количество рабочих дней в году принимается равным  $z_d=312$ ), если оплата производится по тарифу 0,1 у.е./ (кВт.ч) при трёхсменной ежедневной работе насоса.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: устройство, принцип действия, сравнительные характеристики, преимущества и недостатки, возможные и	1. В чём заключается различие между абсолютной и кинематической вязкостью рабочей среды, в каких единицах измеряется вязкость 2. Что такое модуль упругости рабочей среды, как он
---	--

<p>предпочтительные области применения ГПП и машинно-аппаратной базы приводов в МхРТУ</p>	<p>изменяется для жидкости с ростом давления и количества растворённого воздуха, как устранить растворённый воздух из рабочей жидкости в гидросистеме</p> <p>3. Почему в математическом выражении закона объёмной деформации рабочей среды Гука содержится знак «минус»</p> <p>4. Что такое приведённый модуль упругости системы, почему вместо модуля упругости рабочей среды при расчётах жёсткости используют понятие приведённого модуля упругости гидро- или пневмосистемы</p> <p>5. Что такое кавитация, каким образом она влияет на технико-эксплуатационные показатели гидросистемы, как устраняется данное явление в гидроприводе</p> <p>6. Какие режимы течения жидкости могут иметь место в гидроприводе, как идентифицируются данные режимы</p> <p>7. Какие виды сопротивлений имеют место при течении рабочей среды</p> <p>8. Что такое эквивалентное сопротивление и в чём заключается практическое значение этого понятия</p> <p>9. Как влияет на величину гидросопротивления по длине форма сечения гидролинии, в чём заключается специфика так называемых «щелевых» течений жидкости</p> <p>10. Почему при определённом виде характеристик источника и потребителя гидроэнергии совместная работа этих блоков может быть неустойчивой</p>
<p>Уметь: осуществлять комплектацию ГПП необходимыми гидро-и пневмомашинами, а также гидро- и пневмоаппаратурой, составлять спецификации ГПП</p>	<p>1. как рассчитывается эквивалентное гидросопротивление для двух параллельных сопротивлений</p> <p>2. определите динамическую вязкость жидкости при заданной кинематической вязкости</p> <p>3. как определить кинематическую вязкость путём лабораторного эксперимента</p> <p>4. как определить вязкость жидкости при изменении температуры</p> <p>5. как рассчитать потери давления для гидросопротивления “по длине”</p> <p>6. каким образом можно удалить растворённый в жидкости воздух</p> <p>7. как практически устранить кавитацию в гидросистемах</p> <p>8. как определить, возможна ли совместная работа источника гидроэнергии и сети</p> <p>9. как определить давление на всасывающем патрубке насоса при заданной геометрии и параметрии всасывающего участка и температуры</p> <p>10. каким образом можно определить изменение замкнутого объёма жидкости при изменении</p>

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено**Оценка: 2**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено***КМ-2. Расчёт базовых параметров и построение энергетических и регулировочных характеристик гидравлических машин и гидропривода без регулирования и с машинным регулированием.****Формы реализации:** Проверка задания**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20**Процедура проведения контрольного мероприятия:** ответы на контрольные вопросы и решение задач в соответствии с индивидуальными заданиями студентов**Краткое содержание задания:**

1. Ответить на контрольные вопросы:
2. 1. Как формулируется определение объемной постоянной, рабочего объема, параметра регулирования и безразмерного относительного параметра регулирования машины.
3. 2. Какие характеристики гидромашин являются регулировочными, какие – энергетическими и какие – универсальными
4. 3. Почему для оценки энергетического совершенства гидро- или пневмомашин рассматриваются несколько видов КПД.
5. Решить задачу:

Для комплектации гидросистемы робота был предложен шестерённый насос с паспортным диапазоном напорных давлений от 2,5 до 20 МПа включительно. В ходе стендовых испытаний шестерённого насоса было установлено, что при частоте вращения ротора  $n_{н1}=1500$  об/мин и давлении в напорной гидролинии (на выходном патрубке насоса)  $p_{н1}=8$  МПа подача гидромашин составила  $Q_{н1}=70$  л/мин, а при повышении напорного давления до  $p_{н2}=12$  МПа подача снизилась до  $Q_{н2}=60$  л/мин. Считая линейной зависимость объёмных потерь (перетечек жидкости) в насосе от выходного давления и пренебрегая численными значениями давлений в гидролинии всасывания, определить объёмную постоянную гидромашин, объёмный КПД насоса,

расходы и мощности объёмных потерь, а также гидравлические мощности насоса для проведённых испытаний.

