



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
С.Е. Гавришев

25.02.2020 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
21.05.04 специализация N 9 «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	5

Магнитогорск
2019 год


Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 17.10.2016 г. № 1298)

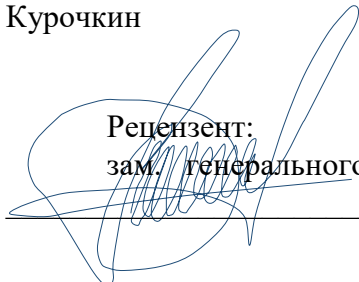
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических комплексов
27.12.2019, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.Д. Кольга

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДпТ
25.02.2020 г. протокол № 7

Председатель  С.Е. Гавришев

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ГМиТТК, канд. техн. наук  А.И.
Курочкин

Рецензент:
зам. генерального директора ООО «УралЭнергоРесурс» , канд. техн. наук
 И.С. Туркин

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от 01 сентября 2020 г. № 1
Зав. кафедрой  А.Д.Кольга

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Д. Кольга

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Д. Кольга

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Д. Кольга

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Д. Кольга

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.Д. Кольга

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.Д. Кольга

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 вариативную часть учебного плана 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)

Транспортные системы горных предприятий

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

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Программируемые контроллеры в системах автоматизации производственных процессов

Шахтные подъёмные установки

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:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-8 готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством	
Знать	-принципы построения следящих систем и их компонентную базу
Уметь	- уметь квалифицированно проектировать и проводить расчеты следящих систем
Владеть	- методами настройки, регулировки и ремонта следящих систем гидроприводов горных машин и оборудования, позволяющих с готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством

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;

– подготовка к зачёту – 3,9 акад. часа

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.	5	2			10	Поиск дополнительной информации по заданной теме Подготовка лабораторному занятию.	Проверка выполнения лабораторной работы	ПК-8
1.2 Электрогидравлические следящие приводы с электрическими обратными связями Принципиальная и структурная схема ЭГСП с нежесткой опорой. Динамические характеристики ЭГСП с нежесткой опорой. Статические характеристики ЭГСП.					2	Поиск дополнительной информации по заданной теме Подготовка лабораторному занятию. Работа с компьютерными обучающими программами.	Защита лабораторных работ	ПК-8

<p>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</p>				2	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме. Работа с компьютерными обучающими программами. Подготовка к лабораторному занятию.</p>	<p>Проверка выполнения расчетов и защита лабораторных работ.</p>	ПК-8
<p>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</p>				2,5	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме Подготовка к лабораторному занятию.</p>	<p>Проверка выполнения и защита лабораторных работ.</p>	ПК-8
<p>1.5 Особенности защиты элементов ЭГСП от загрязнений Защита элементов ЭГСП от механических частиц. Конструктивные особенности гидробаков.</p>				13,2	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме. Подготовка к лабораторному занятию.</p>	<p>Проверка выполнения и защита лабораторных работ.</p>	ПК-8
<p>1.6 Проектирование гидромеханической системы Формирование компоновочных решений гидропривода. Определение приведенных параметров гидропривода и несущей системы.</p>				2	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме</p>	<p>Проверка выполнения и защита лабораторных работ.</p>	ПК-8
<p>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</p>					<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы.</p>	<p>Проверка выполнения и защита лабораторных работ.</p>	ПК-8

<p>1.8 Проектирование гидромеханической системы Формирование компоновочных решений гидропривода. Определение приведенных параметров гидропривода и несущей системы.</p>				2	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы.</p>	<p>Проверка выполнения и защита лабораторных работ.</p>	ПК-8
<p>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</p>				2	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы.</p>	<p>Проверка выполнения практического задания. Защита лабораторных работ.</p>	ПК-8
<p>1.10 Устойчивость гидромеханических систем Обеспечение устойчивости движения рабочих органов машин с гидроприводом. Стабилизация гидросистем. Стабилизация неустойчивых контуров гидросистемы. Следящие приводы</p>				2	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы.</p>	<p>Проверка выполнения и защита лабораторных работ.</p>	ПК-8
<p>1.11 Проектирование электрогидравлических систем Основные тенденции развития. Повышение демпфирования. Объемное регулирование. Цифровые электрогидравлические приводы.</p>				12	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме «Управление усилием на выходном звене исполнительного механизма»</p>	<p>Проверка выполнения и защита лабораторных работ.</p>	ПК-8
<p>1.12 Обеспечение надежности при проектировании гидросистем Особенности схемы надежности гидросистем. Порядок расчета безотказности гидросистем. Среднее время восстановления. Диагностика и резервирование. Требования к конструкции гидросистем</p>				12	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы</p>	<p>Проверка выполнения практического задания. Защита лабораторных работ.</p>	ПК-8

