

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф.ГОРБАЧЕВА»
Филиал КузГТУ в г. Белово

Кафедра Горного дела и техносферной безопасности

ГИДРАВЛИКА

Методические материалы для выполнения лабораторных работ,
практических работ и организации самостоятельной работы обучающихся
всех форм обучения

специальность «21.05.04 Горное дело»
специализация: 09 «Горные машины и оборудование»

Составитель В. В. Аксененко
Рассмотрены на заседании кафедры
Протокол № 11 от 16.06.2023г.
Рекомендованы учебно-
методической комиссией по
специальности 21.05.04 «Горное
дело» в качестве электронного
издания для использования в
образовательном процессе
Протокол № 8 от 20.06.2023г.

Белово 2023

Введение

Основная цель выполнения лабораторных и практических работ - применение на практике знаний, полученных на лекционных занятиях по дисциплине, способствование пониманию изучаемого материала, систематизирования полученных экспериментальным путем данных, выполнению расчетов, совершенствования навыков работы с контрольно-измерительными приборами и лабораторным оборудованием.

Основные задачи проведения лабораторных занятий:

- повторение теоретических знаний по изучаемым темам;
- планирование экспериментального исследования;
- аналитическая и расчетная обработка результатов;
- систематизация полученных знаний и формирование выводов вне лаборатории;
- изучение основных теоретических положений по теме выполняемой работы и оформление разделов отчета, не требующих наличия экспериментальных данных.

Для подготовки к лабораторным и практическим занятиям необходимо заранее ознакомиться с перечнем вопросов, которые будут рассмотрены на занятии, рекомендуемой основной и дополнительной литературы, содержанием рекомендованных Интернет ресурсов. Необходимо прочитать соответствующие разделы из литературы, рекомендованной преподавателем, выделить основные понятия и процессы, их закономерности и движущие силы, и взаимные связи.

На лабораторных и практических занятиях нужно выяснять у преподавателя ответы на интересующие или затруднительные вопросы, высказывать и аргументировать свое мнение.

В рамках изучения курса проводится 3 лабораторных работы, трудоемкость каждой составляет 2 часа. Каждая работа содержит минимальный объем теоретического материала, необходимый для ее выполнения, рекомендации по составлению таблиц данных, порядок проведения работы, требования к отчету, контрольные вопросы и ссылки на рекомендуемую для изучения литературу.

Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы и решаемые в процессе выполнения работы задачи;
- кратко теоретические положения;
- схему стенда - установки; сведения об измерительных устройствах;
- результаты испытаний и обработки данных испытаний, формулы для обработки результатов испытаний, необходимые графики;
- выводы с заключением.

Правила техники безопасности при работе в лаборатории гидроприводов.

1. К лабораторным занятиям в лаборатории допускаются обучающиеся, получившие инструктаж по технике безопасности у руководителя лабораторными занятиями с соответствующим оформлением в журнале.
2. Обучающимся запрещается самостоятельно включать электропривод установок, открывать и закрывать клапаны в трубопроводах, переключать шланги, если это не связано с выполнением работы. Эти операции выполняются руководителем занятий или обучающимися под его наблюдением.
3. Электропривод установок при соблюдении правил эксплуатации безопасен для работающих (установки надежно заземлены, соединения заизолированы). При нарушении правил (самовольные попытки «ремонта» или «изучения устройства», которые строго запрещаются), возможно поражение электротоком, поэтому обучающимся необходимо знать приемы помощи пострадавшему от электрического тока.
4. После работы под наблюдением руководителя работ необходимо отключить питание электродвигателей и подачу рабочей среды к установкам.

Лабораторная работа № 1

Экспериментальное исследование рабочих характеристик шестеренного насоса

Цель работы: Изучение работы шестеренного насоса, построение и анализ его характеристик.

1. Основные теоретические положения.

Насосами называются гидравлические машины для перемещения жидкости путём сообщения ей энергии (кинетической или потенциальной). По способу передачи энергии различают три основных класса насосов: лопастные, вихревые и объёмные. Одним из видов объёмных насосов является шестеренный насос.

Рабочими органами шестеренного насоса являются две шестерни с эвольвентным профилем, одна из которых – ведущая, другая – ведомая. Насосы могут быть внешнего и внутреннего зацепления. Наибольшее распространение получили насосы с шестернями внешнего зацепления.

Схема действия шестеренного насоса внешнего зацепления показана на рис. 1. Шестерни 2, 3 плотно охватываются корпусом 1, имеющим каналы 6, 7 для входа и выхода жидкости. При вращении шестерен образуется разрежение в полости всасывания 4 вследствие того, что при расцеплении зубьев

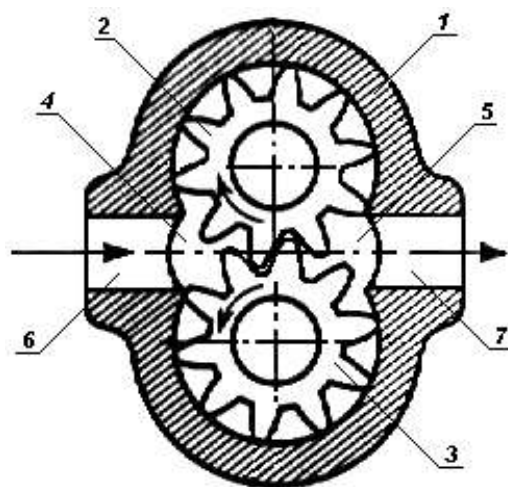


Рис. 1. Шестеренный насос

во впадине между зубьями образуется пустое пространство тотчас же заполняемое жидкостью. При дальнейшем вращении шестерен жидкость из полости всасывания переносится в полость нагнетания 5, а затем входящими в зацепление зубьями выталкивается в нагнетательный канал 7. Теоретически насос с одинаковыми диаметрами шестерен за каждый оборот нагнетает в систему объем жидкости, равный суммарному объему впадин между зубьями обеих шестерен. Поэтому производительность насоса пропорциональна частоте его вращения.

Основные потери в шестеренном насосе – объемные и механические. Объемные потери возникают в результате утечек жидкости через зазоры. К механическим потерям относятся потери на трение в подшипниках и сальниках, а также потери, обусловленные относительным смещением слоев жидкости в насосе и перерезанием потока жидкости зубьями насоса. Общий к.п.д. шестеренного насоса на практике равен $0,5 \div 0,75$.

