

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»
в г. Апатиты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.Б.18 Гидромеханика

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

основной профессиональной образовательной программы
по специальности

21.05.04 Горное дело

специализация №3 «Открытые горные работы»

(код и наименование направления подготовки
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

высшее образование – специалитет

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

горный инженер (специалист)

квалификация

заочная

форма обучения

2019

год набора

Составитель:

Бекетова Е.Б., к.т.н., доцент кафедры
горного дела, наук о Земле и
природообустройства

Утверждено на заседании кафедры горного
дела, наук о Земле и природообустройства
(протокол № 9 от «30» мая 2019 г.)

Зав. кафедрой



Терещенко С.В.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Целью изучения дисциплины «Гидромеханика» является формирование необходимой базы знаний студентов о законах равновесия и движения жидкостей, приобретение студентами навыков расчета сил, действующих на стенки резервуаров, гидравлического расчета трубопроводов для стационарных и нестационарных режимов течения жидкостей, законов истечения через отверстия и насадки, решения технологических задач в рамках подготовки по специальности 21.05.04 Горное дело.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- свойства жидкостей, вывод основных уравнений гидравлики, условия их применения.

Уметь:

- применять уравнения гидравлики для расчета и анализа равновесия жидкости и процессов течения;
- решать практические задачи гидравлики и использования справочной литературы при их решении.

Владеть:

- методами расчета и анализа процессов течения, проектирования и эксплуатации гидравлических систем;
- методами теории подобия и размерностей в процессах движения жидкости и газа и основ моделирования гидромеханических явлений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- готовностью с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр (ОПК-4).

3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Данная дисциплина относится к базовой части образовательной программы по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация №3 «Открытые горные работы».

Для освоения данной дисциплины обучающиеся используют знания, умения, навыки, которые они получили в процессе изучения дисциплин: «Математика», «Физика», «Химия», «Теоретическая механика».

В свою очередь, «Гидромеханика» представляет собой методологическую базу для дисциплин, таких как «Аэрология горных предприятий», «Гидрогеология», «Осушение карьерных полей», «Обогащение полезных ископаемых» и др.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы или 144 час. (из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Трудоемкость в ЗЭТ	Общая трудоемкость (час)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивных формах	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
			ЛК	ПР	ЛБ						
3	2	72	8	2	2	12	-	60			
4	2	72	-	-	-	-	-	63	-	9	экзамен
Итого:	4	144	8	2	2	12	-	123	-	9	экзамен

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
1	Введение. Свойства и параметры состояния жидкости	0.5	-	-	0.5	-	6	
2	Гидростатика	0.5	1		1.5	-	10	
3	Кинематика потенциальных и вихревых потоков	2	-	-	2	-	12	
4	Основные законы и уравнения статики и динамики идеальных и реальных жидкостей. Гидромеханика упругой невязкой жидкости	1			1	-	14	
5	Движение напорных потоков вязкой жидкости	1	1		2	-	12	
6	Гидравлические сопротивления	1	-	2	3	-	18	
7	Взаимодействие тел с потоком жидкости	1	-		1	-	12	
8	Основы теории фильтрации	1	-	-	1	-	13	
9	Моделирование гидравлических процессов	-	-	-	-	-	13	
10	Элементы теории размерностей	-	-	-	-	-	13	
	Экзамен							9
	Итого:	8	2	2	12	-	123	9

Содержание дисциплины:

Тема №1. Введение. Свойства и параметры состояния жидкости. Введение. Краткий исторический обзор. Гипотеза сплошной среды. Силы, действующие в жидкости. Основные физические свойства жидкости: сжимаемость, вязкость. Плотность, коэффициент объёмного сжатия, давление насыщенных паров жидкости. Касательные и нормальные напряжения. Гидростатическое давление и его свойства. Давление абсолютное, избыточное, вакуум. Жидкости несжимаемые, капельные, газообразные. Гетерогенные системы. Фазы. Компоненты и дисперсность сред. Концентрация. Плотность многофазных систем. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

Тема №2. Гидростатика. Силы, действующие в жидкости вязкость. Закон Ньютона для внутреннего трения в жидкости. Зависимость вязкости от температуры и давления. Вискозиметры. Гидростатическое давление. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости. Интеграл уравнений Эйлера для несжимаемой жидкости. Уравнение поверхности равного давления. Методы и приборы для измерения давления. Абсолютное и избыточное давление. Вакуум. Гидростатический напор и энергетический закон для жидкости, находящейся в равновесии. Основное уравнение гидростатики. Сила давления жидкости на плоскую стенку. Сила давления жидкости на криволинейные стенки. Прямолинейное равноускоренное движение сосуда с жидкостью. Равномерное вращение сосуда с жидкостью. Простые гидравлические машины. Гидравлический пресс. Гидравлический аккумулятор. Закон Архимеда.

Тема №3. Кинематика потенциальных и вихревых потоков. Основные кинематические понятия и определения. Два метода исследования движения жидкости. Траектории частиц и линии тока. Установившееся движение. Струйчатая модель движения жидкости. Трубка тока. Расход жидкости. Средняя скорость. Дифференциальные уравнения линий тока. Плоское движение. Функции тока. Вихревое и безвихревое потенциальное течение жидкости. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера в декартовой системе координат.

Тема №4. Основные законы и уравнения статики и динамики идеальных и реальных жидкостей. Гидромеханика упругой невязкой жидкости. Дифференциальные уравнения движения идеальной (невязкой) жидкости (уравнения Навье-Стокса). Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Графическая иллюстрация уравнения Бернулли для потока реальной жидкости. Практическое применение уравнения Бернулли. Трубка Прандтля. Трубка Вентури, сопло, диафрагма.

Установившееся движение. Безвихревое движение. Установившееся безвихревое движение. Ограничения, налагаемые на скорость. Формула Торричелли.

Вихревые движения идеальной жидкости: теорема Томсона, теорема Лагранжа, теоремы Гельмгольца

Тема №5. Движение напорных потоков вязкой жидкости. Анализ уравнений движения реальной жидкости в напряжениях. Уравнения Навье-Стокса. Физический и геометрический смысл уравнения Бернулли. Напор жидкости. Интеграл Бернулли для вязкой жидкости при установившемся движении. Коэффициент Кориолиса.

Тема №6. Гидравлические сопротивления. Применение метода анализа размерностей. Общие сведения о местных сопротивлениях. Внезапное расширение русла. Постепенное расширение русла. Сужение русла. Поворот русла. Местные сопротивления при ламинарном течении.

Тема №7. Взаимодействие тел с потоком жидкости. Кинематические условия в случае одного тела. Теория импульсов. Уравнения движения жидкости в системе координат, связанной с телом. Кинетическая энергия. Коэффициент присоединенной массы. Выражение для гидродинамических сил. Три постоянных направления движения; устойчивость. Возможные случаи установившегося движения. Движение от импульсивной пары. Гидрокинетическая симметрия. Движение тела вращения. Устойчивость движения, параллельного оси симметрии. Влияние вращения. Другие случаи установившегося движения. Движение винтовой поверхности. Коэффициент при соединенной массе жидкости, заключенной в движущейся твердой оболочке. Уравнения Лагранжа в обобщенных координатах. Принцип Гамильтона. Применение в гидродинамике. Движение сферы вблизи твердой стенки.