1.13 Проектирование гидравлических систем строительных и дорожных машин Особенности гидроприводов горных машин и оборудования.			2/2И			Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление практической работы: Управление положением выходного звена исполнительного механизма.	Проверка выполнения практического задания. Защита лабораторных работ.	ПК-8
1.14 Основные требования предъявляемые к гидросистемам горных машин и оборудованию. 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)			2			Поиск дополнительной информации по заданной теме Оформление лабораторной работы: Управление усилием на исполнительном механизме гидропривода.	Проверка выполнения и защита лабораторных работ.	ПК-8
1.15 Зачет						Проработка всего пройденного материала	Индивидуальное собеседование по зачетным вопросам	
Итого по разделу	2	4/2И		61,7				
Итого за семестр	2	4/2И		61,7			зачёт	
Итого по дисциплине	2	4/2И		61,7			зачет	ПК-8

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, под-лежащей осмыслению и запоминанию, а также в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для под-готовки 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 гидрокопировальной 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.; НГУУ 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
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно

MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
АСКОН Компас 3D В.16	Д-261-17 от 16.03.2017	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/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.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.

6 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

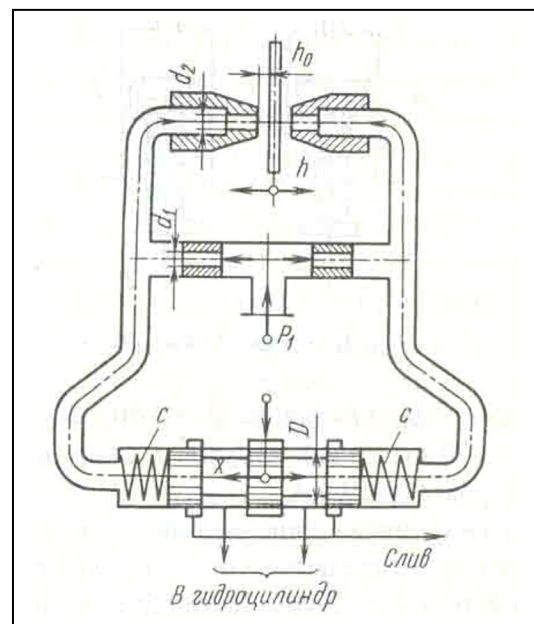
Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины.

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

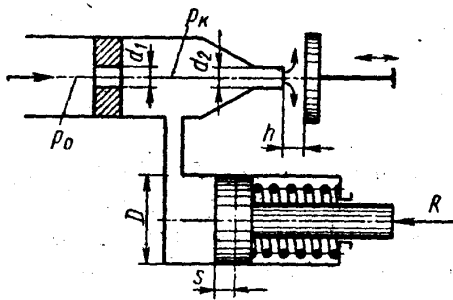


$$Q = \mu_2 \pi d_2 (h_0 - h) \sqrt{\frac{2p}{\rho}},$$

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

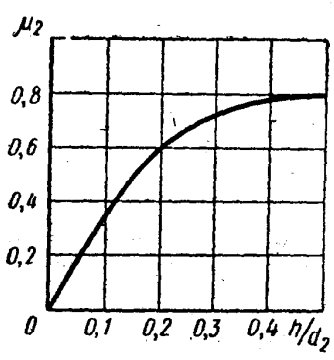
Задачу решить для случая, когда $\pi d_2 h_0 = \pi d_1^2 / 4$ и $\mu_1 = \mu_2$, где μ_1 - коэффициент расхода входного дроссельного отверстия и d_1 - его диаметр.

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 жиклера $d_1 = 3$ мм и регулируемый дроссель в виде сопла $d_2 = 2$ мм с подвижной заслонкой на выходе. Давление p_k в камере между дросселями передается в рабочую полость исполнительного гидроцилиндра ($D = 35$ мм), поршень которого оперт на пружину жесткостью $C = 200$ Н/см и нагружен силой $R = 7500$ Н.