Рассчитать значения и построить график изменения подачи насоса и его мощности во всём паспортном диапазоне напорных давлений.

### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выполнять расчёт энергетических и регулировочных характеристик машин и аппаратов ГПП в паспортных и на нерасчётных режимах эксплуатации устройств</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. как определить диаметр условного прохода гидромашины</li><li>2. каким образом определить теоретическую подачу и найти теоретический момент на валу насоса при известной скорости вращения ротора и перепаде между напорным и всасывающим давлениями</li><li>3. как найти теоретический момент на валу и скорость вращения вала объёмно-роторного гидромотора при известном перепаде давлений и расходе жидкости через машину</li><li>4. как найти константу индивидуальности объёмно-роторной гидромашины</li><li>5. как рассчитать объёмный, гидромеханический и полный КПД объёмной гидромашины</li><li>6. каким образом определить объёмную постоянную поворотного гидродвигателя</li><li>7. как учесть потери в тяговых свойствах одноштокового гидроцилиндра из-за трения в эластомерных уплотнениях машины</li><li>8. как определить просадку поршня одноштокового гидроцилиндра при изменении нагрузки на штоке</li><li>9. каковы сценарии технико-экономического расчёта эффективности эксплуатации гидромашины в составе гидросистемы промышленного робота при условии кратковременного и длительного периода эксплуатации</li><li>10. каким образом рассчитать фактические подачи, расходы жидкости и моменты на валах объёмно-роторного насоса и гидромотора</li></ol>
---	--

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### КМ-3. Расчёт базовых параметров машинно-аппаратной базы и гидропривода с дроссельным регулированием.

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** ответы на контрольные вопросы и решение задач в соответствии с индивидуальными заданиями студентов

#### Краткое содержание задания:

Ответить на контрольные вопросы:

1. Почему при расчёте гидропривода с дроссельным управлением одновременно определяется характерный параметр гидродвигателя и гидравлические показатели регулирующего аппарата
2. Какие преимущества и недостатки имеют дроссельные гидроприводы с размещением регулирующего аппарата в напорной и сливной гидролинии
3. Что можно предложить для повышения эффективного КПД системы «насосная станция – гидродвигатель с дросселем»

Решить задачу:

Для перемещения подъёмника энергоустановки следует разработать гидропривод с гидромотором, вал которого через одноступенчатую цилиндрическую передачу и пару скольжения «винт – гайка» перемещает площадку подъёмника пренебрежимо малой массы. В качестве источника гидравлической энергии предполагается использовать насосную станцию, состоящую из насоса постоянной подачи и переливного клапана. Гидропривод должен обеспечивать следующую очерёдность действий подъёмника: «исходное нижнее положение площадки – быстрый подъём со скоростью  $v_1$  груза массой  $m$  на высоту  $h_1$  – рабочее перемещение (подъём) со скоростью  $v_2 < v_1$  груза на высоту  $h_2$  – выстой площадки с грузом на высоте  $h_2$  в течение некоторого времени – быстрое опускание со скоростью  $|v_3| > v_1$  площадки без груза до исходного положения».

Требуется:

- сформировать принципиальную гидравлическую схему привода, привести формулы для определения характерного параметра гидродвигателя и площади проходного отверстия дросселирующего гидроаппарата.

Как изменится решение данной задачи, если:

- скорость подъёма груза до высоты  $h_2$  должна сохраняться неизменной при меняющейся (по различным причинам, зависящим от режимов работы установки) нагрузке;
- опускание площадки возможно также и с грузом;
- нагрузка, действующая при рабочем подъёме площадки, будет определяться схемами, показанными на рис. 4.16 (при известной жёсткости  $C$  каждой пружины).