Тема №8. Основы теории фильтрации. Основные уравнения динамики подземных вод. Законы фильтрации, коэффициенты фильтрации, водонасыщенность и водоотдача, уравнение Дарси. Уравнение неразрывности фильтрационного потока. Напорная и безнапорная фильтрация. Стационарные задачи фильтрации. Фильтрационный расход через

прямоугольную перемычку. Приток воды к совершенному круглому одиночному колодцу. Приток воды к совершенному артезианскому колодцу. Дифференциальное уравнение нестационарной фильтрации. Приток воды к галерее, расположенной на водоупоре (нестационарная задача). Приток воды к совершенному колодцу, расположенному на водоупоре (нестационарная задача). Фильтрация в пласте в напорном и безнапорном случае. Водопиток к совершенным и несовершенным скважинам, депрессионные кривые, радиус влияния скважины.

Тема №9. Моделирование гидравлических процессов. Гидравлический расчет трубопроводов: назначение и классификация трубопроводов; расчет и проектирование трубопроводов; гидравлический расчет простого трубопровода; метод эквивалентных потерь; гидравлический расчет сложных трубопроводов; гидравлические характеристики трубопроводов; гидроэнергетический баланс насосной установки; сифонные трубопроводы; гидравлический удар в трубах; кавитация.

Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке. Истечение жидкости через большое отверстие. Истечение жидкости через затопленное отверстие. Истечение жидкости при переменном напоре. Истечение жидкости через насадки. Гидравлический расчет открытых русел. Взаимодействие потока и твердого тела.

Классификация водосливов. Гидравлический расчет водосливов.

Тема №10. Элементы теории размерностей. Подобие физических явлений. Анализ размерностей и П-теорема. Числа гидрогазодинамического подобия. Моделирование движения жидкости и газа.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Основная литература:

1. Винников В.А. Гидромеханика. Учебник для вузов. - М.: МГТУ, 2003. - 302 с.

Дополнительная литература:

2. Дмитриев Н.М., Кадет В.В. Подземная гидромеханика. Пособие для семинарских занятий. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2014.- 256 с.
3. Гидравлика и гидропривод : учебное пособие / Б.С. Маховиков, Е.М. Кривенко, Н.С. Гудилин, И.Л. Пастоев. - 4-е изд., стер. - М.: Горная книга, 2007. - 520 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83717](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83717)
4. Яблонский, В.С. Сборник задач по технической гидромеханике / В.С. Яблонский, В.П. Яблонская. - Москва ; Ленинград : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1951. - 198 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220651](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220651)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В образовательном процессе используются:

– учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);

– помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

– помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными

материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);

– лаборатория гравитации (оснащена: стол концентрационный СКО-0,5Л, машина отсадочная диафрагмовая МОД-0,2, коврик резиновый большой-4 шт., коврик резиновый малый, мельница шаровая лабораторная, ведро оцинкованное, комплект размольных шаров, столик лабораторный.

7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows.
2. Microsoft Office / LibreOffice.

7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ:

1. ЭБС «Издательство Лань» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;
2. ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». - Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

7.3 СОВРЕМЕННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ:

1. Электронная база данных Scopus;
2. Университетская библиотека online» – электронная библиотечная система – <http://biblioclub.ru/>
3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" – <http://window.edu.ru/>;
4. Информационный портал "Студенту вуза" – <http://studentu-vuza.ru/>;

7.4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>

8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ

Не предусмотрено.

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.

**Приложение 1 к РПД «Гидромеханика»
21.05.04 Горное дело
специализация №3 «Открытые горные работы»
Форма обучения – заочная
Год набора - 2018**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Специальность	21.05.04 Горное дело
3.	Специализация	№3 «Открытые горные работы»
4.	Дисциплина (модуль)	Гидромеханика
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2018

1. Методические рекомендации

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, решения задач и выполнение практических работ.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы обучающихся являются лекции и практические работы.

1.1. Методические рекомендации по организации работы студентов во время проведения лекционных занятий

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры. Студентам необходимо:

- перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит экономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;
- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором на портале или присланный на «электронный почтовый ящик» (таблицы, графики, схемы). Данный материал будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;
- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к преподавателю. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала.

1.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим (решение задач) и лабораторным занятиям

Лабораторные работы служат для закрепления теоретических знаний, полученных на лекциях и практических занятиях. При выполнении лабораторной работы студенты имеют возможность применить теоретические знания к решению практических задач, убедиться на практике в правильности полученных теоретических результатов.

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного практического (лабораторного) занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы;
- при подготовке к практическим (лабораторным) занятиям следует обязательно использовать не только лекции, учебную литературу, но и материалы правоприменительной практики;
- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;
- в ходе выполнения практической (лабораторной) работы давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;
- на занятии доводить каждое задание до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин) или не подготовившимся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по выполнению заданий.

В случае если сроки сдачи работ превышены, количество баллов сокращается.

Студенты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу зачетной сессии, упускают возможность получить положенные баллы за работу в соответствующем семестре.

1.3. Методические рекомендации по подготовке к устному опросу

Устный опрос – наиболее распространенный метод контроля знаний студентов. При устном контроле устанавливается непосредственный контакт между преподавателем и студентом, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных особенностей усвоения студентами учебного материала.

Как и любая другая форма подготовки к контролю знаний, устный опрос имеет ряд особенностей, знание которых помогает успешно ответить на поставленный вопрос. Можно дать следующие методические рекомендации:

- студент должен изучить лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов;
- обратить внимание на усвоение основных понятий дисциплины;
- выявить неясные вопросы и подобрать дополнительную литературу для их освещения, составить тезисы выступления по отдельным проблемным аспектам.

Тема и вопросы устного опроса доводятся до студентов заранее. Эффективность подготовки студентов к устному опросу зависит от качества ознакомления с рекомендованной литературой.

В среднем, подготовка к устному опросу занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации студентом своей самостоятельной работы.

1.4. Методические рекомендации по подготовке к экспресс-опросу по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям

Для осуществления контроля над подготовкой самостоятельной работы студентов, преподаватель проводит экспресс-опрос в группе. Экспресс-опрос проводится в устной или письменной форме.

Устный экспресс – опрос должен охватывать всех присутствующих на занятии студентов. Вопросы задаются преподавателем по теме самостоятельно изученной литературе. Письменный опрос заключается в ответе в письменной форме на непосредственно задаваемые вопросы преподавателя.

Экспресс-опрос, в зависимости от вариантов его применения может служить для проверки степени, глубины усвоения студентами конкретных тем самостоятельно изучаемого курса (проведение экспресс-опросов на занятии).

Преподаватель использует различные варианты экспресс-опросов: постановка вопросов, количество которых зависит от объема теоретического материала по данной теме. Вопросы должны отражать узловые аспекты данной темы. Преподаватель постепенно (по мере готовности) собирает ответы у студентов, анализирует и определяет те вопросы, которые получили наименьшее количество правильных ответов. Называет эти вопросы, привлекая к ним внимание всех, и предлагает их прокомментировать (дать более правильный ответ), тем студентам, которые на них ответили правильно. Преподаватель, расставляя акценты, подводит итог обсуждению темы.

Либо преподаватель собирает ответы на поставленные вопросы и анализирует их в конце занятия. Обобщает полученные результаты, выделяет группу студентов, которые дали неправильные ответы, и проводит с ними индивидуальную работу (индивидуальные консультации).

1.5. Методические рекомендации по подготовке опорного конспекта

Студентам необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры. Студентам необходимо иметь полный конспект лекций, прочитанных в аудиторные часы и тем, теоретического материала, освоивших обучающимися самостоятельно.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к преподавателю на практических занятиях. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала.

