

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Югорский государственный университет» (ЮГУ)
НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ
**(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НефтИн (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»)**



ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «ЮГУ»

**НЕФТЯНОЙ
ИНСТИТУТ**

ОП.06 ГИДРАВЛИКА

**21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО,
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ**
специальность 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов
и газонефтехранилищ

**Методические указания к выполнению практических занятий
для обучающихся 2 курса всех форм обучения (очная, заочная)
образовательных организаций
среднего профессионального образования**

Нижневартовск, 2023

ББК 30.123

Г 46

РАССМОТРЕНО

На заседании ПЦК «ЭТД»
Протокол № 07 от 15.11.2023
Председатель Давиденко И.В.

УТВЕРЖДЕНО

Председателем методического совета
НефтИн (филиала) ФГБОУ ВО «ЮГУ»
Хайбулина Р.И.
«22» ноября 2023

Методические указания к выполнению практических занятий для обучающихся 2 курса всех форм обучения (очная, заочная) образовательных организаций среднего профессионального образования по ОП.06 Гидравлика специальности 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ (21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО, НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ), разработаны в соответствии с:

1. Федеральным государственным образовательным стандартом по специальности среднего профессионального образования специальность 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ утвержденного МИНОБРНАУКИ РФ 12.05.2014, приказ № 484.

2. Рабочей программой учебной дисциплины ОП. 06 Гидравлика, утвержденной на методическом совете НефтИн (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ» протоколом № 4 от 15.06.2023.

Разработчик:

Тетикли Надежда Михайловна, высшая квалификационная категория, преподаватель нефтяного института (филиала) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

Рецензенты:

1. Таранина Л.Г., высшая квалификационная категория, преподаватель нефтяного института (филиала) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

2. Аббасова Э.А., начальник производственно-технического отдела управления контроля качества АО «Самотлорнефтегаз».

Замечания, предложения и пожелания направлять в Нефтяной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет» по адресу: 628615, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ, г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.

© Нефтяной институт (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ», 2023

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению практических занятий соответствует Федеральным государственным образовательным стандартам (далее ФГОС) по специальности среднего профессионального образования специальность 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

Цель методических указаний: закрепление полученных теоретических знаний, приобретение расчетных навыков и навыков работы со схемами, таблицами. Представленные задачи могут быть использованы для самостоятельной работы обучающихся.

Комплекс практических занятий по учебной дисциплине ОП. 06 Гидравлика является частью подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

Рабочей программой учебной дисциплине ОП. 06 Гидравлика, устанавливающей базовые знания для освоения других специальных дисциплин.

Комплекс практических занятий по учебной дисциплине ОП. 06 Гидравлика предусматривает изучение физических свойств жидкости, разделы гидростатики и гидродинамики.

В результате освоения рабочей программой учебной дисциплине ОП. 06 Гидравлика, **должен**

уметь:

- оценивать выполнение анализов (испытаний) проб нефти, нефтепродуктов, поступающих в МН и МНПП, с целью определения показателей качества;

- выявлять изменения показателей качества нефти, нефтепродуктов, поступающих в МН и МНПП.

знать:

- физико-химические свойства природного газа, нестабильных жидких углеводородов, газовых и жидких сред, химических реагентов, порядок и правила их утилизации;

- виды лабораторных анализов в области эксплуатации оборудования;

- оборудование, приборы для измерения показателей качества нефти, нефтепродуктов, поступающих в МН и МНПП, принципы их работы и правила эксплуатации;

- порядок отбора проб нефти и нефтепродуктов, поступающих в МН и МНПП;

- методы и методики проведения испытаний нефти, нефтепродуктов, поступающих в МН и МНПП, с целью определения показателей качества.

Данные методические указания разработаны с целью оказания помощи обучающимся всех форм обучения среднего специального заведения при организации их самостоятельной работы на практических занятиях по

овладению системой знаний, умений и навыков, решения технологических задач.

Цели и задачи практических занятий:

- уметь анализировать изучаемые теоретические и практические положения, устанавливать логическую связь между теорией и практикой;
- получить навыки самостоятельной работы с материалом.

Формируемые общие и профессиональные компетенции:

Код	Наименование результата обучения
ПК 2.4	Осуществлять мониторинг показателей качества газа, нефти и нефтепродуктов на объектах трубопроводного транспорта, хранения, распределения.
ОК 01.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
ОК 02.	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
ОК 03.	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
ОК 04.	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.
ОК 05.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 06.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.
ОК 07.	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
ОК 08.	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Критерии и оценки практических занятий:

Оценка	Описание оценок
5	Отлично- «5» - содержание материала освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
4	Хорошо-«4» - содержание материала освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

3	Удовлетворительно-«3» - содержание материала освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки.
2	Условно неудовлетворительно- «2» - содержание материала освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.

ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Номер темы	Номер и наименование занятия	Кол-во аудиторных часов	Общие и профессиональные компетенции
1	2	3	4
1.1	Практическое занятие № 1. Изучение приборов для измерения плотности и вязкости жидкости	2	ОК. 1-6 ПК 2.4
2.1	Практическое занятие № 2. Решение задач по гидростатике	2	ОК. 1-6 ПК 2.4
2.2	Практическое занятие № 3. Расчет плавающих тел	2	ОК. 1-6 ПК 2.4
3.4	Практическое занятие № 4. Расчет гидравлического удара в трубах	2	ОК. 1-6 ПК 2.4
	Практическое занятие № 5. Расчет простого трубопровода	2	ОК. 1-6 ПК 2.4
Итого:		10	

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

ИЗУЧЕНИЕ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ

Цель: изучить устройство и принцип действия приборов.

ПК 2.4. Осуществлять мониторинг показателей качества газа, нефти и нефтепродуктов на объектах трубопроводного транспорта, хранения, распределения.

Общие сведения:

Плотность – это количество массы жидкости, содержащееся в единице ее объема.

$$\rho = \frac{m}{V}; \text{кг/м}^3 \quad (1.1)$$

где m - масса жидкости, кг;
 V - объем, м³.

Вязкость – это свойство жидкости воспринимать касательные усилия (силы трения).

1. **Кинематическая вязкость** – отношение динамической вязкости к плотности жидкости.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}; \text{ м}^2/\text{с} \quad (1.2)$$

2. **Динамическая вязкость** – произведение кинематической вязкости и плотности жидкости.

$$\mu = \nu \cdot \rho; \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (1.3)$$

Ньютоновские жидкости – жидкости, подчиняющиеся закону вязкого трения Ньютона.

Закон Ньютона – силы внутреннего трения между слоями жидкости пропорциональны площади соприкосновения этих слоев и градиенту скорости между ними (рис. 1.1).

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dn}; \quad (1.4)$$

где τ - касательное напряжение;
 μ - динамическая вязкость, Па* с;
 du/dn - быстрота изменения скорости слоев вдоль нормали «n».

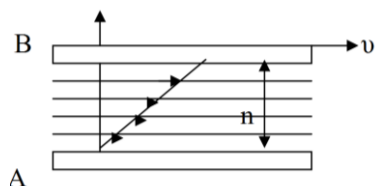


Рисунок 1.1 – Схема течения жидкости

А – неподвижная пластина;

В – подвижная пластина;

n – расстояние между пластинами;

v – скорость подвижной пластины.

Ход работы:

В производственных условиях наиболее часто приходится измерять плотность и вязкость жидкости, так как эти показатели оказывают наибольшее влияние на производственные процессы. Например, неправильно подобранная плотность бурового раствора при бурении скважин может привести к аварии (выбросу), а от вязкости нефтепродуктов зависит мощность перекачивающих насосов.

1. Приборы для измерения плотности жидкости.

Плотность жидкости обычно определяют **пикнометрами** или **ареометрами**.

1.1. **Пикнометр** – колбочка фиксированного объема, которая взвешивается на аналитических весах дважды: пустая и заполненная исследуемой жидкостью. Разность их масс позволяет вычислить массу жидкости, а ее отношение к объему пикнометра показывает искомую плотность.

1.2. С помощью **ареометра** плотность жидкости можно определить быстрее и проще. Ареометр (рис. 1.2) состоит из двух спаянных между собой пустотелых стеклянных цилиндров. В нижней части большого цилиндра 1 закреплен груз и помещен термометр. Шкала верхнего цилиндра 2 градуирована в единицах плотности. По закону Архимеда, ареометр погружается в исследуемую жидкость до тех пор, пока вес жидкости в объеме погруженной части ареометра не станет равным его собственному весу. Точность показаний ареометра зависит от его широкой и узкой частей. Чем больше это соотношение, тем точнее показания прибора.



Рисунок 1.2 –
Схема ареометра

1.3. **Разборные тонкостенные металлические ареометры** обычно используют для определения плотности бурового раствора. Исследуемый раствор заливают внутрь ареометра, который затем погружают в пресную воду, плотность которой принимается равной 1000 кг/м^3 . Плотность бурового раствора определяют по шкале ареометра в месте соприкосновения с ней мениска воды.

Аналогично устроены **солемеры** для определения степени минерализации пластовых вод; **кислотомеры**, измеряющие концентрацию закачиваемого в пласт соляно - кислотного раствора; **измерители жирности** молока и т.д.

2. Приборы для измерения вязкости жидкости.

Вязкость жидкости определяют **вискозиметрами**.

2.1. Наиболее распространены **капиллярные вискозиметры**. Рассмотрим их устройство и принцип работы на примере **вискозиметра Освальда – Пинкевича** (рис. 1.3).