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять расчёт машинно-аппаратной базы гидропривода без регулирования, с дроссельным и машинным регулированием	1. как определить расчётный режим работы гидропривода с дросселем на входе в гидродвигатель 2. каков сценарий расчёта характерного параметра гидродвигателя при установке двухлинейного регулятора расхода в сливной гидролинии 3. какими соотношениями следует пользоваться для нахождения характерного параметра гидромотора с трёхлинейным регулятором расхода
---	---

	<p>4.каким образом можно оценить КПД фрагмента гидропривода “дроссель в напорной гидролинии двигателя - поворотный гидродвигатель”</p> <p>5.каков сценарий определения КПД фрагмента гидропривода “насос постоянной подачи с переливным клапаном - гидромотор - двухлинейный регулятор расхода в сливной линии двигателя”</p> <p>6.как определить зависимость скорости движения штока симметричного гидроцилиндра от изменения гидросопротивления дросселя в шунтирующей линии двигателя</p> <p>7.как рассчитать требуемую подачу насоса для обеспечения совместной работы двух одноштоковых гидроцилиндров с попарно закольцованными полостями</p> <p>8.с использованием каких соотношений можно определить характерные параметры гидромоторов, получающих гидропитание от делителя потока, в который поступает жидкость от насосной установки (насос постоянной подачи с переливным клапаном)</p> <p>9.как сформировать сценарий нахождения характерного параметра телескопического гидроцилиндра и трёхлинейного регулятора расхода</p> <p>10.какой вид имеет алгоритм расчёта гидропривода с дроссельным управлением потоками жидкости</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-4. Формирование циклограммы работы, функциональной и принципиальной схемы ГПС промышленного робота. Защита лабораторных работ**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** ответы на контрольные вопросы и решение задач в соответствии с индивидуальными заданиями студентов

**Краткое содержание задания:**

Ответить на контрольные вопросы:

- 1.Что такое циклограмма работы гидро- или пневмопривода, в каком виде (формульном, словесном, каком-либо ином) она может быть задана.
- 2.Как обеспечивается последовательное движение, синхронизация одновременного движения нескольких выходных звеньев гидродвигателей.
- 3.Как обеспечивается последовательное движение выходных звеньев нескольких гидро- или пневмодвигателей в соответствии с заданной циклограммой работы привода

Решить задачу:

Перемещение в горизонтальной плоскости выходного звена манипулятора промышленного робота от положения «А» до положения «Б» осуществляется с помощью гидроцилиндра в соответствии с описанием работы: “исходное положение - быстрый подвод манипулятора к заготовке - рабочее перемещение манипулятора - быстрый возврат манипулятора в исходное положение - исходное положение” .

Управление системой производится вручную. Применяв в качестве гидродвигателя одноштоковый гидроцилиндр, а источника гидравлической энергии объёмно-роторный насос постоянной подачи, требуется составить принципиальную гидравлическую схему такого привода и составить циклограмму работы гидродвигателя, направляющей аппаратуры и устройств управления работой привода в цикле

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: составлять циклограммы работы исполнительных устройств, разрабатывать принципиальные гидравлические и пневматические схемы ГПП</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.какой вид будет иметь фрагмент гидроприводной системы с одним гидродвигателем - плунжерным гидроцилиндром при необходимости длительного стопорения штока под нагрузкой</li><li>2.какие возможные варианты стопорения выходного звена двухштокового гидроцилиндра можно применить при кратковременном останове штока под знакопеременной нагрузкой</li><li>3.какой вид будет иметь фрагмент принципиальной схемы гидропривода, обеспечивающей работу механического стопорного замка вала гидромотора</li><li>4.какая принципиальная схема стопорения выходного звена гидроцилиндра предпочтительна для длительного позиционирования звена под нагрузкой в строго определённых (не меняющихся) позициях</li><li>5.какие принципиальные схемы предпочтительны для отключения гидропитания, если останов выходного звена должен производиться при касании звеном неподвижного упора</li><li>6.сформируйте варианты принципиальных схем для разгрузки насоса постоянной подачи в режимах длительных выстоев выходных звеньев потребителей гидроэнергии</li><li>7.приведите примеры схем гидропривода с дроссельным управлением потоками гидроэнергии, которые позволяют уменьшить потребную подачу насосной станции в режимах выстоев выходных звеньев гидродвигателей</li></ol>
--	---