Шестеренные насосы широко применяются в различных системах. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с насосами других типов. Это простота конструкции, сравнительно небольшие размеры и масса, практически равномерная подача, долговечность. Вместе с тем шестеренные насосы чувствительны к увеличению зазоров между шестернями и корпусом, поэтому при увеличении давления их производительность быстро снижается.

Характерными параметрами насоса являются следующие.

Подача (расход) – количество жидкости, подаваемой насосом в единицу времени. Объемная подача Q измеряется в $м^3/с$, $л/с$, или $м^3/час$. Весовая подача G измеряется в $Н/с$, $кг/с$ или $т/час$. Связь между Q и G выражается формулой:

$$G = \gamma Q \quad (1)$$

где γ – удельный вес жидкости $Н/м^3$.

Напор H – приращение механической энергии, получаемое каждым килограммом протекающей через насос жидкости, то есть разность удельных энергий жидкости при выходе из насоса и входе в насос. Размерность напора – $Дж/кг$. На практике напор часто выражают в метрах, при этом изменение энергии относят не к единице массы, а к единице веса жидкости: $Дж/Н = Н \cdot м / Н = м$. Напор насоса может быть определен по формуле, выражающей энергетический баланс энергии жидкости на входе и выходе из насоса.:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + g h_b + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} \quad Дж/кг \quad (2)$$

где P_1 , P_2 – давление жидкости на входе и выходе из насоса, $Па$;

ρ – плотность перекачиваемой жидкости, $кг/м^3$;

g – ускорение свободного падения, $м/с^2$;

h_b – разность высот сечений всасывающего и нагнетательного патрубков насоса, $м$;

c_1 , c_2 – скорость жидкости на входе и выходе из насоса, $м/с$.

Давление жидкости на входе и выходе из насоса определяется с помощью вакуумметра и манометра:

$$P_1 = B - P_B$$

$$P_2 = P_M + B \quad (3)$$

здесь: P_B, P_M - давление по вакуумметру и манометру, *Па*;

B - атмосферное давление, *Па*.

После подстановки (3) в (2) получим следующее выражение для определения напора насоса:

$$H = \frac{P_M + P_B}{\rho} + g h_B + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} \quad \text{Дж/кг} \quad (4)$$

Мощность N , потребляемая насосом, или мощность на валу может быть определена по формуле:

$$N = N_{эл} \eta_{эл} \quad \text{Вт} \quad (5)$$

где: $N_{эл}$ - электрическая мощность, потребляемая электродвигателем из сети;

$\eta_{эл}$ - к.п.д. электродвигателя.

Полезная мощность $N_{п}$, развиваемая насосом, определяется по формуле:

$$N_{п} = \rho Q H \quad \text{Вт} \quad (6)$$

Коэффициент полезного действия η насоса представляет собой отношение полезной мощности к потребляемой:

$$\eta = \frac{N_{п}}{N} \quad (7)$$

Число оборотов n – обычно выражается в *об/мин*.

Графические зависимости $(H, N, \eta) = f(Q)$ при $n = \text{const}$ называются напорными характеристиками насоса.

2. Описание лабораторной установки.

Схема лабораторной установки показана на рис.2. Турбинное масло из ёмкости 1 шестерённым насосом 14 через счётчик жидкости 13 подаётся обратно в ёмкость 1. Трёхходовой кран 10, клапаны 2 и 11 при проведении опытов должны оставаться закрытыми, т.к. силовой цилиндр 4 в данной работе не используется. Изменение расхода масла осуществляется клапаном 12. Измерение давления в напорном трубопроводе производится манометром 8, разряжения во всасывающем трубопроводе – вакууметром 9. Насос приводится во вращение электродвигателем 15, который подключается к 3-х фазной сети 380/220В автоматическим выключателем 17. Электрическая

мощность, потребляемая электродвигателем из сети, определяется с помощью измерительного комплекта 16 типа К-505.

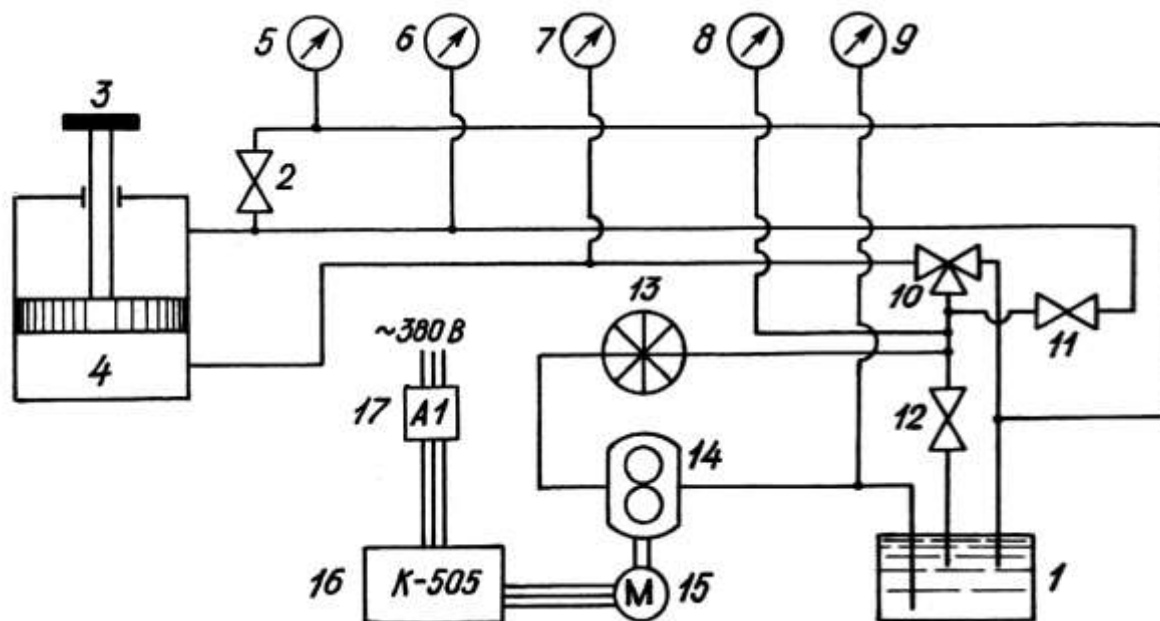


Рис. 2. Схема лабораторной установки.

