



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
И.А. Пыталев

19.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ
ГИДРОПРИВОДОВ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ***

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль/специализация) программы
Горные машины и оборудование

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Горных машин и транспортно-технологических комплексов
Курс	6

Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 987)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических комплексов

13.02.2024, протокол № 4

Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ

19.02.2024 г. протокол № 3

Председатель _____ И.А. Пыталев

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ГМиТТК, канд. техн. наук _____ А.М. Филатов

Рецензент:

Зам. начальника КРЦ-2 ООО "ОСК", _____ С.В. Немков

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2031 - 2032 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

формирование у студентов знаний по проектированию и расчету следящих систем гидроприводов горных машин и оборудования и умений по их использования в проектных решениях.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Проектирование и расчет следящих систем гидроприводов горных машин и оборудования входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Механическое оборудование карьеров

Стационарные машины (шахт, карьеров и обогатительных фабрик)

Теория надежности горных машин и оборудования

Транспортные системы горных предприятий

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Программируемые контроллеры в системах автоматизации производственных процессов

Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт горных машин

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Проектирование и расчет следящих систем гидроприводов горных машин и оборудования» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способен разрабатывать и доводить до исполнителей наряды и задания на осуществление проектирования и эксплуатации горных машин и оборудования, контролировать качество работ и обеспечивать правильность выполнения их исполнителями, составлять графики работ и перспективные планы, инструкции, сметы, заявки на машины и оборудование, заполнять необходимые отчетные документы в соответствии с установленными формами
ПК-3.1	Планирует и организывает эффективную работу горных машин и оборудования
ПК-3.2	Осуществляет контроль качества проектирования и эксплуатации и ремонта горных машин и оборудования с целью повышения их надежности
ПК-3.3	Оформляет заявки на машины и оборудование, заполнять необходимые отчетные документы в соответствии с установленными формами.

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 6,4 акад. часов;
- аудиторная – 6 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 61,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

– подготовка к зачёту – 3,9 акад. час

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Гидравлические исполнительные механизмы. Статические характеристики гидравлических исполнительных механизмов дроссельного регулирования. Коэффициенты полезного действия гидроприводов с дроссельным регулированием. Динамические характеристики исполнительных механизмов дроссельного регулирования.	6		2			Поиск дополнительной информации по заданной теме Подготовка лабораторному занятию.	Проверка выполнения лабораторной работы	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.2 Электрогидравлические следящие приводы с электрическими обратными связями Принципиальная и структурная схема ЭГСП с жесткой опорой. Динамические характеристики ЭГСП с жесткой опорой. Статические характеристики ЭГСП.			2			Поиск дополнительной информации по заданной теме Подготовка лабораторному занятию. Работа с компьютерными обучающими программами.	Защита лабораторных работ	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

1.3 Электрогидравлический привод дроссельного регулирования с обратной связью по скорости Описание схемы и принцип действия электрогидропривода с обратной связью по скорости. Связь между элементами ЭГП с обратной связью по скорости. Особенности работы ЭГП с обратной связью по скорости на инерционную нагрузку				12	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Работа с компьютерными обучающими программами. Подготовка к лабораторному занятию.	Проверка выполнения расчетов и защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.4 Электрогидравлические следящие приводы с механической обратной связью по положению Схема и принцип действия ЭГСП с механической обратной связью по положению. О добротности по скорости ЭГСП с механической обратной связью по положению				22,7	Поиск дополнительной информации по заданной теме Подготовка к лабораторному занятию.	Проверка выполнения и защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.5 Особенности защиты элементов ЭГСП от загрязнений Защита элементов ЭГСП от механических частиц. Конструктивные особенности гидробаков.				12	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Подготовка к лабораторному занятию.	Проверка выполнения и защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.6 Проектирование гидромеханической системы Формирование компоновочных решений гидропривода. Определение приведенных параметров гидропривода и несущей системы.				8	Поиск дополнительной информации по заданной теме	Проверка выполнения и защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.7 Основы проектирования гидросистем машин Функции гидросистемы и порядок ее проектирования. Получение принципиальной гидросхемы и расчеты по выбору гидрооборудования. Выбор элементов гидросистемы. Тепловой расчет гидросистемы. Выбор трубопроводов. Динамические расчеты гидросистем					Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы.	Проверка выполнения и защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