	<p>8.предложите сценарии расчёта эффективности гидропривода с дроссельным управлением потоками энергии по таким показателям, как: сложность принципиальной схемы, мощность и подача насосной станции, ресурс работы, затраты энергии</p> <p>9.какой вид будет иметь циклограмма работы и принципиальная схема гидропривода для следующего словесного описания работы в составе робота: исходное положение - быстрый прямой ход выходного звена одноштокового гидроцилиндра - рабочее перемещение данного звена - неподвижное положение данного звена и одновременно быстрый прямой поворот вала гидромотора - быстрый обратный поворот вала гидромотора до его исходного положения - быстрый обратный ход выходного звена одноштокового гидроцилиндра</p> <p>10.какой (на качественном уровне) будет иметь вид циклограмма потребных для следующей циклограммы работы гидропривода: “исходное положение вала поворотного гидродвигателя - поворот на 90 градусов по часовой стрелке - поворот на 180 градусов против часовой стрелки - поворот на 90 градусов по часовой стрелке - исходное положение вала”.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-5. Выполнение и защита РГР (расчетно-графической работы).**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** проверка выполнения содержательной части и качества оформления РГР в соответствии с графиком выполнения работы

### Краткое содержание задания:

Проанализировать исходное задание, составить функциональную схему и принципиальную гидравлическую схему привода двух заданных исполнительных устройств поступательного и (или) вращательного (поворотного) движения звеньев промышленного робота, обеспечивающую регламентированную последовательность их совместного действия при реализации требуемых скоростей быстрых и рабочих перемещений, действующих нагрузок и вида стопорения.

Составить временную циклограмму работы гидросистемы.

Рассчитать основные параметры гидродвигателей: объёмные постоянные гидромоторов и (или) неполноповоротных гидродвигателей, площади, диаметры поршней и штоков для гидроцилиндров.

Рассчитать величины проходных отверстий дросселирующих аппаратов, обеспечивающих требуемые скорости перемещений выходных звеньев гидродвигателей.

Подобрать по каталогам гидродвигатели и гидроаппараты. Для выбранных гидродвигателей рассчитать и построить основные статические характеристики регулируемой части гидроприводной системы: изменения давлений, скоростей, расходов, мощностей, коэффициента полезного действия (КПД) как функций удельной нагрузки на соответствующих выходных звеньях гидродвигателей для рабочих режимов исполнительных звеньев.

Построить циклограмму потребных расходов гидродвигателей в цикле, по которой определить необходимую подачу насоса, рассчитать потребный объём бака гидросистемы.

По каталогам выбрать насосную станцию с насосом постоянной подачи и переливным клапаном, определить потребляемую станцией мощность от электросети, а также средний за цикл (эффективный) КПД системы.

Определить площади проходных сечений и внутренние диаметры трубопроводов: всасывающего, напорного, сливного (для насосной станции), а также трубопроводов потребителей гидроэнергии. Рассчитанные диаметры округлить до стандартных значений и выполнить унификацию трубопроводной системы, ограничившись 4–5 номиналами.

В соответствии с разработанной принципиальной схемой, выбранными гидродвигателями и аппаратами составить спецификацию по установленной стандартами форме.