3. Проведение опыта.

3.1. Проверить положение переключателей прибора 16 по току и напряжению. Переключатель фаз прибора поставить в нейтральное положение, отключив прибор от сети.

3.2. Закрыть кран 10 и клапаны 2 и 11. Клапан 12 открыть полностью.

3.3. Пустить насос автоматом 17. После того, как двигатель насоса наберёт обороты, переключателем фаз прибора 16 подключить прибор к сети.

3.4. Дать поработать насосу некоторое время на максимальной подаче, чтобы удалить воздух из насоса и трубопроводов и прогреть подшипники.

3.5. Произвести испытания насоса на 10 режимах при подачах, уменьшающихся от максимальной до нуля примерно через равные промежутки. На каждом режиме записать значение давления по манометру 8 и разряжения по вакууметру 9, расход масла по счётчику литров 13, суммарную мощность трёх фаз электродвигателя по прибору 16.

3.6. Выключить насос автоматом 17. Переключатель фаз прибора 16 поставить в нейтральное положение.

4. Обработка результатов опыта.

Используя формулы (4) – (7) для каждого из режимов определяют напор H , полезную мощность $N_{п}$ и к.п.д. насоса η . Скорости движения жидкости в напорном и всасывающем трубопроводах для формулы (4) находят по выражению:

$$c = \frac{Q}{F} \quad (8)$$

Где: Q - расход жидкости, $м^3/с$;

F - площадь проходного сечения трубопровода, $м^2$.

По полученным данным строят характеристики насоса: $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$.

5. Содержание отчёта.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

- краткие теоретические положения;
- схему экспериментальной установки;
- протокол испытаний;
- обработку результатов опыта;
- характеристики насоса;
- анализ полученных результатов.

6. Протокол испытаний

Лабораторная работа №

Исследование характеристик шестеренного насоса.

Группа:

Дата испытаний:

Исполнители:

Исходные данные:

Плотность рабочей жидкости $\rho =$ кг/м³

Разность точек уровней подключения манометра и вакуумметра $h_B =$ м

Диаметр напорного трубопровода $d_H =$ м

Диаметр всасывающего трубопровода $d_B =$ м

К.п.д. электродвигателя $\eta_{эд} =$

Результаты испытаний:

№ опыта	P_M		P_B		V м ³	t с	Q м ³ /с	N_Φ Вт	N_D Вт
	кг/см ²	Па	кг/см ²	Па					
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Подпись исполнителей

Подпись преподавателя

Контрольные вопросы:

1. Опишите принцип работы шестеренного насоса.
2. От чего зависит производительность шестеренного насоса.
3. Назовите основные параметры шестеренного насоса.
4. Какие измерительные приборы используются для определения параметров насосов.
5. Что такое КПД насоса.

Лабораторная работа №2

Изучение устройства и определение характеристик двухлинейного регулятора расхода

Цель работы: изучение устройства и экспериментальное определение характеристик двухлинейного регулятора расхода.

1. Краткие теоретические сведения

Двухлинейный регулятор расхода предназначен для поддержания расхода на выходе на постоянном заданном уровне при изменениях давления на входе и на выходе.

Применяют двухлинейные регуляторы расхода для обеспечения заданной скорости движения выходного звена гидропривода (например, штока гидроцилиндра) при действии на него переменной нагрузки.

На рисунке 2.1 приведены конструктивная схема двухлинейного регулятора расхода (а), а также его детальное (б) и упрощенное (в) обозначения на схемах гидравлических принципиальных.

Регулятор расхода (см. рисунок 2.1, а) состоит из корпуса 1 с установленным в нем клапаном разности давления (состоит из золотника 2 и пружины 3) и регулируемым дросселем (регулируемый дроссель представляет собой кольцевую щель, образованную между гнездом корпуса 1 и иглой 4). Клапаном разности давлений обеспечивается постоянный перепад давления на регулируемом дросселе. Известно, что расход через дроссель зависит от перепада давления на дросселе и площади его проходного сечения. Поэтому, если на дросселе поддерживать постоянный перепад давления (а это обеспечивает клапан разности давлений), то расход через дроссель будет зависеть только от его площади, определяемой в рассматриваемой конструкции положением иглы 4.

Регулятор двухлинейный, т. к. он связан с другими устройствами только двумя линиями (из них А – вход, а В – выход).

На схеме обозначены:

- p_1 – давление на входе;
- p_2 – давление перед регулируемым дросселем;
- p_3 – давление на выходе.

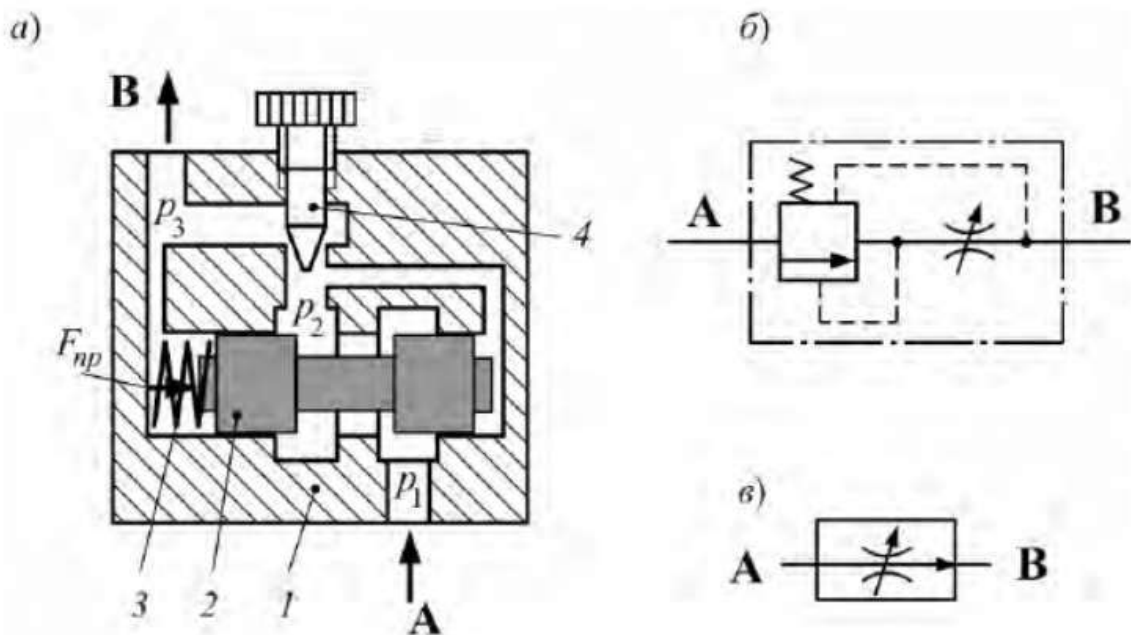


Рисунок 2.1 – Двухлинейный регулятор расхода
 а – конструктивная схема; б – условное обозначение детальное; в – условное обозначение упрощенное