Студенты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме, упускают возможность получить положенные баллы за работу в соответствующем семестре.

1.6. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена

Преподаватель может принимать экзамен только в том случае, если студент допущен к экзамену. Ведомость преподавателю передает специалист кафедры.

На экзамене обучающийся должен представить зачетную книжку. Если обучающийся не имеет при себе зачетной книжки, экзаменатор не имеет права принимать экзамен.

В экзаменационной ведомости и зачетной книжке экзаменатор должен записать результат экзамена и поставить свою подпись.

Обучающемуся, сдающему экзамен, должно быть дано время, достаточное для тщательной подготовки ответа. Как правило, для подготовки ответов на зачете студент

должен иметь не менее 30 минут, но не более часа.

При подготовке ответов на экзамене студент имеет право пользоваться программой по данному предмету.

Во время сдачи экзамена студент не имеет права пользоваться учебником, учебным пособием, конспектом, каким-либо источником.

Пользование «шпаргалками» должно повлечь за собой безусловное удаление студента с экзамена с выставлением оценки «неудовлетворительно» в экзаменационной ведомости.

Студенту должна быть предоставлена возможность полностью изложить свои ответы. Не рекомендуется прерывать студента, за исключением случаев, когда он отвечает не на тот вопрос, который ему задан, или когда он сразу же допускает грубую ошибку. Преподаватель может также прервать студента, если сказанного им достаточно, чтобы вполне положительно оценить его знания.

Не следует часто поправлять отвечающего, учитывая, что некоторые студенты утрачивают уверенность от замечаний преподавателя, которые он делает по ходу экзамена, что сказывается на качестве их ответов.

Экзаменатор задает дополнительные вопросы после того, как студент закончит ответ по данному вопросу, или по окончании ответов на все вопросы билета. Дополнительные вопросы должны быть поставлены четко и ясно. При выставлении оценок экзаменатор принимает во внимание не столько знание материала, часто являющееся результатом механического запоминания прочитанного, сколько умение ориентироваться в нем, логически рассуждать, а равно применять полученные знания к практическим вопросам. Важно также учесть форму изложения.

Попытки отдельных студентов выпрашивать повышение оценок следует корректно, но решительно пресекать.

Качество учебной работы обучающихся преподаватель оценивает с использованием критериев и шкалы оценивания (см. Приложение 2).

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ по итогам выполнения всех заданий: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.

1.7. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

Выполнение контрольных заданий студентами заочного обучения существенно облегчает подготовку к аттестации по дисциплине. Непосредственная самостоятельная работа по подготовке контрольной работы призвана лишь систематизировать, уточнить, упорядочить уже приобретенные знания, навыки и умения, упрочить интеллектуальную и психологическую готовность успешного прохождения аттестации по учебной дисциплине.

Таким образом, самостоятельная работа обучающихся является важным звеном в освоении учебной программы по дисциплине и написании контрольной работы. Она способствует углублению и индивидуализации образовательного процесса, проявлению и развитию творческих способностей обучающихся. Методическая грамотность оптимизирует самостоятельную работу, позволяет экономить учебное время и добиваться высоких результатов в овладении знаниями и выработке профессиональных компетенций.

Практика заочного обучения показывает, что далеко не все студенты достаточно внимательно относятся к методическим указаниям по подготовке контрольной работы, не всегда правильно понимают роль и значение контрольных работ.

Это, как правило, ведет к непродуктивной трате времени и понижает усвоение учебного материала. Более того, не определив для себя правильного отношения к контрольным работам, студент-заочник приобретает иногда вредные навыки, которые самому же потом придется изживать, когда он поймет, что значит изучить предмет, понять и хорошо усвоить все вопросы, включенные в программу курса.

Чтобы избежать некоторых ошибок, отрицательно влияющих на выполнение учебного плана, можно дать следующие общие советы.

Изучая курс, необходимо добиться полного и сознательного усвоения его теоретических основ, научиться применять теорию к решению практических задач и овладеть методикой выполнения технических расчетов.

Последняя, заключительная контрольная работа нередко требует повторения материала всего курса. Следует обратить внимание на связь между отдельными частями учебного материала, которая существует по каждой дисциплине.

Выработать правильную наиболее целесообразную систему самостоятельных учебных занятий – дело нелегкое. Студент, работающий без системы, затрачивает неэкономно много сил и времени. Конечно, нет такой единой системы самостоятельных занятий, которая во всех деталях годилась бы для любого студента-заочника. Это объясняется не только разнообразием производственных, бытовых и других условий, в которых находятся студенты-заочники, но и индивидуальными особенностями каждого из них. Однако из этого не следует, что нет общих основных условий организации самостоятельных учебных занятий, которые полезны для всех студентов-заочников. К главным условиям правильной организации самостоятельной работы студента-заочника можно отнести: обязательное планирование самостоятельных занятий; серьезная работа над учебным материалом; систематичность самих занятий; самоконтроль.

1.8. Методические рекомендации по выполнению курсовых работ.

Выполнение курсовой работы учебным планом не предусмотрено.

2. Планы практических занятий

Занятие 1. Основные физические свойства жидкостей и газов (1 час)

План:

1. Определение удельного веса жидкости, плотности раствора, газа.
2. Определение динамической и кинематической вязкостей, абсолютной вязкости.
3. Решение задач на сжимаемость жидкостей и упругости паров

Литература: [4, с. 7-11].

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается гипотеза сплошной среды?
2. Какие основные свойства жидкостей вам известны?
3. Что называется плотностью и каковы единицы ее измерения?
4. Какова взаимосвязь сжимаемости и модуля упругости жидкости? Что характеризуют эти параметры?
5. Как ведут себя жидкости с повышением температуры?
6. Какова взаимосвязь между кинематической и динамической вязкостью? В каких единицах они измеряются?
7. Что такое ньютоновские и неньютоновские жидкости?
8. Какими параметрами характеризуется процесс растворения газов?
9. Что такое «холодное кипение» и чем оно отличается от обычного кипения?
10. Что такое кавитация?
11. Существует ли сопротивление растяжению у жидкостей?
12. Какова природа явления поверхностного натяжения? Что называется капиллярным поднятием или опусканием жидкости?

Литература: [1, с. 4-35].

Задание для самостоятельной работы

Построить зависимость касательного напряжения от скорости сдвиговой деформации для ньютоновских и неньютоновских жидкостей. Сделать выводы

Занятие 2. Уравнение Бернулли (1 час)

План:

1. Решение задач с применением уравнения сплошности, нахождение расхода жидкости и скоростей в потоке.
2. Решение задач с поправкой Кориолиса и распределения скоростей в поперечном сечении потока

Литература: [4, с. 40-55].

Вопросы для самоконтроля

1. Какой фундаментальный физический закон выражается уравнением неразрывности?
2. Какой фундаментальный физический закон выражается уравнением движения в напряжениях?
3. Каким уравнением замыкается система уравнений Эйлера?
4. Справедлив ли интеграл Бернулли для всего потока в случае вихревого движения?
5. Как выглядит интеграл Бернулли для изотермического и адиабатического газовых потоков?
6. Что называется заторможенным газом? Что такое критическая скорость потока?
7. Как выглядит интеграл Бернулли применительно к движению жидкости в гидроциклонах?
8. Частным случаем, какого фундаментального физического закона является интеграл Бернулли для идеальной жидкости?

Литература: [1, с. 107-149].

Задание для самостоятельной работы

1. Рассмотреть и проанализировать распределение давления при подводном взрыве в однородной и неоднородной средах.