1.8 Проектирование гидромеханической системы Формирование компоновочных решений гидропривода. Определение приведенных параметров гидропривода и несущей системы.		2			3	Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы.	Проверка выполнения и защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.9 Основы проектирования гидросистем машин Функции гидросистемы и порядок ее проектирования. Получение принципиальной гидросхемы и расчеты по выбору гидрооборудования. Выбор элементов гидросистемы. Тепловой расчет гидросистемы. Выбор трубопроводов. Динамические расчеты гидросистем					2	Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы.	Проверка выполнения практического задания. Защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.10 Устойчивость гидромеханических систем Обеспечение устойчивости движения рабочих органов машин с гидроприводом. Стабилизация гидросистем. Стабилизация неустойчивых контуров гидросистемы. Следящие приводы					2	Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы.	Проверка выполнения и защита лабораторных работ.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу	2	4		61,7				
Итого за семестр	2	4		61,7			зачёт	
Итого по дисциплине	2	4		61,7			зачет	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

На занятиях предусматривается использование электронного демонстрационного учебного материала, содержащего сложные схемы, таблицы и математические формулы. Мультимедийное оборудование может быть использовано также и студентами для демонстрации результатов выполнения лабораторных работ.

Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекции-информации, которая ориентирована на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию, а также в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия.

1. В учебном процессе предусмотрены занятия в форме разбора конкретных ситуаций, связанных со следящим гидropневмоприводом.

2. Использование в учебном процессе Виртуального лабораторного практикума по разделам технической гидромеханики.

3. При проведении лабораторных работ рассматриваются тесты по разделам в интерактивной форме.

4. Часть занятий лекционного типа проводятся в виде презентации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Пашков, Е. В. Следящие приводы промышленного технологического оборудования : учебное пособие / Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1848-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/61367> (дата обращения: 09.06.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Расчет и проектирование электрогидравлических систем и оборудования транспортно-технологических машин : учебник / В. В. Лозовецкий, Е. Г. Комаров, Г. И. Кольниченко, В. П. Мурашев ; под редакцией В. В. Лозовецкого. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 420 с. — ISBN 978-5-8114-2101-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/92616> (дата обращения: 09.06.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кузнецов, В. В. Гидравлика и основы гидро- и пневмопривода : учебное пособие / В. В. Кузнецов, К. А. Ананьев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2013. — 221 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69471> (дата обращения: 09.06.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Никитин А. А. Управление техническими системами: Учеб. пособие / А. А.

Никитин. Красноярск: СФУ, 2007. 145 с.

2. Гидропривод и гидропневмоавтоматика станков /Федорец В.А., Педченко М.Н., Пичко М.Н. и др.–К.: Вища шк., 1987. – 375 с.

3. Viersma T.J. Investigation into the accuracy of hydraulic servomotors // Philips Res. Reports 1961, 16, p. 507–596, 1962, 17, p. 20–78.

4. Тумаркин М. М. Гидравлические следящие приводы.–М.: Машиностроение, 1966. – 296 с.

5. Коробочкин Б.Л., Тихенко В.Н. Гидравлическая следящая система с обратной связью по нагрузке. //Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления.– М.: Машиностроение, 1978. – Вып.5. – С.158–167.

6. Тихенко В.Н. Повышение точности гидроконтрольной системы прецизионных токарных станков // Металлорежущие станки: Респ. межвед. научно–техн. сб., 1983. – Вып. 11.

7. Тихенко В.Н., Гнатюк А.П., Волков А.А. Использование интегральных оценок качества при разработке следящих гидроприводов с обратными связями по нагрузке // Труды международной научно–технической конференции, К.; НТУУ КПИ, 1998. – Том1.

8. Панарин Г. М. Расчёт динамических характеристик систем управления с применением операционного метода решения дифференциальных уравнений. <http://www.twirpx.com/files/automation/tau/ft.article/>

9. Комбаров А. Н., Панарин Г. М., Лопырёв Н. Н. Практические вопросы проектирования следящих приводов. - М.: ЦНИИ информации, 1982. 164 с.

в) Методические указания:

1. Курочкин А.И., Айбашев Д.М., Филатов А.М., Подболотов С.В.

Основы функционирования гидро- и электроприводов: практикум, Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ», 2019.- 210 с.

ISBN

2. В.С.Безверхий, А.Д.Кольга, С.В. Подболотов, А.М.Филатов, Курочки А.И, Точилкин В.В,

Лабораторный практикум по электрогидроавтоматике: учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2019. 133 с.

ISBN 978-5-9967-0085-1

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
АСКОН Компас 3D в.16	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно

КС Плюс Интерактивный тренажер 3D Атлас2.0 «Устройство гидравлических насосов, объемных гидродвигателей и насосных станций»	Д-744-22 от 29.07.2022	бессрочно
Электронные плакаты по курсу "Автоматизированные системы управления на основе микропроцессорных технологий"	Д-903-13 от 14.06.2013	бессрочно
Электронные плакаты по курсу "Гидравлика и гидропривод"	К-227-12 от 11.09.2012	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3. Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

По дисциплине «Проектирование и расчет следящих систем гидроприводов горных машин и оборудования» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Самостоятельная работа по освоению дисциплины необходима для углубленного изучения материала курса. Самостоятельная работа студентов регламентируется графиками учебного процесса и самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов состоит из следующих взаимосвязанных частей:

1) Изучение теоретического материала в форме:

- Самостоятельное изучение учебной и научно литературы по теме
- Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет).