Уравнение равновесия золотника 2 имеет вид:

$$F_{пр} + p_3 A_3 = p_2 A_3, \quad (2.1)$$

где $F_{пр}$ – усилие пружины;

A_3 – площадь торцевой поверхности золотника.

Выполнив преобразования, получим

$$F_{пр} = p_2 A_3 - p_3 A_3.$$

Откуда

$$p_2 - p_3 = \frac{F_{пр}}{A_3}$$

Перепад давлений $p_2 - p_3$ и есть перепад давлений на регулируемом дросселе (для каждой конкретной конструкции эту величину можно считать постоянной).

Предположим, что величина давления p_3 на выходе регулятора расхода возросла. Это приведет к перемещению золотника 2 вправо. При этом увеличится площадь регулируемого дросселя, образованного между передней кромкой правого пояска золотника 2 и корпусом 1. В результате давление p_2 повысится, что приведет к уменьшению величины $p_2 - p_3$, а следовательно, и величины расхода на выходе регулятора.

При снижении p_3 золотник 2 переместится влево, площадь сечения дросселя, образованного между корпусом и передней кромкой правого пояска золотника, уменьшится, что приведет к уменьшению давления p_2 и восстановлению разности давлений $p_2 - p_3$, а следовательно, и расхода.

Регулятор обеспечивает регулирование расхода при условии, что

$$p_3 < (p_1 - \Delta p), \text{ где } \Delta p = p_2 - p_3.$$

Следует отметить, что дозирование расхода двухлинейным регулятором на многих режимах работы сопровождается значительными потерями энергии.

В отдельных случаях КПД гидропривода может составлять несколько процентов (1...5 %). Это объясняется тем, что избыток подачи насоса по отношению к расходу, обеспечиваемому на выходе В, перепускается через предохранительный клапан, установленный на выходе насоса, на слив. Произведение расхода через предохранительный клапан на слив на давление срабатывания предохранительного клапана равно потерям мощности (энергии, которая переходит в тепловую). Таким образом, чем меньше величина задаваемого расхода и давления на выходе регулятора, тем ниже КПД гидропривода.

Важнейшей статической характеристикой регулятора расхода является зависимость $Q_p = f(p_{\text{вых}})$, где Q_p и $p_{\text{вых}}$ – соответственно расход и давление на выходе регулятора (на рисунке 2.1, а давление на выходе обозначено как p_3).

2. Проведение испытаний

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо изучить разделы 1 и 2.

Объектом испытаний в данной работе является двухлинейный регулятор расхода РР1 типа МПГ 55-22.

В результате проведения испытаний необходимо получить характеристику $Q_p = f(p_{\text{вых}})$, а также характеристики, позволяющие оценить энергетические потери, обусловленные работой регулятора расхода.

2.1 Подготовка установки к работе.

Перед включением стенда необходимо собрать гидравлическую схему, используя рисунок 2.1. Для этого необходимо трубопроводом с ответвлением соединить выход регулятора расхода РР1 (разъем R1) со входом дросселя ДР (разъем R12), ответвление, которое должно находиться со стороны РР1, подключить к блоку TR1 (разъем R2). Маховики управления РР1 и ДР необходимо повернуть до ограничителя по часовой стрелке.

2.2 Определение характеристик регулятора расхода.

Включить электрическое питание стенда («Сеть»), электродвигателя М (кнопка «Пуск»), электронного секундомера (тумблер «Вкл.»).

Дать возможность поработать стенду в течение 3...5 мин.

Вначале необходимо определить подачу насоса Q_n . Для этого при указанных выше настройках РР1 и ДР измерить время t прохождения через расходомер РА объема $W_{ж} = 10$ дм³. Тогда $Q_n = W_{ж} / t$ (на исследуемом режиме расход через расходомер РА равен подаче насоса). Далее определенное значение Q_n на всех режимах работы системы будем считать постоянным, что допустимо, т. к. подача объемного насоса при изменениях давления на его выходе изменяется незначительно.

Исследования необходимо провести на двух режимах (при двух настройках регулятора расхода РР1).

Вначале маховик управления РР1 следует установить в позицию «1» и на этом режиме при различных настройках регулируемого дросселя ДР провести шесть опытов.

В каждом опыте необходимо регистрировать:

- давление p_1 (по манометру МН1);
- давление p_2 (по манометру МН2);
- давление $p_{\text{вых}}$ (по манометру МН3);
- время t прохождения через расходомер РА объема $W_{\text{ж}}$.

Результаты измерений записать в таблицу 2.1.

Результаты исследований двухлинейного регулятора расхода Таблица 2.1

Параметры	Режим исследования I						Режим исследования II					
	I						II					
	Номер опыта i						Номер опыта i					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Давление p_1 , МПа												
Давление p_2 , МПа												
Давление $p_{\text{вых}}$, МПа												
Время t , с												
Объем $W_{\text{ж}}$, дм ³	10						10					
Расход Q_p , дм ³ /с												
Мощность на выходе насоса $N_{\text{н}}$, Вт												
Мощность на входе регулятора $N_{\text{вх}}$, Вт												
Мощность на выходе регулятора $N_{\text{вых}}$, Вт												

После выполнения опытов на режиме I необходимо по такой же методике провести исследования на режиме II (при установленном маховике управления РР1 в позицию «2»).

После выполнения всех опытов следует отключить питание секундомера, электродвигателя и стенда.

2.3 Обработка результатов

Расход на выходе регулятора (равен расходу на входе регулятора)

$$Q = W_{\text{ж}} t .$$

Мощность на выходе насоса $N_{\text{н}} = p_1 Q_{\text{н}}$ (расход определен в начале испытаний, на всех режимах $Q_{\text{н}} = \text{const}$).