3. Примерные темы лабораторных работ (2 часа)

№ п/п	<u>Лабораторная работа</u>
1.	Измерение статического давления в жидкостях и газах
2.	Определение вязкости жидкости
3.	Графическое представление уравнений Бернулли
4.	Гидравлический расчет напорных трубопроводов

**Приложение 2 к РПД «Гидромеханика»
21.05.04 Горное дело
специализация №3 «Открытые горные работы»
Форма обучения – заочная
Год набора – 2018**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

1. Общие сведения

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Специальность	21.05.04 Горное дело
3.	Специализация	№3 «Открытые горные работы»
4.	Дисциплина (модуль)	Гидромеханика
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2018

2. Перечень компетенций

— готовностью с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр (ОПК-4).

3. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
1. Введение. Свойства и параметры состояния жидкости	ОПК-4	Основные свойства жидкого и газообразного состояния вещества	Понять поставленную задачу, собрать необходимую информацию для ее решения		Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям Решение задач
2. Гидростатика	ОПК-4	Основные свойства жидкого и газообразного состояния вещества	Уметь решать задачи взаимодействия покоящейся жидкости со стенками сосуда, в котором она находится	Основными законами равновесия вязких жидкостей и газов	
3. Кинематика потенциальных и вихревых потоков	ОПК-4	Основные свойства жидкого и газообразного состояния вещества	Применять модели течения жидкости и газа	Методикой расчета трубопроводов для жидкости и газа	Устный опрос
4. Основные законы и уравнения статики и динамики идеальных и реальных жидкостей. Гидромеханика упругой невязкой жидкости	ОПК-4	Условия использования гидравлического горнодобывающего оборудования применительно к конкретным задачам	Применять основное уравнение гидростатики и уравнение Бернулли для решения практических задач	Методикой расчета трубопроводов для жидкости и газа	
5. Движение напорных потоков вязкой жидкости	ОПК-4	Методы решения базовых задач гидростатики и гидродинамики реальных жидкостей	Решать прямую и обратную задачи гидравлики	Навыками оценки реальности получаемых или исследуемых гидромеханических параметров в их числовом выражении	Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям, решение задач, выполнение и защита лабораторной работы
6. Гидравлические сопротивления	ОПК-4	Методы расчёта простых и сложных гидравлических сетей	Применять основные законы механики жидких и газообразных сред при работе на горнорудных предприятиях Определять энергетические потери при движении реальных жидкостей в гидравлических системах	Расчётами на основании типовых методик.	Устный опрос

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
7. Взаимодействие тел с потоком жидкости	ОПК-4	Методы расчёта простых и сложных гидравлических сетей	Рассчитывать характеристики процесса истечения жидкостей из отверстий и насадок	Решением проблем при разведке месторождений полезных ископаемых и определении предварительных границ горных отводов для строительства и эксплуатации горных предприятий	Устный опрос.
8. Основы теории фильтрации	ОПК-4	Методы расчёта простых и сложных гидравлических сетей и основы расчёта фильтрационных задач, встречающихся в горном деле	Использовать методы выполнения гидравлических экспериментов, имеющих место в технологических процессах подземной разработки полезных ископаемых, обобщать полученные результаты	Знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений	
9. Моделирование гидравлических процессов	ОПК-4	Знать теорию подобия гидромеханических процессов	Применять основные законы механики жидких и газообразных сред и модели течения жидкости и газа	Моделировать безопасные производственные процессы	
10. Элементы теории размерностей	ОПК-4	Приближенное подобие и моделирование	Применять основные законы механики жидких и газообразных сред и модели течения жидкости и газа	Методами теории подобия и размерностей в процессах движения жидкости и газа и основ моделирования гидромеханических явлений	

4. Критерии и шкалы оценивания

4.1. Устный опрос

Процент правильных ответов	До 60	60-80	81-100
Количество баллов	1	2	3

4.2. Решение задач

4 балла – студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

3 балла – студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла – студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

1 балл – студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

4.3. Выполнение и защита лабораторной работы

Структура лабораторной работы	Максимальное количество баллов
Содержание	
Выполнение работы в отчете изложено полно, четко и правильно	2
Иллюстрации усиливают эффект восприятия текстовой части информации	1
Сделаны выводы	2
Максимальное количество баллов	5

4.4. Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям

Процент правильных ответов	До 60	60-80	81-100
Количество баллов	2	3	4

4.5. Контрольная работа

30 баллов выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

20 баллов выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

10 баллов выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

0 баллов – если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

5. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

5.1 Типовые вопросы к устному опросу

1. Капельные и упругие жидкости

Ответ: В теории гидромеханики под термином «жидкость» подразумеваются капельные и упругие жидкости (газы и пары) благодаря их общему физическому свойству – текучести. Поэтому, прежде всего, в гидравлике и гидромеханических процессах жидкости рассматриваются как текучие среды (вещества), способные самопроизвольно занимать и принимать форму всего объема сосуда, в котором они заключены. Кроме того, жидкости представляются как сплошные среды с непрерывно распределенной плотностью. Под этим понятием имеется в виду среда, частицы которой равномерно распределены по всему ее объему без «разрывов», т.е. в любой точке объема существуют частицы среды и обладают определенной плотностью.

Различают следующие виды жидкостей:

— Идеальная жидкость – обладает абсолютной текучестью, абсолютно несжимаема и в ней полностью отсутствуют силы сцепления между частицами.

— Реальная жидкость – обладает всеми указанными выше свойствами. Главные и основные свойства жидкости – текучесть и вязкость.

— Гомогенная жидкость – жидкость, состоящая из одного или нескольких компонентов, не имеющих границу раздела между собой (истинные растворы).

— Гетерогенная жидкость – жидкость, состоящая из одного или нескольких компонентов, которые имеют границу раздела между собой – двух или трехфазные системы (суспензии, дымы, пыли, туманы и эмульсии).

2. Силы, действующие в реальной жидкости

Ответ: Жидкости, находящиеся в покое или движении постоянно находятся под воздействием различных сил. Все действующие силы подразделяются на объемные и поверхностные силы.

Объемные силы. Эта категория сил относится к массовым силам, поскольку их величина зависит от массы жидкости, и действуют они на каждую частицу данного объема жидкости. К этим силам относятся силы тяжести и силы инерции, в т.ч. центробежные силы.

Характеристикой интенсивности силы тяжести G , действующей на конкретный объем V , является удельный вес γ жидкости:

$$\gamma = \lim G/V = \lim (mg/V) = \rho g \text{ Н/м}^3 .$$

Поверхностные силы. Эти силы действуют на поверхности, ограничивающие данный объем. К таким силам относятся силы давления и поверхностного натяжения. Обычно в теории оперируют понятием напряжения, т.е. отношением силы к величине поверхности, на которую они действуют. При этом необходимо помнить, что любая действующая сила на поверхность, как векторная величина, может быть разложена на нормальную и касательную составляющие (нормальное и касательное напряжение). Нормальная составляющая направлена перпендикулярно поверхности и результатом ее действия является сжатие (растяжение), а касательная направлена по касательной к поверхности, т.е. вдоль нее, и результатом ее действия является сдвиг слоев. В трехмерных декартовых координатах рассматриваются проекции векторов сил на соответствующие координатные плоскости.

3. Вязкость жидкости

Ответ: Свойство жидкости оказывать сопротивление усилиям, вызывающим относительное перемещение ее слоев. Вязкость определяется в соответствии с законом внутреннего трения Ньютона:

$$\tau = \frac{T}{S} = -\mu \left(\frac{\partial w}{\partial n} \right)_{n \rightarrow 0},$$

где μ – динамический коэффициент вязкости, Па·с.