Остаточные знания определяются результатами сдачи зачета.

2) Подготовка к практическим занятиям и выполнение практических работ

Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины.

Примерные задачи:

Задача 1. В двухсопловом гидроусилителе заслонка перемещена в сторону одного из сопел на величину h от среднего положения h_0 , чем вызван перепад давления Δp на торцах распределительного золотника и, как следствие этого, его перемещение x от нейтрального положения. Считая, что силы давления на торцах золотника уравновешиваются только пружинами, определить x , если давление питания гидроусилителя $p_1 = 6 \cdot 10^6$ Па и перемещение заслонки $h = 0,5h_0$. Жесткость каждой из пружин золотника $c = 130$ Н/мм, его диаметр $D = 10$ мм.



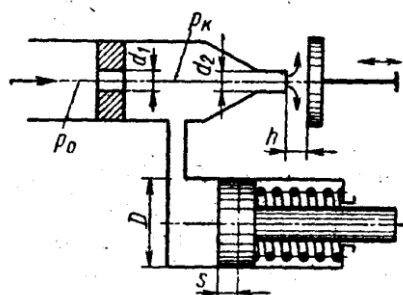
Расход через сопло определять по формуле

$$Q = \mu_2 \pi d_2 (h_0 - h) \sqrt{\frac{2p}{\rho}},$$

где μ_2 - коэффициент расхода сопла; p - давление перед соплом; ρ - плотность жидкости.

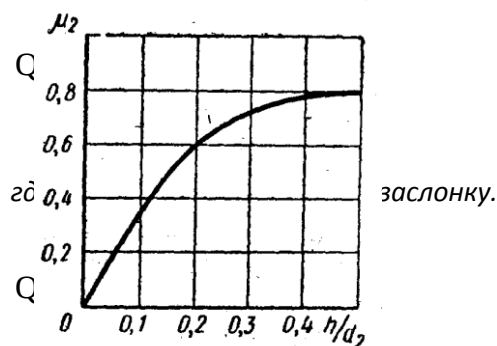
Задачу решить для случая, когда $\pi d_2 h_0 = \pi d_1^2 / 4$ и $\mu_1 = \mu_2$, где μ_1 - коэффициент расхода входного дроссельного отверстия и d_1 - его диаметр.

Задача 2. Рабочая жидкость подается к гидроусилителю типа сопло-заслонка под постоянным давлением $p_0 = 10$ МПа. Командный элемент гидроусилителя включает постоянный дроссель в виде сопла $d_2 = 2$ мм с подвижной заслонкой на дросселях передается в рабочую полость 35 мм), поршень которого оперт на пружину жесткостью 3 Н.



и заслонкой изменяется давление p_k вызывая следующее

Построить график зависимости между зазором h и смещением s поршня из крайнего положения, отвечающего $h = 0$. Определить s при $h = 1$ мм. Расход через жиклер равен



где коэффициент расхода μ_2 задан как функция относительного зазора $\frac{h}{d_2}$.

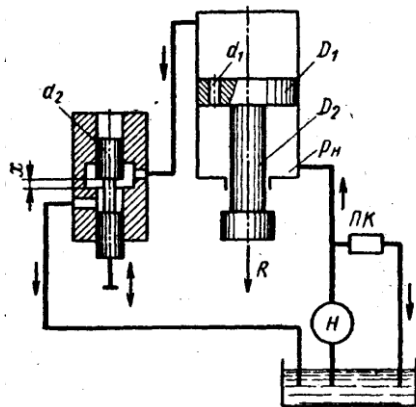
$$\mu = f\left(\frac{h}{d_2}\right)$$

Построить дополнительно график зависимости сопла-заслонки, определяемого из выражения

$$Q_2 = \mu \pi d_2 h \sqrt{2 \frac{p_k}{\rho}}$$

Задача 3. Исполнительный цилиндр гидроусилителя (диаметр поршня $D_1 = 60$ мм и штока $D_2 = 30$ мм) нагружен силой $R = 3500$ Н. Рабочая жидкость ($\rho = 850$ кг/м³) подается в нижнюю полость цилиндра насосом Н под давлением $p_n = 5$ МПа (поддерживается постоянным с помощью переливного клапана ПК).

Командный однокромочный золотник (диаметр плунжера $d_2 = 10$ мм), управляет перемещениями штока цилиндра путем изменения открытия цилиндрического окна, через которое жидкость поступает из верхней полости цилиндра на слив.