При изменении зазора h между соплом и заслонкой изменяется давление p_k вызывая следящее перемещение поршня.

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

$$Q_1 = \mu_1 \frac{\pi d_1^2}{4} \sqrt{2 \frac{p_0 - p_k}{\rho}},$$

где $\mu_1 = 0,8$, и через сопло-заслонку.

$$Q_2 = \mu_2 \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{2 \frac{p_k}{\rho}},$$

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

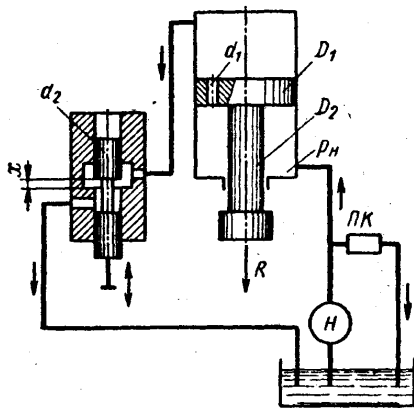
$$\mu = f\left(\frac{h}{d_2}\right)$$

Построить дополнительно график зависимости μ 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.



В поршне цилиндра имеется дросселирующее отверстие ($d_1 = 4$ мм), благодаря которому можно при определенных открытиях золотника реверсировать движение поршня.

Построить график зависимости скорости v_n установившегося движения поршня от открытия x золотника.

Указать, при каком x поршень останавливается ($v_n =$

0). Каково будет значение v_n при закрытом золотнике?

Расход через дросселирующее отверстие определять по формуле

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

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:

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

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

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

Задача 4. Механическая колебательная система, показанная на рис. 1.1, состоит из пружины 1 жесткостью $c_{\text{спр}}$ и гидравлического демпфера 2. Рабочая площадь демпфера f_d , проводимость дроссельного отверстия 4 в поршне 3 демпфера $K_{др}$.

Масса подвижных частей, приведенная к штоку гидравлического демпфера, m . Силу трения $F_{\text{тр}}$ между поршнем и корпусом демпфера и между штоком и корпусом демпфера принять пропорциональной скорости их перемещения относительно друг друга с коэффициентом пропорциональности $K_{\text{тр}}$ (т. е.

$$F_{\text{тр}} = K_{\text{тр}} \frac{dz}{dt}).$$

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 .

1.1.

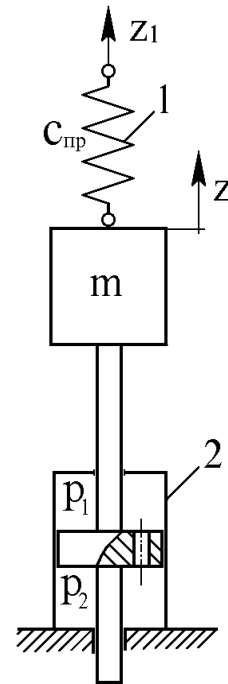


Рис.

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

$$Q_{др} = K_{др} \Delta P,$$

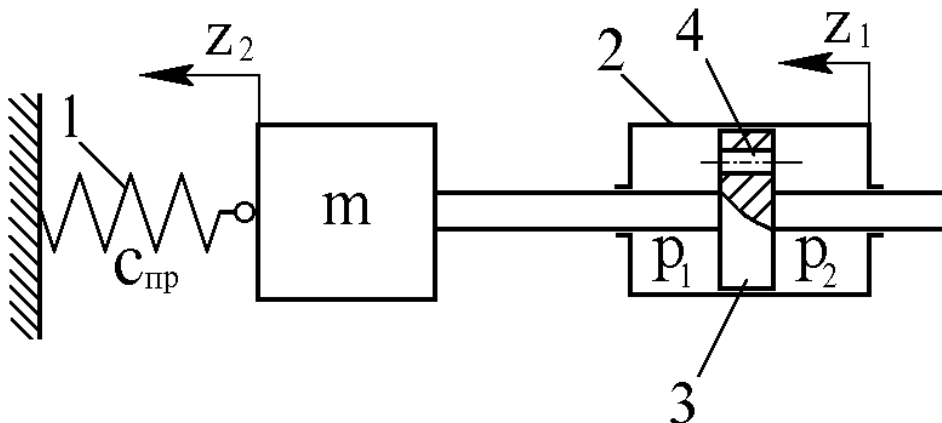
где $K_{др}$ - проводимость дроссельного отверстия), что справедливо для ламинарного режима течения. Воздействие z_1 приложено в момент, когда объемы жидкости на поршне и под поршнем одинаковы и равны V_0 .