Коэффициент динамической вязкости определяется экспериментально в соответствии со стандартами и для большинства жидкостей является справочной

величиной. При отсутствии справочных данных вязкость может быть рассчитана по полуэмпирическим уравнениям.

Кроме коэффициента динамической вязкости на практике широко используется показатель кинематической вязкости, равный отношению динамической вязкости к плотности жидкости:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$$

4. Закон Ньютона для внутреннего трения в жидкости

Ответ: Касательная сила T , которую необходимо приложить к верхнему слою жидкости для его равномерного сдвига относительно нижнего слоя (или противоположно направленной силе трения T , с которой нижний слой сопротивляется перемещению верхнего), тем больше, чем больше чем больше градиент скорости.

Согласно такому определению напряжение внутреннего трения, возникающее между слоями жидкости при ее течении, прямо пропорционально градиенту скорости:

$$\tau = -\mu \left(\frac{dw}{dn} \right).$$

Знак минус в правой части уравнения указывает на то, что касательное напряжение тормозит слой, движущейся с относительно большей скоростью на величину Δw .

Коэффициент пропорциональности μ в уравнении называется динамическим коэффициентом вязкости. Часто вязкость жидкостей характеризуется кинематическим коэффициентом вязкости ν , который определяется отношением динамического коэффициента к плотности жидкости:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu g}{\gamma}$$

5. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости

Ответ: $\frac{P}{\rho g} + z + \frac{w^2}{2g} = H = \text{const}$

Физический смысл уравнения Бернулли состоит в том, что оно выражает закон сохранения энергии движущейся жидкости: сумма потенциальной и кинетической энергий есть величина постоянная. Первый член уравнения $P/\rho g$ – статический, или **пьезометрический напор**, равный давлению столба жидкости над рассматриваемым уровнем, относительно точки отсчета, выражает удельную энергию давления в этой точке; второй z – **нивелирная высота, или геометрический напор**, который равен геометрической высоте данной точки и который выражает удельную потенциальную энергию положения точки. Сумма два первых членов уравнения – полная потенциальная энергия жидкости в данной точке есть величина постоянная (закон сохранения энергии – основной закон гидростатики). Третье слагаемое $w^2/2g$ – **скоростной (динамический) напор**, который выражает удельную кинетическую энергию в данной точке.

5.2. Примеры задач

1. Определить объем воды, который необходимо дополнительно подать в водовод диаметром $d = 500$ мм и длиной $l = 1$ км для повышения давления до $\Delta p = 5 \cdot 10^6$ Па. Водовод подготовлен к гидравлическим испытаниям и заполнен водой при атмосферном давлении. Деформацией трубопровода можно пренебречь. Значения коэффициента объемного сжатия воды $\beta_v = 5 \cdot 10^{-10}$ м²/Н.

Решение: Вместимость водовода

$$V_e = \frac{\pi d^2}{4} l = 196.2 \text{ м}^3.$$

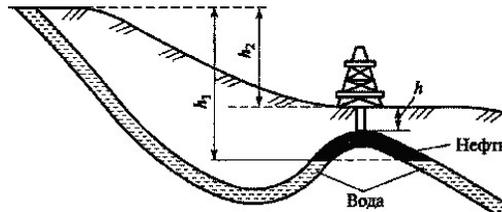
Объем воды ΔV , необходимый для подачи в водовод для повышения давления, найдем из соотношения для коэффициента объемного сжатия:

$$\beta_V = \frac{\Delta V}{V\Delta P} = \frac{\Delta V}{(V_0 + \Delta V)\Delta P}.$$

Тогда $\Delta V = \frac{V_0 \cdot \beta_V \Delta P}{1 - \beta_V \Delta P} = 0.492 \text{ м}^3.$

Ответ: $\Delta V = 0.492 \text{ м}^3.$

2. Грунтовые воды, формирующие систему с нефтяным пластом, выходят на поверхность (рис.). Какова должна быть плотность глинистого раствора, применяемого при бурении (ρ_{\min}), чтобы не было фонтанирования нефти при вскрытии пласта? Глубина скважины $h = 2500$ м; расстояние между уровнем выхода подземных вод на поверхность и границей вода–нефть $h_1 = 3200$ м; расстояние между уровнем выхода грунтовых вод на поверхность и устьем скважины $h_2 = 600$ м; плотность подземных вод $\rho_{\text{в}} = 1100 \text{ кг/м}^3$; плотность нефти $\rho_{\text{н}} = 850 \text{ кг/м}^3$.



Решение: Составим уравнение равновесия системы грунтовые воды – нефть:

$$\rho_{\text{в}} g h_1 = \rho_{\min} g h + \rho_{\text{н}} g (h_1 - h_2 - h).$$

Тогда

$$\rho_{\min} = \frac{\rho_{\text{в}} g h_1 - \rho_{\text{н}} g (h_1 - h_2 - h)}{g h} = \frac{1100 \cdot 10 \cdot 3200 - 850 \cdot 10 \cdot 100}{10 \cdot 2500} = 1374 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: $\rho_{\min} = 1374 \text{ кг/м}^3.$

5.3. Пример лабораторной работы

Лабораторная работа

Гидравлический расчет напорных трубопроводов

Задание

На рисунке изображена система, состоящая из гидробака (резервуара) и трубы переменного (постоянного) сечения. Движение жидкости плотностью ρ происходит под действием давления, создаваемого баком. Согласно варианту определить:

1. Скорость истечения жидкости, расход и потери напора вдоль трубы, предполагая турбулентное движение.
2. Уточнить режим движения жидкости в трубе, если кинематический коэффициент вязкости ν ($\text{м}^2/\text{с}$).
3. Построить линию полных напоров и пьезометрическую линию (в масштабе).

Исходные данные для выполнения студентами лабораторной работы выдает преподаватель.

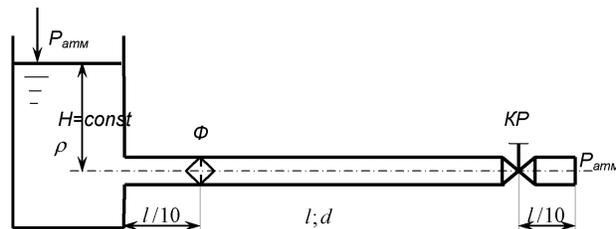


Рисунок 1.1 – Схема системы, состоящей из гидробака и трубы постоянного сечения.

КР – кран; Ф – фильтр

Пример выполнения работы

Рассмотрим методику выполнения поставленной задачи для нижеприведенной трубопроводной системы (рис.1.4).

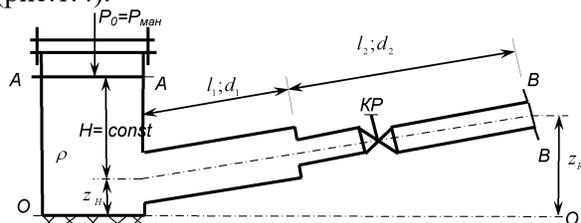


Рисунок 1.2 – Схема трубопроводной системы

На схеме изображена система, состоящая из гидробака (резервуара) и трубы переменного сечения. Движение жидкости плотностью ρ происходит под действием давления, создаваемого баком.