лирующее отверстие ($d_1 = 4$ мм), благодаря которому
ях золотника реверсировать движение поршня.

орости $v_{\text{п}}$ установившегося движения поршня от

навливается ($v_{\text{п}} = 0$). Каково будет значение $v_{\text{п}}$ при

рстие определять по формуле

$$Q_1 = \mu_1 \frac{\pi d_1^2}{4} \sqrt{2 \frac{p_{\text{н}} - p_0}{\rho}}$$

и через золотник

$$Q_2 = \mu_2 \pi d_2 x \sqrt{2 \frac{p_0}{\rho}}$$

где p_0 — давление в верхней полости цилиндра.

Коэффициенты расхода принять $\mu_1 = \mu_2 = 0,6$. Трением и утечками в цилиндре пренебрегать.

Указание. Воспользоваться уравнением равновесия поршня:

$$p_0 \frac{\pi D_1^2}{4} + R = p_{\text{н}} \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2)$$

и выражением расхода жидкости из верхней полости в золотник предполагая, что поршень движется вверх, имеем

$$Q_0 = Q_1 + v_{\text{п}} \frac{\pi D_1^2}{4}$$

Задача 4. Механическая колебательная

система, показанная на рис. 1.1, состоит из

пружины 1 жесткостью $c_{\text{пр}}$ и гидравлического

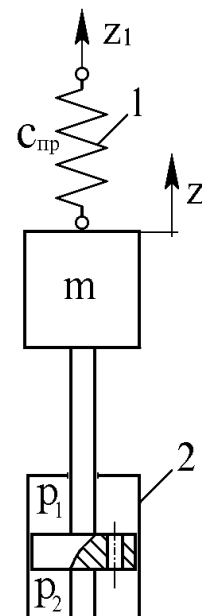
демпфера 2. Рабочая площадь демпфера $f_{\text{д}}$,

проводимость дроссельного отверстия 4 в

поршне 3 демпфера $K_{\text{др}}$.

Масса подвижных частей, приведенная

к штоку гидравлического демпфера, m . Силу



трения $F_{тр}$ между поршнем и корпусом демпфера и между штоком и корпусом демпфера принять пропорциональной скорости их перемещения относительно друг друга с коэффициентом пропорциональности $K_{тр}$ (т. е.

$$F_{тр} = K_{тр} \frac{dz}{dt}).$$

Модуль объемной упругости жидкости равен $Vж$. Составить математическое описание системы в форме “вход-выход”. За выходную величину принять перемещение z массы m . Входное воздействие на систему осуществляется перемещением верхней опоры пружины на величину z_1 .
Рис. 1.1.

Зависимость расхода жидкости $Q_{др}$, протекающей через дроссельное отверстие 4, от перепада давления ΔP на поршне принять линейной (т. е.

$$Q_{др} = K_{др} \Delta P,$$

где $K_{др}$ - проводимость дроссельного отверстия), что справедливо для ламинарного режима течения. Воздействие z_1 приложено в момент, когда объемы жидкости на поршне и под поршнем одинаковы и равны V_0 .

Составить математическое описание и определить передаточную функцию:

- а) без учета массы подвижных частей, силы трения и сжимаемости жидкости;
- б) без учета силы трения и сжимаемости жидкости, но с учетом массы подвижных частей;
- в) без учета сжимаемости жидкости, но с учетом силы трения и массы подвижных частей;
- г) с учетом сжимаемости жидкости, силы трения и массы подвижных частей.

Задача 5. Гидравлическое устройство, показанное на рис. 1.3, называют катарактом и применяют в автоматических регуляторах для осуществления изодромной обратной связи. Катаракт состоит из поршня 3 площадью f_p и массой m , имеющего дроссельное отверстие 4, цилиндра 2 и пружины 1 жесткостью $c_{пр}$. Зависимость расхода жидкости $Q_{др}$, протекающей через дроссельное отверстие 4 от перепада давления ΔP на поршне принять линейной

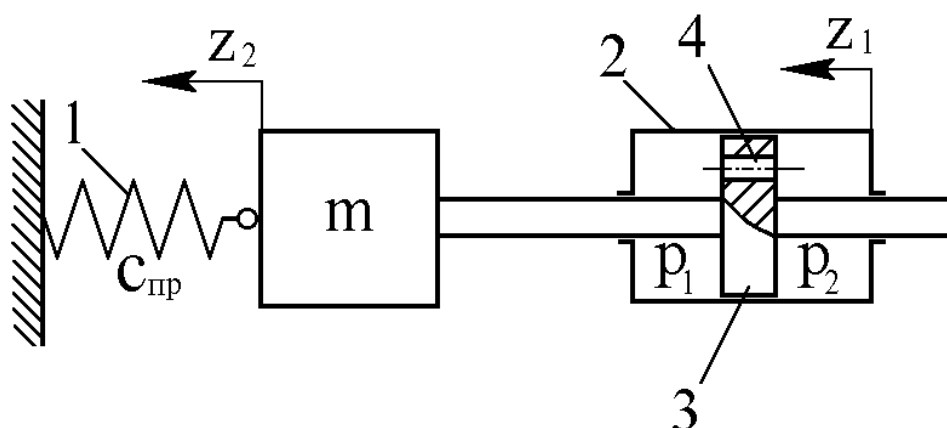


Рис. 1.3 .