Составить математическое описание и определить передаточную функцию:

- 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;
- 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 $Q_{др}$, проте-

кающей 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.

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

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:

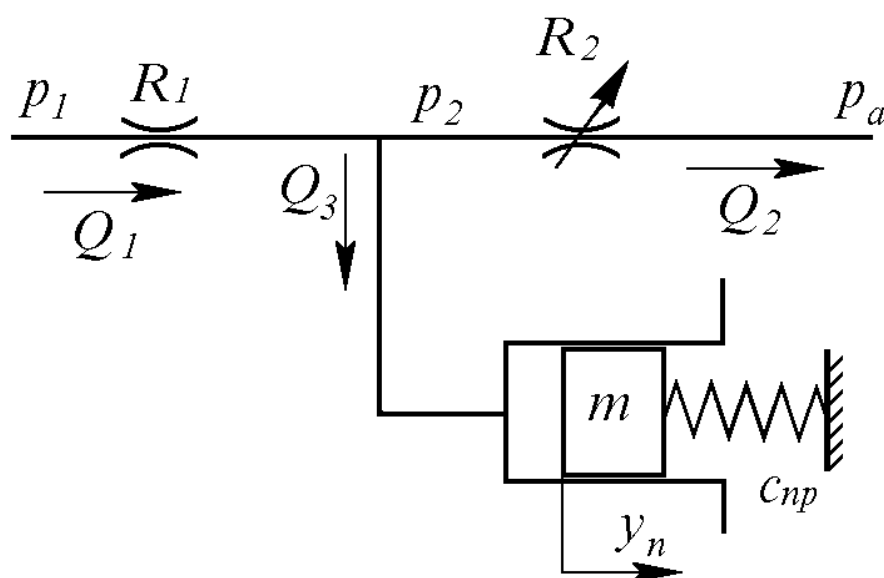
- а) без учета массы подвижных частей, силы трения и сжимаемости жидкости;
- б) без учета силы трения и сжимаемости жидкости, но с учетом массы подвижных частей;
- в) без учета сжимаемости жидкости, но с учетом силы трения и массы подвижных частей;
- г) с учетом сжимаемости жидкости, силы трения и массы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

Задача 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 $c_{пр}$. 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: $P_2 = P_2^0$, положение поршня $u_p = 0$, гидравлическое сопротивление регулируемого дросселя $R_2 = R_2^0$, объем жидкости в гидроцилиндре и трубопроводах (между дросселями и гидроцилиндром) равным V_0 . Модуль объемной упругости жидкости принять равным $B_ж$.