Определить:

1. Скорость истечения жидкости v , расход Q и потери напора вдоль трубы, предполагая турбулентное движение.
2. Уточнить режим движения жидкости в трубе, если кинематический коэффициент вязкости ν ($\text{м}^2/\text{с}$).
3. Построить линию полных напоров и пьезометрическую линию (в масштабе).

Дано:

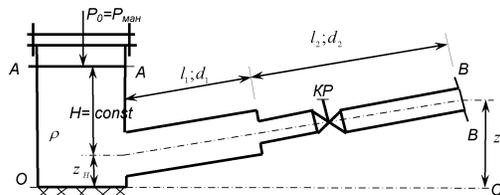
$$H = 4 \text{ м};$$

$$d_1 = 32 \text{ мм} \quad z_1 = 1 \text{ м} \quad l_2 = 12 \text{ м} \quad \nu \cdot 10^4 = 0.025 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$P_0 = P_{\text{ман}} = 0.05 \text{ МПа} = 50000 \text{ Па}; \quad d_2 = 20 \text{ мм} \quad z_2 = 2 \text{ м} \quad \xi_{\text{кр}} = \frac{2}{2} = 1 \quad \text{Определить: } v_1, v_2, Q, \text{ режим движения жидкости (Re)}$$

$$\rho = 800 \text{ кг/м}^3$$

$$\lambda = 0.03 \quad l_1 = 8 \text{ м}$$



Решение.

1. Определяем скорости истечения жидкости v , расход Q и потери напора вдоль трубы, предполагая турбулентное движение.

Запишем уравнение Бернулли относительно сечений А-А (на свободной поверхности бака) и В-В на выходе жидкости из трубы в атмосферу.

$$z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \alpha_A \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{P_B}{\rho g} + \alpha_B \frac{v_B^2}{2g} + \sum h_{\text{ном}}^{A-B}, \quad (1)$$

т.к. предполагается движение жидкости турбулентным, то коэффициенты Кориолиса $\alpha_A = \alpha_B = 1$.

В свернутом виде (1):

$$H_A = H_B + \sum h_{\text{ном}}^{A-B},$$

где H_A, H_B – полный напор в сечениях А-А и В-В соответственно; $\sum h_{\text{ном}}^{A-B}$ – общие потери напора между ними.

Напоры определяем относительно плоскости сравнения, проходящей через линию О-О.

Определяем граничные условия:

$$z_A = z_H + H; \quad p_A = p_{\text{атм}} + p_{\text{ман}}; \quad v_A = 0 \text{ м/с (при } H = \text{const)};$$

$z_B = z_K$; $p_B = p_{атм}$; $v_B = v_2$ – скорость истечения из второй трубы; $\alpha_A = \alpha_B = 1$, т.к. режим движения турбулентный.

Подставим в уравнение (1) граничные условия:

$$z_A + H + \frac{P_{атм} + P_{ман}}{\rho g} = z_K + \frac{P_{атм}}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_{ном}^{A-B}$$

после преобразований получаем

$$z_A + H + \frac{P_{ман}}{\rho g} = z_K + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_{ном}^{A-B}. \quad (2)$$

Т.к. заданный трубопровод простой, состоящий из двух последовательно соединенных труб, то общие потери следует определять как арифметическую сумму всех потерь: $h_{вх}$ – потери на вход в трубу; h_{l1} и h_{l2} – потери по длине на соответствующих участках; $h_{в.с}$ – потери на внезапное сужение потока в сечении при изменении диаметров трубы от d_1 к d_2 ; $h_{кр}$ – потери в кране.

Общие потери напора $\sum h_{ном}^{A-B}$ складываются из потерь по длине $h_{дл}$ и местных потерь $h_{м}$. Основной расчетной формулой для определения потерь напора по длине (потерь на трение) в круглых трубах является универсальная формула Вейсбаха-Дарси:

$$h_{дл} = \lambda \frac{d}{l} \frac{v^2}{2g}, \quad (3)$$

где l , d – длина и диаметр трубопровода; $\frac{v^2}{2g}$ – скоростной напор; λ – коэффициент гидравлического сопротивления трения (коэффициент Дарси), который зависит от режима движения и шероховатости стенок трубы.

Любая местная потеря напора определяется по формуле Вейсбаха:

$$h_{м} = \xi \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (4)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления, который определяется режимом движения жидкости и видом местного сопротивления в сечении (изменение сечения, трубопроводная арматура и т. п.).

Таким образом, имеем: $h_{вх} = \xi_{вх} \frac{v_1^2}{2g}$; $h_{l1} = \lambda \frac{l_1}{d_1} \frac{v_1^2}{2g}$; $h_{l2} = \lambda \frac{l_2}{d_2} \frac{v_2^2}{2g}$; $h_{в.с} = \xi_{в.с} \frac{v_2^2}{2g}$; $h_{кр} = \xi_{кр} \frac{v_2^2}{2g}$.

Согласно формулам 3 и 4 определяем общие потери напора $\sum h_{ном}^{A-B}$ в сечении В-В:

$$\begin{aligned} \sum h_{ном}^{A-B} &= h_{вх} + h_{l1} + h_{l2} + h_{в.с} + h_{кр} = \xi_{вх} \frac{v_1^2}{2g} + \lambda \frac{l_1}{d_1} \frac{v_1^2}{2g} + \lambda \frac{l_2}{d_2} \frac{v_2^2}{2g} + \xi_{в.с} \frac{v_2^2}{2g} + \xi_{кр} \frac{v_2^2}{2g} = \\ &= \frac{v_1^2}{2g} (\xi_{вх} + \lambda \frac{l_1}{d_1}) + \frac{v_2^2}{2g} (\lambda \frac{l_2}{d_2} + \xi_{в.с} + \xi_{кр}). \end{aligned} \quad (5)$$

Из (2) можно определить располагаемый напор $H_{расп.}$, который затрачивается на преодоление всех сопротивлений и сообщение скорости v_2 на выходе жидкости из трубы.

$$z_A - z_K + H + \frac{P_{ман}}{\rho g} = H_{расп.},$$

где $H_{расп.} = \sum h_{ном}^{A-B} + \frac{v_2^2}{2g}$ – располагаемый напор.

В (5) неизвестны параметры: коэффициенты местного сопротивления на внезапное сужение потока $\xi_{вх}$ и $\xi_{в.с}$, скорости жидкости v_1 и v_2 . Скорости жидкости выразим через объемный расход Q , который не изменяется вдоль потока:

$$Q = v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 = const ,$$

где площади живых сечений S_1 и S_2 можно определить по формулам:

$$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad S_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} .$$

Следовательно, $v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2}$, $v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2}$. Тогда с учетом (5)

$$\begin{aligned} H_{\text{расп.}} &= \sum h_{\text{ном}}^{A-B} + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} (\xi_{\text{вх}} + \lambda \frac{l_1}{d_1}) + \frac{v_2^2}{2g} (\lambda \frac{l_2}{d_2} + \xi_{\text{в.с}} + \xi_{\text{кр}}) + \frac{v_2^2}{2g} = \\ &= \frac{16Q^2}{\pi^2 d_1^4 2g} (\xi_{\text{вх}} + \lambda \frac{l_1}{d_1}) + \frac{16Q^2}{\pi^2 d_2^4 2g} (\xi_{\text{в.с}} + \lambda \frac{l_2}{d_2} + \xi_{\text{кр}} + 1) . \end{aligned}$$

(6)

Для определения коэффициентов местного сопротивления ξ необходимо помнить, что в трубе может быть внезапное сужение или расширение трубопровода.