(т. е. $Q_{др} = K_{др} \Delta P$,

где $K_{др}$ - проводимость дроссельного отверстия), что справедливо для ламинарного режима течения. Силу трения $F_{тр}$ между поршнем и цилиндром принять пропорциональной относительной скорости их взаимного перемещения с коэффициентом пропорциональности $K_{тр}$ т. е.

$$F_{тр} = K_{тр} \frac{d(z_1 - z_2)}{dt}$$

Модуль объемной упругости жидкости равен $Vж$. Составить математическое описание в форме "вход-выход" катаракта. Входное воздействие осуществляется перемещением z_1 цилиндра. За выходную величину принять перемещение z_2 подвижного конца пружины с поршнем. Воздействие z_1 приложено в момент времени, когда объемы жидкости в общих полостях цилиндра одинаковы и равны V_0 . Определить передаточную функцию. Поперечными размерами штока пренебречь.

Составить математическое описание и определить передаточную функцию:

- без учета массы подвижных частей, силы трения и сжимаемости жидкости;
- без учета силы трения и сжимаемости жидкости, но с учетом массы подвижных частей;
- без учета сжимаемости жидкости, но с учетом силы трения и массы

подвижных частей;

г) с учетом сжимаемости жидкости, силы трения и массы подвижных частей.

Задача 6. Составить математическое описание в форме “вход-выход”

гидравлического устройства, описанного в задаче 3. За выходную величину принять перемещение z_2 свободного конца пружины. Входное воздействие осуществляется внешней силой F , приложенной к цилиндру 2 (рис. 1.4).

Составить математическое описание и определить передаточную функцию:

а) без учета массы подвижных частей, силы трения и сжимаемости жидкости;

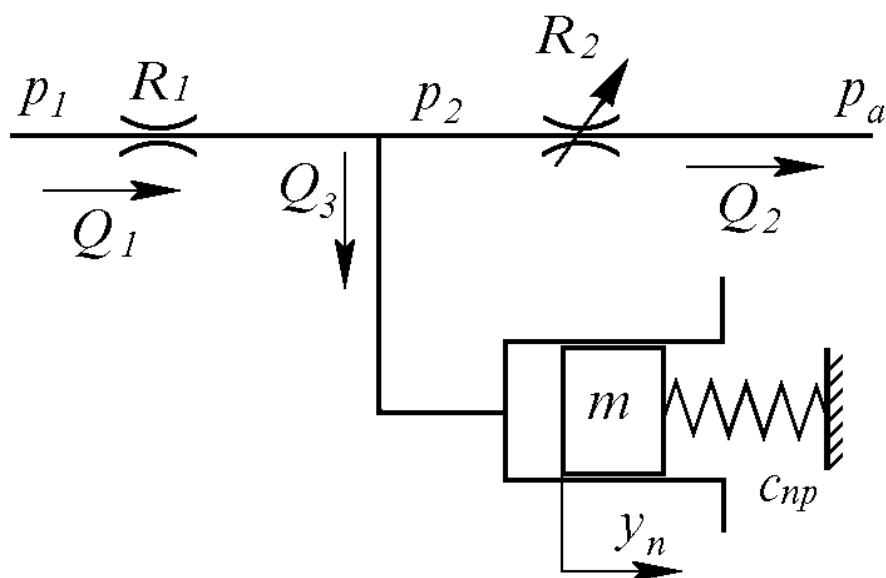
б) без учета силы трения и сжимаемости жидкости, но с учетом массы подвижных частей;

в) без учета сжимаемости жидкости, но с учетом силы трения и массы подвижных частей;

г) с учетом сжимаемости жидкости, силы трения и массы подвижных частей.

Задача 7. Гидравлическая система (рис. 1.5) состоит из нерегулируемого

дросселя с постоянным гидравлическим сопротивлением R_1 , регулируемого дросселя с переменным гидравлическим сопротивлением R_2 и гидроцилиндра с поршнем массой m . На поршень с одной стороны действует давление P_2 жидкости, а с другой - пружина жесткостью $спр$. Поршень находится в равновесии, когда сила давления равна силе пружины. Регулируя гидравлическое сопротивление R_2 , можно изменять давление P_2 и тем самым вызывать перемещение уп



поршня.