Мощность на входе регулятора $N_{\text{вх}} = p_2 Q$.

Мощность на выходе регулятора $N_{\text{вых}} = p_{\text{вых}} Q$.

По результатам испытаний для двух режимов необходимо построить следующие графические зависимости: $Q_{\text{вых}} = f_1(p)$, $N_{\text{н}} = f_2(p)$, $N_{\text{вх}} = f_3(p)$ и $N_{\text{вых}} = f_4(p)$.

Контрольные вопросы:

1. Схема лабораторной установки.
2. Назначение, устройство и обозначение на схемах двухлинейного регулятора расхода.

3. Методика экспериментальных исследований двухлинейного регулятора расхода.
4. Анализ результатов экспериментальных исследований.
5. Оценка энергетических характеристик регулятора расхода.

Лабораторная работа №3

Экспериментальное определение и исследование энергетических и механических характеристик нерегулируемого гидропривода возвратно-поступательного действия

Цель работы: приобретение практических навыков по сборке гидравлических систем на стенде и выполнению типовых измерений при испытаниях гидравлических устройств.

1. Общие положения

Гидравлическим приводом в соответствии с ГОСТ 17752-81 «Гидропривод объемный и пневмопривод. Термины и определения» называется привод, в состав которого входит гидравлический механизм, в котором рабочая жидкость находится под давлением, с одним или более объемными гидродвигателями.

К объемным гидродвигателям относятся гидродвигатели, в которых движение выходного звена осуществляется за счет заполнения объема рабочей камеры двигателя жидкостью. Основными видами объемных гидродвигателей являются гидроцилиндры, имеющие возвратно-поступательное движение выходного звена, гидромоторы с неограниченным вращательным движением и поворотные гидродвигатели с ограниченным поворотным движением. В соответствии с этим различают гидроприводы поступательного, вращательного и поворотного движений.

В зависимости от источника подачи рабочей жидкости к объемному двигателю гидропривод может быть насосным, когда насос входит в состав гидропривода, аккумуляторным, в котором зарядка гидроаккумулятора происходит от внешнего источника, и магистральным, в котором рабочая жидкость от трубопровода подается к группе объемных гидроприводов.

По способу регулирования скорости гидроприводы делятся на приводы:

- с дроссельным управлением, в которых регулирование скорости движения выходного звена осуществляется дросселирующим элементом гидравлического аппарата и отводом части потока минуя гидродвигатель;
- с машинным регулированием, в которых регулирование скорости осуществляется регулируемым насосом, гидромотором или обеими гидромашинами;

- с машинно-дроссельным регулированием, в которых регулирование скорости осуществляется гидроаппаратом и гидромашиной одновременно.

К внешним параметрам гидроприводов относятся: скорости движения выходных звеньев, развиваемые ими усилия или моменты, потребляемая и полезная мощности, коэффициент полезного действия (КПД) и др. Главными внутренними параметрами являются расход и давление рабочей жидкости.

2. Теоретические характеристики

В гидроприводе поступательного движения скорость движения штока цилиндра без учета объемных потерь

$$v = \frac{Q}{F_{ц}}, \quad (1.1)$$

где Q – расход рабочей жидкости, поступающий в камеру гидроцилиндра с рабочей площадью $F_{ц}$.

В гидроприводе вращательного движения частота вращения вала гидромотора

$$n = \frac{Q}{V_{ом}}, \quad (1.2)$$

где $V_{ом}$ – рабочий объем гидромотора.

Усилие, развиваемое штоком гидроцилиндра

$$R = (p_{вх} F_{вх} - p_{вых} F_{вых}), \quad (1.3)$$

где $p_{вх}$ – давление рабочей жидкости на входе в гидроцилиндр с рабочей площадью $F_{вх}$; $p_{вых}$ – давление рабочей жидкости на выходе из гидроцилиндра с рабочей площадью $F_{вых}$.

Момент, развиваемый гидромотором

$$M = \frac{(p_{вх} - p_{вых}) V_{ом}}{2\pi}. \quad (1.4)$$

Полезная мощность гидропривода есть механическая мощность, развиваемая гидроцилиндром

$$N_{пол} = R \cdot v. \quad (1.5)$$

Под затраченной мощностью понимают гидравлическую мощность на выходе из насоса без учета объемных потерь в насосе

$$N_{зат} = p_n \cdot Q_n, \quad (1.6)$$

где p_n – давление рабочей жидкости на выходе из насоса; Q_n – теоретическая подача насоса.

КПД гидропривода поступательного движения при принятых допущениях равен

$$\eta = \frac{N_{пол}}{N_{зат}}. \quad (1.7)$$

Аналогично определяется КПД гидропривода вращательного движения.

3. Описание схемы испытаний

В работе собираются гидравлические схемы двух гидроприводов: возвратно-поступательного движения с поршневым гидроцилиндром *ГЦ* двухстороннего действия и вращательного движения с реверсивным гидромотором *ГМ* (рис. 1.1). Источником подачи рабочей жидкости является насосная установка *НУ*. Изменение направления движения выходных звеньев осуществляется посредством четырехлинейного трехпозиционного направляющего распределителя *Р* с ручным управлением. Нагрузка на выходных звеньях гидродвигателей имитируется созданием давления в сливной гидролинии с помощью напорного клапана прямого действия *КН1*. Обратный клапан *КО* обеспечивает отсутствие нагрузки при обратном ходе гидродвигателя. Напорный клапан *КН2* ограничивает давление в напорной гидролинии. Измерение давлений на выходе из насоса, на входе и выходе из гидродвигателя осуществляется манометрами *М1*, *М2* и *М3* соответственно. Слив жидкости из напорного клапана *КН2* и направляющего распределителя осуществляется в гидробак насосной установки.