Внезапное расширение трубопровода. Потери на внезапное расширение $h_{\text{в.р}}$ согласно закону Борда находят по формуле:

$$h_{\text{в.р.}} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} ,$$

где v_1 – скорость до расширения; v_2 – скорость потока после расширения потока.

Из формулы Борда следует, что потери напора при внезапном расширении равны скоростному напору от потерянной скорости ($v_1 - v_2$).

Используя универсальную формулу Вейсбаха, получим

$$h_{\text{в.р.}} = \xi_1 \frac{v_1^2}{2g} = \xi_2 \frac{v_2^2}{2g} ,$$

где ξ_1 и ξ_2 – коэффициенты, отнесенные к скоростному напору до и после расширения и соответственно равны

$$\xi_1 = \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2, \quad \xi_2 = \left(\frac{d_1^2}{d_2^2} - 1\right)^2 . \quad (7)$$

Т.к $v_1 > v_2$, следовательно, $\xi_1 < \xi_2$.

Внезапное сужение трубопровода. Для практических расчетов можно пользоваться полуэмпирической формулой И.Е. Идельчика

$$\xi_{\text{в.с}} = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \cdot 0.5 = 0.5 \left(1 - \frac{d_2^2}{d_1^2}\right), \quad (8)$$

где $n = \frac{d_1^2}{d_2^2}$ – степень сужения; d_1, d_2 – диаметры трубопроводов до и после сужения. Потеря напора $h_{\text{вс}}$ определяется долей скоростного напора после сужения, т.е.

$$h_{\text{в.с}} = \xi_{\text{в.с}} \frac{v_2^2}{2g} = 0.5 \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right) \cdot \frac{v_2^2}{2g} .$$

Теперь определяем значение неизвестного коэффициента местного сопротивления для случая внезапного сужения трубопровода согласно (8):

$$\begin{aligned} \xi_{\text{в.с}} &= 0.5 \left(1 - \frac{d_2^2}{d_1^2}\right) = 0.5 \left(1 - \frac{20^2}{32^2}\right) = 0.3 , \\ \xi_{\text{вх}} &= 0.5 . \end{aligned}$$

Рассчитываем располагаемый напор $H_{\text{расп.}}$, объемный расход Q и скорости жидкости v_1 и v_2 . Все линейные величины должны быть подставлены в метрах (м), ускорение свободного падения принимаем $g = 9.81 \text{ м/с}^2$.

$$H_{\text{расп.}} = z_A - z_K + H + \frac{P_{\text{ман.}}}{\rho g} = 1 - 2 + 4 + \frac{50000}{800 \cdot 9.81} = 9.37 \text{ м,}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2gH_{\text{расп.}}}{\left(\frac{\xi_{\text{вх}} + \lambda \frac{l_1}{d_1}}{d_1^4} + \left(\frac{\xi_{\text{в.с}} + \lambda \frac{l_2}{d_2} + \xi_{\text{кр}} + 1\right)}{d_2^4}\right)}} \cdot \frac{\pi}{4} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 9.37}{\left(\frac{0.5 + 0.03 \frac{8}{32 \cdot 10^{-3}}}{(32 \cdot 10^{-3})^4} + \left(0.3 + 0.03 \frac{12}{20 \cdot 10^{-3}} + 2 + 1\right) / (20 \cdot 10^{-3})^4\right)}} \cdot \frac{3.14}{4} =$$

$$= 0.000897 \text{ м}^3/\text{с} = 0.897 \text{ л/с} \approx 0.9 \text{ л/с.}$$

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 0.000897}{3.14(32 \cdot 10^{-3})^2} = 1.116 \text{ м/с;}$$

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0.000897}{3.14(20 \cdot 10^{-3})^2} = 2.857 \text{ м/с.}$$

Определяем скоростные напоры

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{1.116^2}{2 \cdot 8.91} = 0.0635 \text{ м;} \quad \frac{v_2^2}{2g} = \frac{2.857^2}{2 \cdot 8.91} = 0.416 \text{ м.}$$

2. Уточним режим движения по безразмерному критерию числу Рейнольдса – Re.

Возможны два различных по своему характеру режима движения жидкости: ламинарный и турбулентный.

При ламинарном режиме жидкость движется слоями без поперечного перемешивания, причем пульсация скорости и давления отсутствуют.

При турбулентном режиме слоистость нарушается, движение жидкости сопровождается перемешиванием и пульсациями скорости и давления.

Критерием для определения режима движения является безразмерное число Рейнольдса – Re.

Для труб круглого сечения число Рейнольдса определяется по формуле:

$$Re = \nu d/\nu,$$

для потоков произвольного поперечного сечения

$$Re_{R_{\Gamma}} = \frac{\nu \cdot R_{\Gamma}}{\nu},$$

где ν – средняя скорость жидкости; d – диаметр трубы; R_{Γ} – гидравлический радиус; ν – кинематическая вязкость жидкости.

Режим будет ламинарным, если $Re \leq Re_{\text{кр}}$, и турбулентным, если $Re > Re_{\text{кр}}$. Для круглых труб обычно принимают $Re_{\text{кр}} = 2300$, и $Re_{\text{кр}} = 580$ для некруглых.

Определяем число Рейнольдса для первой трубы

$$Re_1 = \frac{1.116 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{0.025 \cdot 10^{-4}} = 14285.$$

Режим турбулентный, т.к. $Re_1 > Re_{\text{кр}} = 2300$.

Для второй трубы

$$Re_2 = \frac{2.857 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{0.025 \cdot 10^{-4}} = 22856.$$

$Re_2 > Re_{\text{кр}}$ – режим турбулентный.

3. Строим график Бернулли.

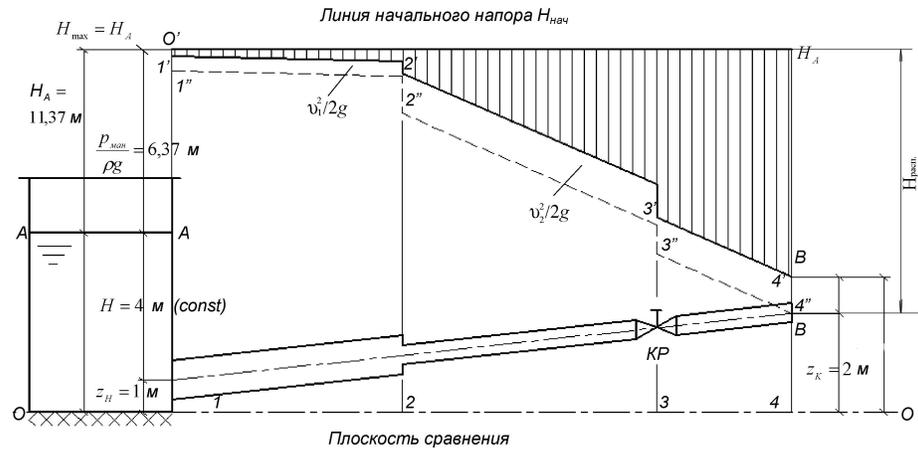


Рисунок 1.3 – График Бернулли

5.4. Типовые вопросы к экспресс-опросу по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям

1. Что такое фильтрация? Привести примеры.

Ответ: Фильтрацией называется движение (просачивание) жидкостей и газов через пористые среды под действием каких-либо факторов. Фильтрационные процессы широко распространены и встречаются как в повседневной жизни (движение табачного дыма в сигарете, очистка водопроводной воды в бытовом фильтре, смачивание губки для мытья посуды), так и в явлениях, влияющих на благосостояние целых государств (передвижение нефти и природного газа в подземных пластах, миграция влаги в плодородных почвах, работа технологических устройств химических предприятий).