Рис. 1.5. Гидросистема

При движении поршня силу трения между поршнем и гидроцилиндром принять пропорциональной скорости движения поршня с коэффициентом пропорциональности $K_{тр}$ т. е.

$$F_{тр} = K_{тр} \frac{dy_n}{dt}$$

Давления P_1 и P_2 будем считать избыточными, а давление после второго дросселя - равным атмосферному P_a .

Кроме того, давления P_1 и P_a примем постоянными и пусть выполняется условие $P_1 > P_2$. Составить математическое описание гидросистемы при малых отклонениях поршня относительно положения равновесия, привести уравнения к одному уравнению в форме "вход-выход".

За входное воздействие принять изменение гидравлического сопротивления R_2 , а за выходную величину - перемещение уп поршня. При положении равновесия значения переменных величин принять равными: $P_2 = P_{20}$, положение поршня $y_n = 0$, гидравлическое сопротивление регулируемого дросселя $R_2 = R_{20}$, объем жидкости в гидроцилиндре и трубопроводах (между дросселями и гидроцилиндром) равным V_0 . Модуль объемной упругости жидкости принять равным $V_{ж}$.

Составить математическое описание и определить передаточную функцию:

- а) без учета массы подвижных частей, силы трения и сжимаемости жидкости;
- б) без учета силы трения и сжимаемости жидкости, но с учетом массы подвижных частей;
- в) без учета сжимаемости жидкости, но с учетом силы трения и массы подвижных частей;
- г) с учетом сжимаемости жидкости, силы трения и массы подвижных частей.

Задача 8. Составить математическое описание гидравлического усилителя

с нагруженным пружинами золотником (рис. 1.6). Определить передаточную

функцию. Гидроусилитель состоит из золотника 1, пружин 2, нерегулируемых

дросселей 3, заслонки 4 и сопел 5. В гидроусилителе перепад давления

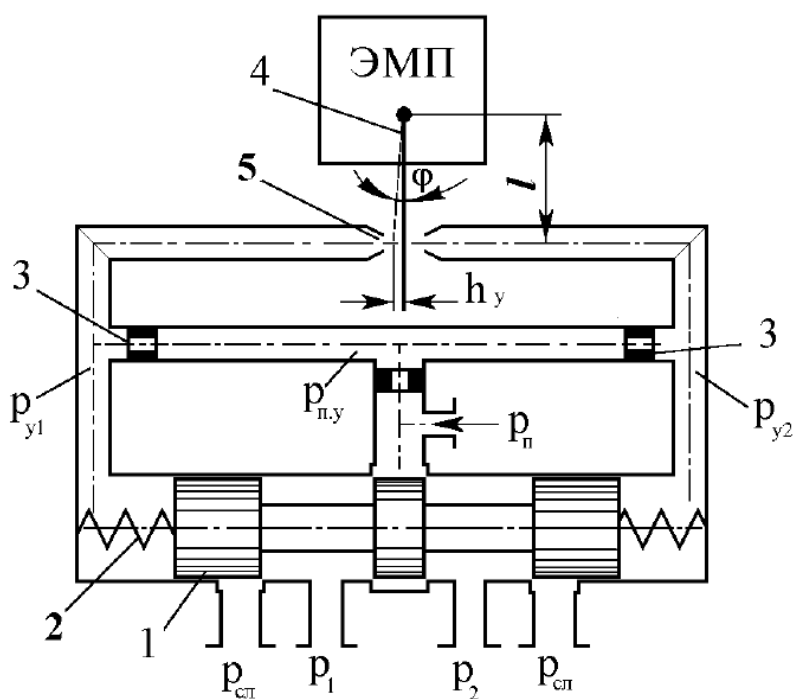


Рис. 1.6. Гидроусилитель

$P_y = P_{y1} - P_{y2}$, в полостях А и Б, необходимый для управления (перемещения)

золотником 1, создается при отклонении h_y заслонки от нейтрального положе-

ния вследствие изменения расходов через дроссели 3. При отклонении заслонки

влево от нейтрального положения расстояние от левого сопла до заслонки

уменьшается, а от правого сопла до заслонки - увеличивается, что ведет к

уменьшению расхода жидкости через левое сопло, что, в свою очередь ведет к

увеличению давления после левого дросселя и уменьшению давления после

правого дросселя. Вследствие этого изменения давления в левой половине гид-

роусилителя часть жидкости после левого дросселя потечет в полость А и дав-

ление в полости А увеличится, в правой же половине гидроусилителя жидкость

потечет из полости Б к правому соплу и давление в полости Б уменьшится. Под

разностью сил давления в полостях А и Б золотник начнет перемещаться впра-

во, сжимая правую пружину и растягивая левую, пока силы давления, дейст-

вующие на золотник, не уравновесятся силами, приложенными со стороны

пружин. При движении золотника на него действуют также гидродинамическая

сила и сила трения.