4. Порядок выполнения работы

1. Собрать гидравлическую схему привода с гидроцилиндром.
2. Настроить напорный клапан *КН2* на давление 5 МПа, обеспечив максимальный расход рабочей жидкости через него путем перекрытия напорной гидролинии.
3. Создать давление в штоковой полости гидроцилиндра при выдвигании штока с помощью напорного клапана *КН1*, равное 6...7 МПа.
4. Измерить секундомером время прямого хода (выдвигания штока) и давления в гидросистеме во время движения штока по показаниям манометров *М1*, *М2* и *М3*. Учитывая малый период времени движения штока и имеющее место демпфирование стрелки у манометра, показания манометров рекомендуется снимать ближе к окончанию движения штока, но ни при его завершении.
5. Измерить время обратного хода (втягивания штока) и показания тех же манометров.
6. Повторить испытание еще два раза. Результаты измерений заносить таблицу по форме табл. 1.1.
7. Собрать гидравлическую схему привода с гидромотором. Убедиться в наличии вращения его вала, возможности осуществлении реверса и создании нагрузки при вращении в одном направлении.

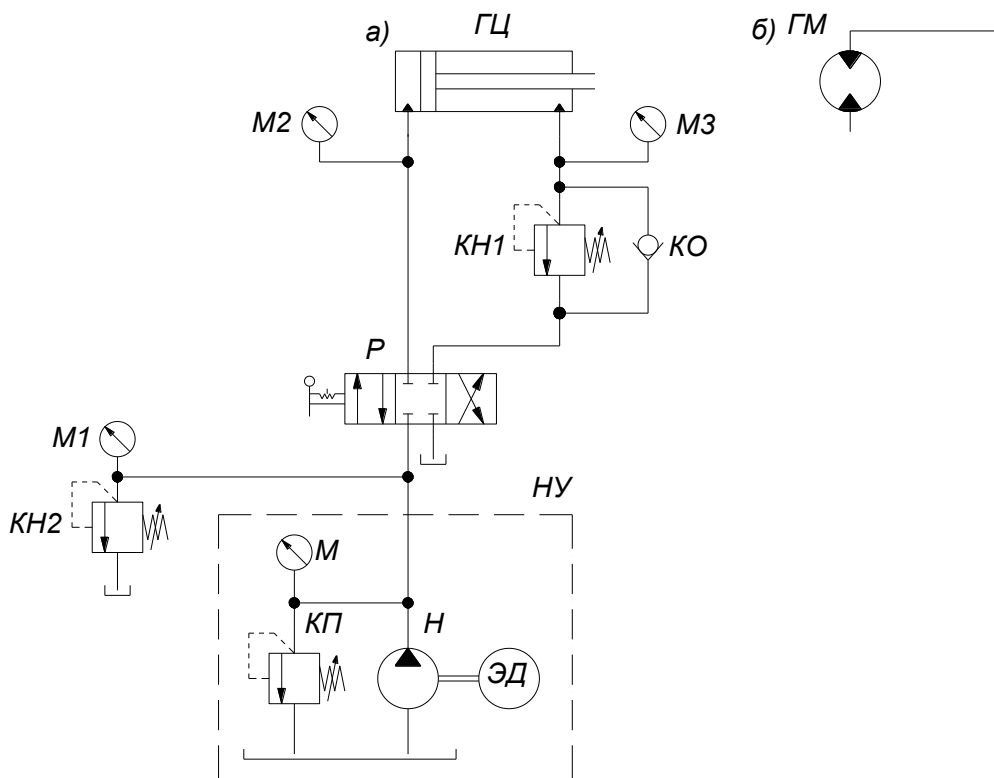


Рис.1. Схема испытаний гидропривода

Результаты измерений

Таблица 1.1

	Прямой ход штока				Обратный ход штока			
	Давления, МПа			Время, с	Давления, МПа			Время, с
	p_1	p_2	p_3	t	p_1	p_2	p_3	t
1								
2								
3								
Сред.								

5. Обработка и анализ результатов испытания

1. Определить среднеарифметические значения измеренных величин, которые будут использоваться для дальнейших расчетов. Результаты расчетов представляются в табличной форме (табл. 1.2).

2. Рассчитать скорости движения штока гидроцилиндра при прямом и обратном ходах с учетом длины хода, равной 200 мм.

3. Рассчитать расходы на входе в гидроцилиндр и на выходе из него с использованием формулы (1.1) и с учетом того, что диаметры поршня и штока соответственно равны 16 и 10 мм.

4. Рассчитать полезную мощность гидропривода $N_{пол}$ при прямом ходе штока принимая за полезную нагрузку усилие, затрачиваемое на преодоление давления в штоковой полости гидроцилиндра.

5. Рассчитать затраченную гидроприводом мощность $N_{зат}$ считая теоретическую подачу насоса равной 2,2 л/мин.

6. Рассчитать по формуле (1.7) КПД гидропривода η при прямом ходе штока гидроцилиндра.

7. Провести расчеты по пп. 2 – 6 для обратного хода штока гидроцилиндра считая полезное усилие равным нулю.

8.

Результаты расчетов

Таблица 1.2

Прямой (обратный) ход				
Расчетная величина	Обозначение	Расчетная формула	Единица измерения	Численное значение
Скорость движения штока				
Расход на входе в гидроцилиндр				
Расход на выходе из гидроцилиндра				
Полезная мощность гидропривода				
Затраченная мощность гидропривода				
КПД				

6. Содержание отчета

В отчете приводятся гидравлическая схема испытаний, результаты измерений, расчет рабочих площадей гидроцилиндра и таблицы расчета параметров гидропривода при прямом и обратном ходах штока гидроцилиндра. Численные значения расходов рабочей жидкости приводить

в л/мин. Точность представления результатов расчетов должна соответствовать точности получения экспериментальных данных.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом осуществляется передача энергии в объемном гидроприводе?
2. Какое функциональное назначение имеет напорный клапан, подключенный к выходной гидролинии насоса?
3. Почему отличаются скорости прямого и обратного ходов гидроцилиндра?
4. Какими параметрами определяется гидравлическая мощность в объемном гидроприводе?
5. Какие виды потерь определяют полученный в работе КПД?
6. Почему при обратном ходе штока гидроцилиндра давление на выходе насоса меньше, чем при прямом ходе?
7. Почему при прямом ходе штока гидроцилиндра давление в штоковой полости гидроцилиндра больше давления, на который настроен напорный клапан экспериментального стенда?
8. Чем определяется давление в поршневой полости гидроцилиндра при обратном ходе штока?
9. Какие причины объясняют меньшую величину давления в поршневой полости гидроцилиндра по сравнению со штоковой при обратном ходе штока?