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

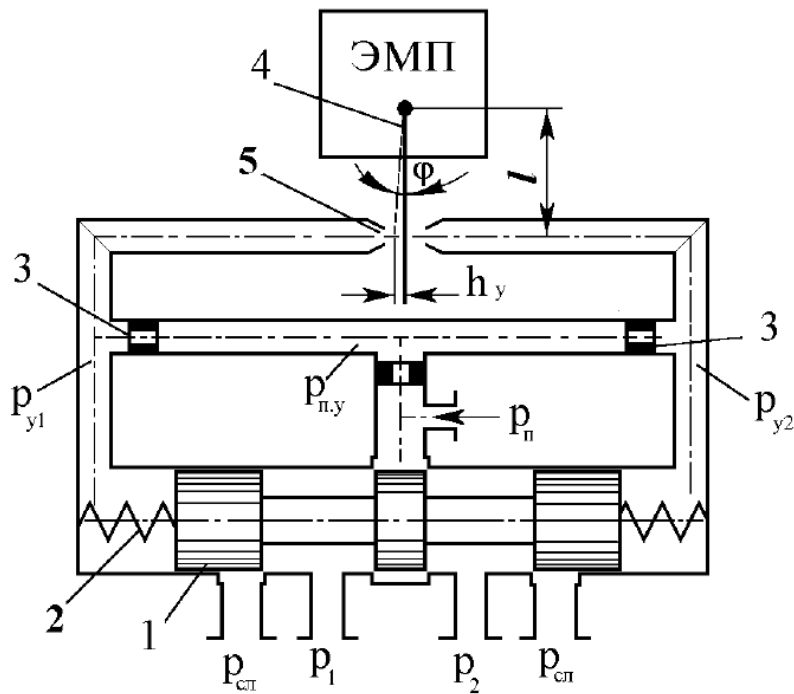


Рис. 1.6. Гидроусилитель

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

золотником 1, создается при отклонении h_y заслонки от нейтрального положения 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 гидроусилителя часть жидкости после левого дросселя потечет в полость А и давление 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 вправо, сжимая правую пружину и растягивая левую, пока силы давления, действующие на золотник, не уравниваются 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-перепадной характеристики усиленной ступени с соплом-заслонкой принять в виде

$$Q_y = K_{Qh} \dot{h}_y - K_{Qp} P_y,$$

где Q_y - расход жидкости, обеспечивающий движение управляемого золотника от нейтрального положения; h_y - отклонение заслонки от нейтрального положения; $P_y = P_{y1} - P_{y2}$ - разность управляющих давлений в полостях А и Б гидроусилителя.

Гидродинамическую силу, приложенную к золотнику со стороны потока жидкости, обтекающего кромки его буртов, определять по формуле

$$F_{z\delta} = -2c_{z\delta} x_z,$$

где $c_{z\delta}$ - коэффициент жесткости гидродинамической пружины, принять постоянным; x_z - смещение золотника относительно нейтрального положения). Силу трения $F_{z\delta}$ между золотниками и корпусом считать вызванной жидкостным трением и определить по соотношению

$$F_{z\delta} = K_{mp} \frac{dx_z}{dt}$$

где K_{mp} - коэффициент трения.

Объемы полостей А и Б считать одинаковыми и равными V_y . Масса золотников равна m_z . Модуль объемной упругости жидкости равен B_j .

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.

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_{Crit} и критический период колебания T_{Crit} (см. рис.).

2. Коэффициенты регуляторов, исходя из этого, рассчитываются на основе формул (см. табл. .1).

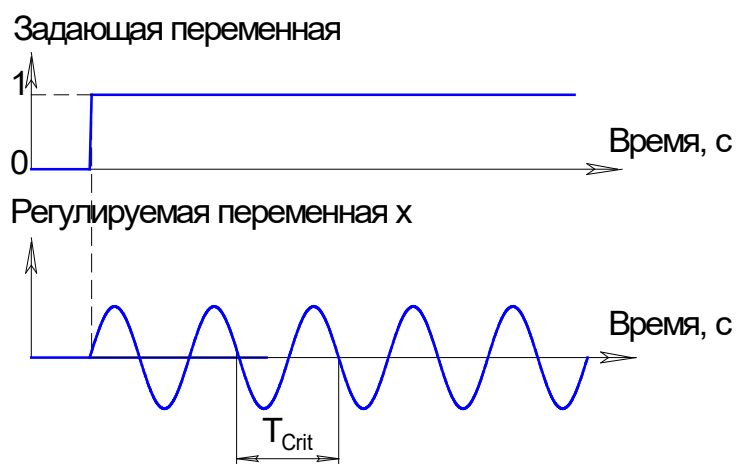


Рис. Критический период колебания T_{Crit}

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	$K_P \cdot T_v$

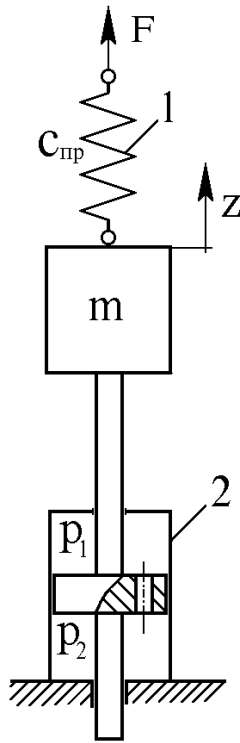
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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-8 готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – принципы построения следящих систем – их компонентную базу 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Статические характеристики гидравлических исполнительных механизмов дроссельного регулирования. 2. Коэффициенты полезного действия гидроприводов с дроссельным регулированием. 3. Динамические характеристики исполнительных механизмов дроссельного регулирования. 4. Принципиальная и структурная схема ЭГСП с нежесткой опорой. 5. Динамические характеристики ЭГСП с нежесткой опорой. 6. Статические характеристики ЭГСП. 7. Описание схемы и принцип действия электрогидропривода с обратной связью по скорости. Связь между элементами ЭГП с обратной связью по скорости. 8. Особенности работы ЭГП с обратной связью по скорости на инерционную нагрузку 9. Схема и принцип действия ЭГСП с механической обратной связью по положению. О добротности по скорости ЭГСП с механической обратной связью по положению