За входное воздействие принять отклонение заслонки от нейтрального

положения, а за выходную величину - перемещение золотника.

Уравнение линеаризованной расходно-перепадно-й характеристики усили-

тельной ступени с соплом-заслонкой принять в в
иде

$$Q_y = K_{Q_h} \dot{h}_y - K_{Q_p} P_y,$$

где Q_y - расход жидкости, обеспечивающий движени
е управляемого золотника

от нейтрального положения; h_y - отклонение засло
нки от нейтрального поло-

жения; $P_y = P_{y1} - P_{y2}$ - разность управляющих давлений в
полостях А и Б гид-

роусилителя.

Гидродинамическую силу, приложенную к золотни
ку со стороны потока

жидкости, обтекающего кромки его буртов, опред
елять по формуле

$$F_{z\partial} = -2c_{z\partial} x_z$$

где $c_{гд}$ - коэффициент жесткости гидродинамичес
кой пружины,

принять постоянным; x_z - смещение золотника от н
осительно нейтрального по-

ложения). Силу трения $F_{гд}$ между золотниками и к
орпусом считать вызванной

жидкостным трением и определить по соотношени
ю

$$F_{тр} = K_{тр} \frac{dx_z}{dt}$$

где $K_{тр}$ - коэффициент трения.

Объемы полостей А и Б считать одинаковыми и ра
вными V_y . Масса золотников равна m_z . Модуль объе
мной упругости жидкости равен B_j .

Составить математическое описание и определить передаточную функцию:

а) без учета массы подвижных частей, силы трения и сжимаемости жидкости;

б) без учета силы трения и сжимаемости жидкости, но с учетом массы

подвижных частей;

в) без учета сжимаемости жидкости, но с учетом силы трения и массы

подвижных частей;

г) с учетом сжимаемости жидкости, силы трения и массы подвижных частей.

Примерное задание по лабораторной работе

Провести на стенде настройку PID- регулятор, используя метод Зиглера – Николса.

1. Установление границы устойчивости замкнутого контура регулирования (эмпирически),
2. Вычисление параметров регулятора в соответствии со стандартными формулами.

1. Граница устойчивости определяется посредством Р- регулятора. Условием этого являются появление установившихся колебаний. Это позволяет определить критический коэффициент усиления K_{Pcrit} и критический период колебания T_{crit} (см. рис.).
2. Коэффициенты регуляторов, исходя из этого, рассчитываются на основе формул (см. табл. .1).



Рис. Критический период колебания T_{Crit}

Коэффициенты регулятора согласно методу Зиглера-Николса

Тип регулятора	Вычисление значений характеристик				
	K_p	T_n	T_v	K_i	K_D
P	$0.5 \cdot K_{Crit}$	-	-	-	-
PD	$0.8 \cdot K_{Crit}$	-	$0.12 \cdot T_{Crit}$	-	$K_p \cdot T_v$
PI	$0.45 \cdot K_{Crit}$	$0.85 \cdot T_{Crit}$	-	K_p / T_n	-
PID	$0.6 \cdot K_{Crit}$	$0.5 \cdot T_{Crit}$	$0.12 \cdot T_{Crit}$	K_p / T_n	$K_p \cdot T_v$

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) за период обучения и проводится в форме зачета.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-3 Способен разрабатывать и доводить до исполнителей наряды и задания на осуществление проектирования и эксплуатации горных машин и оборудования, контролировать качество работ и обеспечивать правильность выполнения их исполнителями, составлять графики работ и перспективные планы, инструкции, сметы, заявки на машины и оборудование, заполнять необходимые отчетные документы в соответствии с установленными формами		
ПК-3.1	Планирует и организывает эффективную работу горных машин и оборудования	• Статические характеристики гидравлических исполнительных механизмов дроссельного регулирования. • Коэффициенты полезного действия гидроприводов с дроссельным регулированием. • Динамические характеристики исполнительных механизмов дроссельного регулирования. • Принципиальная и структурная схема ЭГСП с нежесткой опорой. • Динамические характеристики ЭГСП с нежесткой опорой. • Статические характеристики ЭГСП. • Описание схемы и принцип действия электрогидропривода с обратной