Методические материалы для подготовки к практическим занятиям

Практическое занятие №1

Тема: Разработка гидравлических схем. Порядок и правила.

[3] Раздел 5 стр. 14 - 16

Практическое занятие №2

Тема: Проектирование и расчет объемной гидропередачи. Выбор основных компонентов.

[3] Разделы 6 – 15 стр. 17 - 27

Практическое занятие №3

Тема: Определение регулировочной и механической характеристики.

[3] Раздел 18 стр. 40 - 43

Практическое занятие №4

Тема: Проверка работы гидравлических схем в специализированных компьютерных программах. [5]

Методические материалы для организации самостоятельной работы

Учебным планом и графиком учебного процесса дисциплины «Гидравлика» предусмотрены прохождение лекционного курса, выполнение лабораторных работ, практические занятия, курсовая работа, самостоятельная подготовка к зачету по предложенным вопросам.

В этой связи необходимы особые и индивидуальные подходы к изучению теоретического и практического разделов курса.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся на кафедре «Горное дело и техносферная безопасность» имеются учебные пособия, практикум, банк тестовых заданий, электронные версии учебных материалов, статьи из научных и научно-методических изданий.

В настоящих рекомендациях приводятся основные требования по выполнению обучающимися самостоятельной работы, которые сведены в единую структуру.

Часть рекомендаций посвящена изучению теоретического курса и включает в себя следующие позиции: содержание раздела, рекомендации по изучению данной темы, контрольные вопросы, которые позволят обучающемуся самостоятельно оценить уровень усвоения изучаемого раздела данного курса и необходимые для этого информационные источники.

Часть рекомендаций включает в себя методику реализации самостоятельной работы для освоения практических навыков, для этого даны рекомендации по выполнению лабораторных работ и оформлению отчетов в соответствии с «Едиными правилами конструкторской документации».

Для закрепления знаний и навыков, приобретенных в результате самостоятельной работы, обучающимся предлагается список вопросов для проведения промежуточной аттестации.

Важной составной частью самостоятельной работы обучающихся является литература, которая предлагается в виде основной и дополнительной, нормативных документов и методических материалов.

Виды самостоятельной работы:

1. Ознакомление с содержанием основной и дополнительной литературы, методических материалов, конспектов лекций для подготовки к занятиям.

РАЗДЕЛ 1.

Тема: Объемный гидравлический привод

Историческая справка.

Предмет гидравлики.

Задачи и содержание курса.

Объемный гидравлический привод, как составляющая часть гидравлики.

Основные расчетные зависимости объемной гидропередачи.

Баланс мощности и КПД объемной гидропередачи.

Тема: Объемные гидромашины

Гидронасосы.

Конструкция, принцип действия.

Объемные гидромашины.

Гидродвигатели.

Конструкция, принцип действия.

Характеристики объемных гидромашин.

Тема: Устройства управления, регулирования и защиты

Типы, конструкция и условные обозначения распределителей.

Типы, конструкция и условные обозначения предохранительных и переливных клапанов, выбор клапанов.

Типы, конструкция и условные обозначения дросселей.

Иная регулирующая и распределительная аппаратура (редукционные клапаны, обратные клапаны, гидрозамки и т.д.)

Тема: Регулирование параметров гидропередач

Машинный способ регулирования скорости движения гидродвигателей.

Дроссельный способ регулирования скорости движения гидродвигателей, сравнительная характеристика способов регулирования.

Стабилизация скорости движения, нагрузки и мощности гидропередач.

Синхронизация скорости движения нескольких гидродвигателей.

Тема: Дополнительные устройства гидропередач

Герметизация гидравлических устройств, хранение и кондиционирование рабочей жидкости.

Гидроаккумуляторы.

Методы и средства измерения гидравлических величин в гидросистемах.

РАЗДЕЛ 2.

Тема: Гидродинамический привод

Гидромуфты.

Гидротрансформаторы.

Назначение.

Принцип действия.

Классификация.

2. Оформление отчетов по практическим и(или) лабораторным работам

По каждой работе обучающиеся самостоятельно оформляют отчеты в электронном формате (согласно перечню лабораторных и(или) практических работ п.4 рабочей программы).

Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Задачи работы.
3. Краткое описание хода выполнения работы.
4. Ответы на задания или полученные результаты по окончании выполнения работы (в зависимости от задач, поставленных в п. 2).
5. Выводы

3. Курсовая работа

Курсовая работа выполняется обучающимися с целью:

- формирования навыков применения теоретических знаний, полученных в ходе освоения дисциплины;
- формирования практических навыков в части сбора, анализа и интерпретации результатов, необходимых для последующего выполнения научных научно-исследовательской работы;
- формирования навыков логически и последовательно иллюстрировать подготовленную в процессе выполнения курсовой работы информацию;
- формирования способностей устанавливать закономерности и тенденции развития явлений и процессов, анализировать, обобщать и формулировать выводы;
- формировать умение использовать результаты, полученные в ходе выполнения курсовой работы в профессиональной деятельности.

В рамках самостоятельной работы выполняются курсовая работа по теме “Проектирование и расчет объемной гидropередачи”. В курсовой работе разрабатывается типовая гидросистема с объемным, дроссельным или ступенчатым способом регулирования скорости гидродвигателя. Каждый обучающийся получает от преподавателя свой вариант, согласно которому выбирается задание. Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графического материала. В пояснительную записку включаются:

1. Краткое описание гидросистемы, разработанной обучающимся самостоятельно согласно заданию;
2. Выбор гидрооборудования и рабочей жидкости с необходимыми расчетами;
3. Расчет потерь в разработанной гидросистеме;
4. Определение давлений и расходов в линиях гидросистемы;
5. Расчет времени цикла и определение ее КПД;
6. Расчет регулировочной и механической характеристик;
7. Тепловой расчет гидросистемы.

Графическая часть выполняется на листе формата А1 (или А2 по согласованию с преподавателем), на котором изображается гидравлическая схема, ее основные технические характеристики, графики распределения давлений в различных режимах работы, механическая и регулировочная характеристики.