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: осуществлять комплектацию ГПП необходимыми гидро- и пневмомашинами, а также гидро- и пневмоаппаратурой, составлять спецификации ГПП</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.какой вид будет иметь функциональная схема гидроприводной системы робота при указанных в задании на РГР требованиях</li><li>2.каким образом учитываются потери в механизмах силовой проводки, соединяющей выходные звенья гидродвигателей и регулируемые органы робота</li><li>3.как выполняется определение расчётных точек-режимов работы гидродвигателей с дроссельным управлением</li><li>4.с помощью каких соотношений находятся характерные параметры гидродвигателей и гидравлические проводимости дросселирующих гидроаппаратов</li><li>5.какие фрагменты принципиальных схем можно предложить для снижения подачи насоса при скачкообразной гистограмме потребных расходов</li><li>6.каким образом можно оценить</li></ol>
---	---

	<p>конкурентоспособность различных вариантов источника гидроэнергии для работы гидроприводной системы робота</p> <p>7.каков сценарий построения и оценки конкурентоспособности гидроприводной системы робота с помощью многолучевых (лепестковых) диаграмм</p> <p>8.каков алгоритм формирования аддитивного обобщённого функционала конкурентоспособности и построения гистограмм конкурентоспособности гидроприводной системы робота</p> <p>9.каким способом возможно оценить среднюю эффективность работы гидроприводной системы робота за цикл</p> <p>10.каков сценарий расчёта технико-экономической эффективности гидроприводной системы робота для условий кратковременного и длительного применения</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме, оформлено в полном соответствии с требованиями ГОСТ*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если задание выполнено в полном объёме, имеются отдельные ошибки второстепенного характера, допущены погрешности и отступления от ГОСТ при оформлении работы*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 55*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено, имеются значительное число ошибок не принципиального характера, оформление работы небрежно и без соблюдения требований ГОСТ*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно, не имеет структурного оформления согласно заданию или преимущественно не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

## Пример билета

1. Способы реализации основных функций в силовых гидроприводных системах: синхронизации движения нескольких выходных звеньев и стабилизации движения. Примеры принципиальных схем, реализующих данные свойства.
2. Способы реализации основных функций в силовых гидроприводных системах: синхронизации движения нескольких выходных звеньев и стабилизации движения.
3. Задача.

В ходе стендовых испытаний шестерённого насоса было установлено, что при частоте вращения ротора  $n_{н1}$  и давлении в плоскости напорного патрубка  $p_{н1}$  подача гидромашины составила  $Q_{н1}$ , а при повышении нагрузки насоса до величины выходного давления  $p_{н2} > p_{н1}$  подача стала равной  $Q_{н2}$ .

Считая линейной зависимость подачи насоса от его выходного давления и пренебрегая давлением в плоскости всасывающего патрубка:

- определить объёмную постоянную насоса, объёмный КПД, величину объёмных потерь и мощность гидромашины для указанных двух режимов испытаний;
- найти соответствующие выражения и построить качественным образом график изменения подачи насоса и его гидравлической мощности для диапазона выходных давлений от  $0,1p_{н1}$  до  $1,5p_{н2}$  включительно.

## Процедура проведения

Экзамен проводится в очном формате. После взятия студентом билета экзамен для студента считается начавшимся и может быть закончен только простановкой оценки в экзаменационную ведомость. Студент выбирает билет из предложенных вариантов. В состав билета входит два теоретических вопроса и одна задача. Для подготовки к ответу студенту предоставляется 60 минут. Ответы оформляются на специальных, заранее подготовленных экзаменатором, бланках. Студент заполняет бланк, указывая дату проведения и время начала экзамена, а также номер билета. В ходе ответа студент должен ответить на теоретические вопросы и прокомментировать решение задачи. Время ответа не превышает 20 мин. По результатам ответов преподаватель может задать несколько вопросов, касающихся сущности материала билета. Все вопросы преподавателя фиксируются им на листах. По результатам сдачи экзамена на бланке экзаменатором проставляется оценка. Студент может взять другой билет с потерей одного балла. В случае получения неудовлетворительной оценки экзаменатор кратко поясняет причину неудовлетворительной оценки. Общее время пребывания студента в аудитории не должно превышать 1ч.30 минут.