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>10. Защита элементов ЭГСП от механических частиц. Конструктивные особенности гидробаков.</p> <p>11. Формирование компоновочных решений гидропривода.</p> <p>12. Определение приведенных параметров гидропривода и несущей системы.</p> <p>13. Функции гидросистемы и порядок ее проектирования.</p> <p>14. Получение принципиальной гидросхемы и расчеты по выбору гидрооборудования.</p> <p>15. Выбор элементов гидросистемы.</p> <p>16. Тепловой расчет гидросистемы. Выбор трубопроводов.</p> <p>17. Динамические расчеты гидросистем</p> <p>18. Обеспечение устойчивости движения рабочих органов машин с гидроприводом.</p> <p>19. Стабилизация гидросистем.</p> <p>20. Стабилизация неустойчивых контуров гидросистемы. Следящие приводы</p> <p>21. Проектирование электрогидравлических систем</p> <p>22. Основные тенденции развития.</p> <p>23. Повышение демпфирования.</p> <p>24. Объемное регулирование.</p> <p>25. Цифровые электрогидравлические приводы.</p> <p>26. Особенности схемы надежности гидросистем.</p> <p>27. Порядок расчета безотказности гидросистем.</p> <p>28. Среднее время восстановления. Диагностика и резервирование.</p> <p>29. Требования к конструкции гидросистем</p> <p>30. Особенности гидроприводов горных машин и оборудования.</p> <p>31. Гидроприводы рабочего оборудования карьерного экскаватора (системы с разомкнутой циркуляцией и объемным регулированием)</p> <p>32. Гидроприводы бульдозера (системы с разомкнутой циркуляцией и позиционным управлением)</p> <p>33. Гидроприводы ходовой трансмиссии пневмоколесного погрузчика (реверсивные системы с замкнутой циркуляцией и объемным регулированием)</p> <p>34. Гидроприводы грузоподъемного механизма</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>погрузочно-доставочной машины (системы с замкнутой циркуляцией, объемным регулированием и попутной нагрузкой)</p> <p>35. Ступенчато-регулируемые гидроприводы бетоносмесителя и бульдозера.</p> <p>36. Ступенчато-регулируемый гидропривод колесного погрузчика.</p> <p>37. Ступенчато-регулируемый гидропривод гусеничного тягача с дистанционным управлением</p> <p>38. Динамический расчет ступенчато-регулируемых гидроприводов</p> <p>39. Особенности последовательного соединения гидродвигателей в многопоточных ступенчато-регулируемых гидроприводах</p>
Уметь	<p>– квалифицированно проектировать</p> <p>– проводить расчет следящих систем</p>	<p>Примерные практические задания для зачета:</p> <p>Составить математическое описание в форме “вход-выход” системы, приведенной на следующей схеме.</p> <p>За выходную величину принять переменение массы m от внешней силы F, а силу F - за входное воздействие.</p> <p>Составить математическое описание и определить передаточную функцию:</p> <p>а) без учета массы подвижных частей, силы трения и сжимаемости жидкости;</p> <p>б) без учета силы трения и сжимаемости жидкости, но с учетом массы подвижных частей;</p> <p>в) без учета сжимаемости жидкости, но с учетом силы трения и массы подвижных частей;</p> 

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		г) с учетом сжимаемости жидкости, силы трения и массы подвижных частей.
Владеть	<p>– методами настройки, регулировки и ремонта следящих систем гидроприводов горных машин и оборудования, позволяющих с готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством</p>	<p>Примерные задания на решение задач из профессиональной области</p> <p>Приведена схема гидрообъемной трансмиссии гусеничного тягача. Укажите особенности данной схемы. Возможности регулировки и настройки. Приведите алгоритм расчета динамических расчетов данного гидропривода.</p> 

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.