Выполненная курсовая работа в форме пояснительной записки направляется педагогическому работнику, являющемуся руководителем курсовой работы, в срок за 10 дней до дня процедуры защиты курсовой работы, установленном в соответствии с расписанием учебных занятий. Защита курсовой работы осуществляется в форме доклада, время доклада устанавливается не более 5 минут и ответов на 2 вопроса по теме курсовой работы. Защита курсовой работы организуется на практическом занятии по дисциплине, предшествующем аттестационному испытанию по дисциплине в форме зачета (экзамена). В процессе защиты курсовой работы педагогический работник устанавливает сформированность планируемых результатов обучения по дисциплине. Результаты, полученные по итогам выполнения курсовой работы, учитываются при прохождении промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме зачета (экзамена). Требования к структуре пояснительной записки курсовой работы Курсовая работа выполняется в соответствии с ЕСКД с помощью компьютерной техники, шрифтом размером 14 пунктов и межстрочным интервалом 1,5. Объем пояснительной записки курсовой работы 20-25 листов без учета приложений.

Количество приложений не ограничено. В качестве приложений могут быть размещены фотографии, таблицы, диаграммы и т.п. Курсовая работа, после согласования с педагогическим работником – руководителем курсовой работы (далее – руководитель), распечатывается. На титульном листе указывается тема курсовой работы, ФИО обучающегося, курс обучения, учебная группа, ФИО руководителя, его ученое звание и ученая степень. Распечатанная пояснительная записка курсовой работы оформляется в папку скоросшиватель и передается обучающимся самостоятельно на кафедру, работником которой является руководитель, для оценивания руководителем содержания пояснительной записки выполненной курсовой работы.

4. Подготовка к промежуточной аттестации

Перечень вопросов к зачету:

1. Объемный гидравлический привод. Структурная и принципиальная схемы гидропередачи.
2. Достоинства и недостатки гидропривода.
3. Основные расчетные зависимости, баланс мощности и КПД объемный гидропередачи.
4. Конструкции и принцип действия объемных гидромашин.
5. Характеристики объемных гидромашин.

6. Устройства управления, регулирования и защиты (распределители, дроссели, клапаны).
7. Машинный способ регулирования скорости движения гидравлических двигателей.
8. Дроссельный способ регулирования скорости движения гидравлических двигателей
9. Стабилизация и синхронизация движения гидравлических двигателей.
10. Дополнительные устройства гидропередач (обратные клапаны и гидрозамки, гидравлические реле и датчики давления, расходомеры и гидроаккумуляторы, баки и др.).
11. Гидравлические следящие приводы. Структурная схема следящей системы.
12. Конструкции и принцип действия гидрообъемных усилителей.
13. Конструкции и принцип действия гидродинамических (струйных) усилителей.
14. Центробежный лопастной насос. Принцип действия. Основное уравнение лопастного насоса.
15. Гидродинамические передачи. Общая характеристика.
16. Рабочий процесс и полная внешняя характеристика гидромуфты.
17. Входная и универсальная характеристики гидромуфты.
18. Совместная работа гидромуфты с приводным электродвигателем.
19. Конструкции и характеристики гидромуфт с самоопораживанием.
20. Рабочий процесс и гидродинамического трансформатора.
21. Комплексный 3-х колесный гидротрансформатор.
22. Комплексный 4-х колесный гидротрансформатор.

Список рекомендованной литературы:

Основная литература

1. Кузнецов, В. В. Гидромеханика и основы гидравлики (теоретический курс с примерами практических расчетов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки (специальностям) "Горное дело" и "Физические процессы горного или нефтегазового производства" / В. В. Кузнецов, К. А. Ананьев; ФГБОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева". – Кемерово: Издательство КузГТУ, 2013. – 266 с. – (Учебники КузГТУ). – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91200&type=utchposob:common>. – Текст: непосредственный + электронный.
2. Кузнецов, В. В. Гидравлика и основы гидро- и пневмопривода: учебное пособие для студентов специальности 130400.65 "Горное дело" специализации 130409.65 "Горные машины и оборудование" / В. В. Кузнецов, К. А. Ананьев; ФГБОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева", Каф. горн. машин и комплексов. – Кемерово: КузГТУ, 2013. – 211 с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91116&type=utchposob:common>. – Текст: электронный.
3. Кузнецов, В. В. Гидравлика. Проектирование и расчет объемной гидропередачи : учебное пособие : [для студентов технических специальностей по дисциплине "Гидравлика"] / В. В. Кузнецов, К. А. Ананьев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово : КузГТУ, 2020. – 69 с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91783&type=utchposob:common>. – Текст : электронный.

Дополнительная литература

4. Кузнецов, В. В. Гидравлика. Конструкции элементов объемных гидропередач: учебное пособие для студентов специальности 130400.65 «Горное дело», специализации 130409.65 «Горные машины и оборудование» / В. В. Кузнецов, К. А. Ананьев ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. горн. машин и комплексов. – Кемерово: КузГТУ, 2013. – 116 с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91117&type=utchposob:common>. – Текст: электронный.
5. Гидромеханика. Гидравлика. Механика жидкости и газа: методические указания по выполнению виртуальных лабораторных работ для обучающихся технических направлений / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кафедра горных машин и комплексов; составители: В. В. Кузнецов, К. А. Ананьев. – Кемерово: КузГТУ, 2020. – 59 с. с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9974>

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотека КузГТУ <https://elib.kuzstu.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>
3. Электронная библиотечная система Новосибирского государственного технического университета https://library.kuzstu.ru/method/ngtu_metho.html
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» <https://urait.ru/>
5. Информационно-справочная система «Технорматив»:
<https://www.technormativ.ru/>

Периодические издания

1. Вестник Кузбасского государственного технического университета: научно-технический журнал (электронный) <https://vestnik.kuzstu.ru/>
2. Горное оборудование и электромеханика: научно-практический журнал (электронный) <https://gormash.kuzstu.ru/>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Официальный сайт Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Режим доступа: <https://kuzstu.ru/>
2. Официальный сайт филиала КузГТУ в г. Белово. Режим доступа: <http://belovokyzgty.ru/>
3. Электронная информационно-образовательная среда филиала КузГТУ в г. Белово. Режим доступа: <http://eos.belovokyzgty.ru/>
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
<https://elibrary.ru/defaultx.asp>

Составитель
Аксененко Виталий Владимирович

ГИДРАВЛИКА

Методические материалы для выполнения лабораторных работ,
практических работ и организации самостоятельной работы обучающихся

Специальности «21.05.04 Горное дело»

Специализации: 09 «Горные машины и оборудование»

Печатается в авторской редакции