## *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-7</sub> Способен производить выбор оборудования и его режима функционирования для обеспечения оптимального энергопотребления приводов мехатронных и робототехнических устройств

## Вопросы, задания

1. Объёмная гидропередача (ОГП). Статические характеристики объёмной гидропередачи. Теоретические и фактические скоростная, нагрузочная (моментная) и

механические характеристики передачи. Изменение характеристик при насосном, моторном и комбинированном управлении передачей.

2. Основные параметры и характеристики объёмных гидро- и пневмомаши. Понятие рабочего объёма и объёмной постоянной, параметра регулирования машины, теоретические и фактические подачи и расходы, теоретические и фактические моменты на валах машин

3. Требования, предъявляемые к рабочим жидкостям гидроприводов. Понятие плотности, вязкости, модуля упругости, теплопроводности, загрязняющих факторов. Изменение свойств рабочих жидкостей под влиянием типовых дестабилизирующих факторов (по лекционному материалу с привлечением дополнительных рекомендованных источников информации)

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Какова классификация аппаратуры по аэрогидродинамическому принципу действия

Ответы:

- существуют золотниковые, клапанные, мембранные виды аппаратуры; - существуют дроссельные, вихревые, струйные гидро- и пневмоаппараты; - различают аппараты: золотниковые, струйная трубка, сопло-заслонка, игольчатые, щелевые; - аппараты классифицируются так: дроссельные, вихревые, струйные; - основная классификация такова: управляемые, неуправляемые, регулируемые

Верный ответ: аппараты классифицируются так: дроссельные, вихревые, струйные

2. Какие требования предъявляются к рабочим телам гидроприводов

Ответы:

- требования по температуре; - требования по температуре и чистоте; - требования по кислотности и щелочной реакции; - требования по отсутствию растворённого воздуха; - требования по наличию воды; - требования по чистоте, отсутствию растворённого воздуха и кислотности

Верный ответ: требования по чистоте, отсутствию растворённого воздуха и кислотности

3. Какие функции, выполняют гидро- и пневмосистемы (ГПС) в роботах.

Ответы:

- трансмиссионные; - перемещения заготовок; - манипуляционные и трансмиссионные; - манипуляционные, трансмиссионные и инструментальные; - инструментальные

Верный ответ: манипуляционные, трансмиссионные и инструментальные

4. Каково назначение направляющей аппаратуры в гидро- и пневмосистемах

Ответы:

- выполнение функций изменения расходов и давлений; - управление источника гидро- и пневмоэнергии в системах; - дозирование (порционирование) жидкости, поступающей в гидродвигатели; - управление пуском, остановом, изменением направления движения жидкости и/или газа; - регулирование предельных давлений и расходов рабочего тела в гидро- и пневмосистемах

Верный ответ: управление пуском, остановом, изменением направления движения жидкости и/или газа

5. Каково назначение регулирующей аппаратуры в гидро- и пневмосистемах

Ответы:

- выполнение функций изменения расходов и давлений; - управление источника гидро- и пневмоэнергии в системах; - дозирование (порционирование) жидкости, поступающей в гидродвигатели; - управление пуском, остановом, изменением направления движения жидкости и/или газа; - регулирование предельных давлений и расходов рабочего тела в гидро- и пневмосистемах

Верный ответ: выполнение функций изменения расходов и давлений

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-11</sub> Способен проводить расчет потребных характеристик приводов и осуществлять подбор комплектующих на основании циклограммы работы мехатронной или робототехнической системы