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		связью по скорости. Связь между элементами ЭГП с обратной связью по скорости. • Особенности работы ЭГП с обратной связью по скорости на инерционную нагрузку • Схема и принцип действия ЭГСП с механической обратной связью по положению. О добротности по скорости ЭГСП с механической обратной связью по положению • Защита элементов ЭГСП от механических частиц. Конструктивные особенности гидробаков. • Формирование компоновочных решений гидропривода. • Определение приведенных параметров гидропривода и несущей системы. • Функции гидросистемы и порядок ее проектирования. • Получение принципиальной гидросхемы и расчеты по выбору гидрооборудования. • Выбор элементов гидросистемы. • Тепловой расчет гидросистемы. Выбор трубопроводов. • Динамические расчеты гидросистем • Обеспечение устойчивости движения рабочих органов машин с гидроприводом. • Стабилизация гидросистем. • Стабилизация неустойчивых контуров гидросистемы. Следящие приводы • Проектирование электрогидравлических систем • Основные тенденции развития. • Повышение демпфирования. • Объемное регулирование. • Цифровые электрогидравлические приводы.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		• Особенности схемы надежности гидросистем. • Порядок расчета безотказности гидросистем. • Среднее время восстановления. Диагностика и резервирование. • Требования к конструкции гидросистем • Особенности гидроприводов горных машин и оборудования. • Гидроприводы рабочего оборудования карьерного экскаватора (системы с разомкнутой циркуляцией и объемным регулированием) • Гидроприводы бульдозера (системы с разомкнутой циркуляцией и позиционным управлением) • Гидроприводы ходовой трансмиссии пневмоколесного погрузчика (реверсивные системы с замкнутой циркуляцией и объемным регулированием) • Гидроприводы грузоподъемного механизма погрузочно-доставочной машины (системы с замкнутой циркуляцией, объемным регулированием и попутной нагрузкой) • Ступенчато-регулируемые гидроприводы бетоносмесителя и бульдозера. • Ступенчато-регулируемый гидропривод колесного погрузчика. • Ступенчато-регулируемый гидропривод гусеничного тягача с дистанционным управлением • Динамический расчет ступенчато-регулируемых гидроприводов • Особенности последовательного соединения гидродвигателей в многопоточных ступенчато регулируемых гидроприводах
ПК-3.2	Осуществляет контроль качества проектирования и эксплуатации и ремонта горных машин и оборудования с	Примерные практические задания для зачета: Составить математическое описание в форме “вход-выход” системы, приведенной на

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	целью повышения их надежности	<i>следующей схеме.</i> <i>За выходную величину принять перемещение массы m от внешней силы F, а силу F - за входное воздействие.</i> <i>Составить математическое описание и определить передаточную функцию:</i> <i>а) без учета массы подвижных частей, силы трения и сжимаемости жидкости;</i> <i>б) без учета силы трения и сжимаемости жидкости, но с учетом массы подвижных частей;</i> <i>в) без учета сжимаемости жидкости, но с учетом силы трения и массы подвижных частей;</i> <i>г) с учетом сжимаемости жидкости, силы трения и массы подвижных частей.</i>
ПК-3.3:	Оформляет заявки на машины и оборудование, заполнять необходимые отчетные документы в соответствии с установленными формами.	Примерные задания на решение задач из профессиональной области Приведена схема гидрообъемной трансмиссии гусеничного тягача. Укажите особенности данной схемы. Возможности регулировки и настройки. Приведите алгоритм расчета динамических расчета данного гидропривода.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Проектирование и расчет следящих систем гидроприводов горных машин и оборудования» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в виде ответов на тестовые задания. Тесты выкладываются на портале МГТУ.

Показатели и критерии оценивания зачета:

«Зачтено» - выставляется при условии, если студент показывает хорошие знания учебного материала по темам курса, знает основные положения проектирования и расчета следящих систем гидроприводов горных машин и оборудования, устройство и принцип работы гидроаппаратов. При этом студент логично и последовательно излагает материал, раскрывает смысл вопроса, дает удовлетворительные ответы на дополнительные вопросы.

«Не зачтено» - выставляется при условии, если студент владеет отрывочными знаниями по темам курса, дает неполные ответы на вопросы из основной литературы, рекомендованной к курсу.

Методические рекомендации для подготовки к зачету

При подготовке к зачету у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Конспектирование должно осуществляться обучающимся только лишь самостоятельно. Просмотр собственных конспектов позволяет обучающемуся быстро восстанавливать в памяти содержание источника.

В начале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. При этом нужно обратить особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам.

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Методическое обеспечение

1. Щербаков, Ю.С. Расчет и выбор шахтной подъемной установки [Электронный ре-сурс] : учебное пособие / Ю.С. Щербаков, Д.М. Кобылянский. — Электрон. дан. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2013. — 128 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/69542>. — Загл. с экрана.
2. Шахтное и подземное строительство. Ч.I Оснащение вертикальных стволов.: Учеб. пособие/Юж.-Рос. гос. техн ун-т. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000. 300 с.