2. Параметры, описывающие накопление и перенос жидкости в пористой среде

Ответ: Пористость. Важной характеристикой пористой среды является пористость (или порозность) m , равная относительной объемной доле порового пространства в материале. Пористость определяет количество жидкости, которое может содержаться в некотором объеме пористой среды (если жидкость целиком заполняет внутрипоровое пространство). Если для образца однородного пористого материала объемом V объем пор составляет V_p , то пористость этого образца $m = V_p/V$.

Просветность. Если сделать мысленный поперечный разрез образца пористой среды, то в образовавшемся сечении (обозначим его площадь S) часть площади S_p будет приходиться на поры, а оставшаяся часть $(S - S_p)$ – на твердое вещество пористой среды. Отношение n площади пор в сечении к общей площади сечения называется просветностью (поверхностной пористостью): $n = S_p/S$.

Скорость фильтрации. Для характеристики массопереноса при фильтрации жидкости (или газа) вводится векторная величина, называемая скоростью фильтрации.

5.5. Вопросы к экзамену

1. Определение науки «гидромеханика».
2. Реальные и идеальные жидкости.
3. Единицы измерения физических величин, применяемых в гидромеханике. Основные физико-механические свойства жидкости.
4. Силы, действующие в жидкости вязкость.
5. Закон Ньютона для внутреннего трения в жидкости.
6. Зависимость вязкости от температуры и давления. Вискозиметры.
7. Гидростатическое давление.
8. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости.
9. Интеграл уравнений Эйлера для несжимаемой жидкости.

10. Уравнение поверхности равного давления. Методы и приборы для измерения давления.
11. Абсолютное и избыточное давление. Вакуум.
12. Гидростатический напор и энергетический закон для жидкости, находящейся в равновесии. Основное уравнение гидростатики.
13. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
14. Сила давления жидкости на криволинейные стенки.
15. Прямолинейное равноускоренное движение сосуда с жидкостью.
16. Равномерное вращение сосуда с жидкостью.
17. Простые гидравлические машины. Гидравлический пресс.
18. Гидравлический аккумулятор. Закон Архимеда.
19. Основные кинематические понятия и определения.
20. Два метода исследования движения жидкости.
21. Траектории частиц и линии тока. Установившееся движение.
22. Струйчатая модель движения жидкости. Трубка тока.
23. Расход жидкости. Средняя скорость.
24. Дифференциальные уравнения линий тока.
25. Плоское движение. Функции тока.
26. Вихревое и безвихревое потенциальное течение жидкости.
27. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера в декартовой системе координат.
28. Дифференциальные уравнения движения идеальной (невязкой) жидкости (уравнения Навье-Стокса).
29. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости.
30. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
31. Графическая иллюстрация уравнения Бернулли для потока реальной жидкости.
32. Практическое применение уравнения Бернулли.
33. Трубка Прандтля. Трубка Вентури, сопло, диафрагма.
34. Установившееся движение. Безвихревое движение.
35. Установившееся безвихревое движение.
36. Ограничения, налагаемые на скорость. Формула Торричелли.
37. Вихревые движения идеальной жидкости: теорема Томсона, теорема Лагранжа, теоремы Гельмгольца
38. Уравнения Навье - Стокса.
39. Физический и геометрический смысл уравнения Бернулли. Напор жидкости.
40. Интеграл Бернулли для вязкой жидкости при установившемся движении.
41. Коэффициент Кориолиса.
42. Общие сведения о местных сопротивлениях.
43. Поворот русла. Местные сопротивления при ламинарном течении.
44. Кинематические условия в случае одного тела.
45. Коэффициент присоединенной массы. Выражение для гидродинамических сил.
46. Три постоянных направления движения; устойчивость.
47. Движение тела вращения. Устойчивость движения, параллельного оси симметрии.
48. Влияние вращения. Другие случаи установившегося движения.
49. Движение винтовой поверхности. Коэффициент при соединенной массе жидкости, заключенной в движущейся твердой оболочке.
50. Уравнения Лагранжа в обобщенных координатах.
51. Принцип Гамильтона. Применение в гидродинамике.
52. Движение сферы вблизи твердой стенки.
53. Основные уравнения динамики подземных вод.
54. Законы фильтрации, коэффициенты фильтрации, водонасыщенность и водоотдача, уравнение Дарси.
55. Уравнение неразрывности фильтрационного потока.
56. Напорная и безнапорная фильтрация.

57. Стационарные задачи фильтрации.
58. Фильтрационный расход через прямоугольную перемычку.
59. Приток воды к совершенному круглому одиночному колодцу.
60. Приток воды к совершенному артезианскому колодцу.
61. Дифференциальное уравнение нестационарной фильтрации.
62. Приток воды к галерее, расположенной на водоупоре (нестационарная задача).
63. Приток воды к совершенному колодцу, расположенному на водоупоре (нестационарная задача).
64. Фильтрация в пласте в напорном и безнапорном случае.
65. Водоприток к совершенным и несовершенным скважинам, депрессионные кривые, радиус влияния скважины.
66. Гидравлический расчет трубопроводов: назначение и классификация трубопроводов; расчет и проектирование трубопроводов; гидравлический расчет простого трубопровода; метод эквивалентных потерь; гидравлический расчет сложных трубопроводов; гидравлические характеристики трубопроводов; гидроэнергетический баланс насосной установки; сифонные трубопроводы; гидравлический удар в трубах; кавитация.
67. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке.
68. Истечение жидкости через большое отверстие.
69. Истечение жидкости через затопленное отверстие.
70. Истечение жидкости при переменном напоре.
71. Истечение жидкости через насадки.
72. Гидравлический расчет открытых русел. Взаимодействие потока и твердого тела.
73. Классификация водосливов. Гидравлический расчет водосливов.
74. Подобие физических явлений.
75. Анализ размерностей и П-теорема.
76. Числа гидрогазодинамического подобия.
77. Моделирование движения жидкости и газа.
78. Приближенное подобие и моделирование.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
21.05.04 Горное дело
специализация №3 «Открытые горные работы»

(код, направление, профиль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП	Б1.Б.18		
Дисциплина	Гидромеханика		
Курс	3,4	семестр	9, В
Кафедра	горного дела, наук о Земле и природообустройства		
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	Бекетова Елена Борисовна, к.т.н., доцент		
	кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства		
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}	144/4	Кол-во семестров	2
		СРС _{общ./тек. сем.м.}	123/123
ЛК _{общ./тек. сем.}	8/8	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	2/2
		ЛБ _{общ./тек. сем.}	2/2
		Форма контроля	Экзамен

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

– готовностью с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр (ОПК-4).

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i>Вводный блок</i>				
Не предусмотрен				
<i>Основной блок</i>				
ОПК-4	Устный опрос	3	9	В течение сессии
ОПК-4	Решение задач	2	8	В течение сессии
ОПК-4	Выполнение и защита лабораторной работы	1	5	В течение сессии
ОПК-4	Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям	2	8	В течение сессии
ОПК-4	Контрольная работа	1	30	За месяц до начала сессии
Всего:			60	
ОПК-4	Экзамен		1 вопрос - 20 2 вопрос - 20	По расписанию
Всего:			40	
Итого:			100	
ОПК-4	Подготовка опорного конспекта		10	По согласованию с преподавателем
Всего баллов по дополнительному блоку			10	

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов, «зачтено» - 61-100 баллов