### Вопросы, задания

- 1.Классификация ГПС по использованию в качестве доминирующей составляющей уравнения полной энергии движущейся жидкости или газа (уравнения Бернулли). Функциональная структура ГПС, различие и общие черты понятий «гидро- и пневмосистема» и «гидро- и пневмопривод». Назначение важнейших частей ГПС
- 2.Регулируемые гидроприводы с дроссельным управлением. Статические характеристики гидроприводов с двухлинейным регулятором расхода в напорной (входной) гидролинии двигателя.
- 3.Направляющая аппаратура в ГПС роботов: дозаторы, быстроразъёмные соединения, клапаны синхронизации напорных и сливных гидролиний потребителя при энергопитании от нескольких источников. Назначение, схемотехническое и конструкционное исполнение, условные обозначения, области и примеры применения
- 4.Назначение, принцип действия, конструкционные схемы, характеристики, преимущества и недостатки, условные обозначения, области и примеры применения двухлинейных и трёхлинейных регуляторов расхода
- 5.Гидро- и пневмоаппаратура (ГПА) в гидро- и пневмосистемах (ГПС) промышленных роботов. Понятие ГПА, классификация аппаратуры по аэрогидродинамическому принципу действия. Дроссельные, струйные, вихревые аппараты. Понятие запорно-регулирующего элемента (ЗРЭ). Классификация ЗРЭ, управление ЗРЭ информационными сигналами
- 6.Общий алгоритм расчёта характеристик объёмно-роторных машин, работающих на нерасчётных (отличающихся от паспортных) режимах, по температуре, скоростям вращения роторов и давлениям
- 7.Виды потерь в объёмно-роторных гидро- и пневмомашинах, и гидро- и пневмоцилиндрах. Составляющие коэффициента полезного действия (КПД) машины. Изменение составляющих КПД при изменении температуры жидкости. Универсальные характеристики гидромашин – насосов и гидродвигателей

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.каков общий алгоритм расчёта характеристик объёмно-роторных машин (ОГМ), работающих на нерасчётных (отличающихся от паспортных) режимах, по температуре, скоростям вращения роторов и давлениям

Ответы:

- определение реальной температуры, скорости, давлений по имеющимся формулам ОГМ; - алгоритма не существует, так как при изменении температуры, скоростей и давлений свойства ОГМ не меняются; - на основании имеющихся режимов определяются константы индивидуальности ОГМ, по которым выполняется пересчёт характеристик на новые режимы по температуре, скорости, давлению; - на основании имеющихся в паспорте ОГМ одной константы индивидуальности ОГМ выполняется пересчёт характеристик на новые режимы по температуре, скорости, давлению; - на основании линейной зависимости между характеристиками скорости и температуры, давлений и скоростей выполняется пересчёт характеристик на требуемые режимы работы ОГМ

Верный ответ: на основании имеющихся режимов определяются константы индивидуальности ОГМ, по которым выполняется пересчёт характеристик на новые режимы по температуре, скорости, давлению;

2.какие виды потерь в объёмно-роторных гидро- и пневмомашинах имеют место

Ответы:

- механические, пневматические, сторонние; - механические гидравлические, внешние, внутренние; - объёмные, гидравлические, пневматические; - гидромеханические, объёмные; - потери-перетечки, потери шумовые, потери вибрационные

Верный ответ: гидромеханические, объёмные;

3. Какие из перечисленных величин характеризуют работу объёмных гидро- и пневмомашин:

•  
Ответы:

- рабочий объём гидромашин, количество вытеснителей в роторе, клапанный узел распределения жидкости; - объёмная постоянная, параметр регулирования, ход поршня, невытесняемый объём жидкости; - момент на валу, угловая скорость вращения, число зубьев в зацеплении; - объёмная постоянная, параметр регулирования, подача или расход, перепад давлений; - перепад давлений, кавитационный запас, пульсации потока жидкости, расходы и напоры

Верный ответ: объёмная постоянная, параметр регулирования, подача или расход, перепад давлений;

4. Каковы основные способы стопорения выходных звеньев гидро- и пневмодвигателей

Ответы:

- механическими замками с гидравлическим сервоприводом; - фрикционными замками с принудительным гидropriжимом поверхностей; - односторонними гидрозамками; - двухсторонними гидрозамками; - направляющими распределителями с запёртыми гидролиниями потребителя

Верный ответ: двухсторонними гидрозамками

5. Какая установка дросселирующего аппарата требуется при наличии знакопеременной нагрузки на выходном звене двигателя

Ответы:

- в напорной линии двигателя; - в сливной линии двигателя; - в шунтирующей линии двигателя; - одновременно в напорной и сливной линиях двигателя; - при знакопеременной нагрузке дроссельное регулирование не применяется

Верный ответ: в сливной линии двигателя

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена верно или с несущественными недостатками*

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.