Он представляет собой стеклянную U – образную трубку, в колене 3 которой находится калиброванный капилляр 8. Над ним имеются расширения 4 и 6. В нижнее расширение 1 колена 2 вводится небольшой объем исследуемой жидкости. При создании избыточного давления в левом колене или вакуума в правом жидкость затягивается через капиллярную трубку выше риски 5, после чего оба колена вискозиметра сообщаются с атмосферой. Измеряют время опускания жидкости t от риски 5 до риски 7.

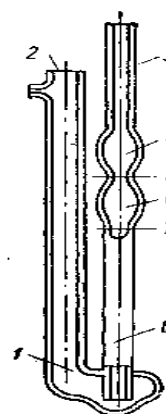


Рисунок 1.3 –
Схема капиллярного
вискозиметра
Освальда - Пинкевича

После этого определяют кинематическую вязкость жидкости при данной температуре ν_t по формуле:

$$\nu_t = k \cdot t; \quad (1.5)$$

где **k** - постоянная вискозиметра, зависящая от диаметра капилляра и определяемая в заводских условиях по жидкости с известной вязкостью.

Перед работой вискозиметр с испытываемой жидкостью выдерживают в ванне с водой при требуемой температуре, которая поддерживается с помощью термостата.

2.2. Определение вязкости жидкости на **вискозиметрах с падающим шариком** основан на следующем: более плотный, чем жидкость, шарик падает в ней тем медленнее, чем больше вязкость испытываемой жидкости. К данному виду вискозиметров относят **вискозиметр высокого давления (ВВД)**, с помощью которого можно определить вязкость нефти при пластовых давлениях и температурах.

2.3. В **вискозиметрах истечения** вязкость определяют по времени истечения определенного объема жидкости через калиброванное отверстие или трубку.

Например, в вискозиметре **Энглера** определяют градус условной вязкости как отношение времени истечения 200 см³ испытываемой жидкости при заданной температуре t ко времени истечения t_b из этого прибора такого же объема дистиллированной воды при 20°C, т.е.

$$^{\circ}BY = \frac{t}{t_b}; \text{см}^2/\text{с} \quad (1.6)$$

- где $^{\circ}BY$ - градус условной вязкости, м²/с;
 t - время истечения испытываемой жидкости, с;
 t_b - время истечения дистиллированной воды, с.

Зная условную вязкость, по формуле Убеллоде можно определить кинетическую вязкость (в см²/с)

$$\nu = 0,0731 \cdot ^{\circ}BY - \frac{0,0631}{^{\circ}BY}; \text{см}^2/\text{с} \quad (1.7)$$

- где $^{\circ}BY$ - градус условной вязкости, м²/с.

Вискозиметр Энглера обычно используют для определения вязкости высоковязких нефтепродуктов (например, масел).

2.4. На буровых для быстрой оценки вязкости буровых растворов применяют **стандартные полевые вискозиметры (СПВ-5)**, представляющие собой металлическую воронку, заканчивающуюся трубкой диаметром 5 мм.

2.5. Для измерения вязкости неньютоновских жидкостей (жидкостей, которые не подчиняются закону Ньютона, например, некоторые типы нефтей, буровые растворы, клеи и т.д.) обычно используют **ротационные вискозиметры**, разновидностью которых являются **торсионные вискозиметры** (рис. 1.4).

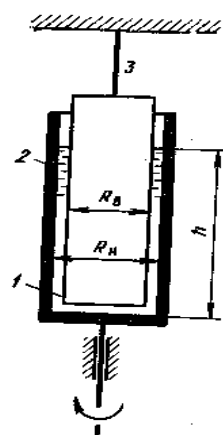


Рисунок 1.4 –
 Схема торсионного вискозиметра

В них внутренний цилиндр 1 подвешивается на торсионе 3 (упругая нить, стальная проволока) и помещается в другой вращающийся цилиндр 2, заполняемый исследуемой жидкостью. Движение жидкости вызывает закручивание внутреннего цилиндра и торсиона на некоторый угол, при котором момент возникающих упругих сил уравнивается моментом сил внутреннего трения вращающейся жидкости. Динамическую вязкость жидкости определяют по частоте вращения (угловой скорости) внешнего цилиндра n и углу φ закручивания торсиона.

$$\mu = \frac{2 \cdot C \cdot \varphi}{\frac{\pi \cdot h \cdot (R_n + R_s)^2}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot R_n}}; \text{Па} \cdot \text{с} \quad (1.8)$$

$$R_n - R_s$$

- где C - постоянная прибора;
 φ - угол закручивания торсиона;
 h - высота слоя жидкости в приборе, см;
 R_n - внутренний радиус наружного цилиндра, см
 R_s - наружный радиус внутреннего цилиндра, см;
 n - частота вращения внешнего цилиндра.

Сделать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение плотности жидкости, какова ее единица измерения?
2. Дайте определение вязкости жидкости, виды вязкости, единица измерения?
3. Каков принцип работы пикнометра?
4. Каков принцип работы ареометра?
5. Как определяется вязкость в вискозиметре с падающим шариком?
6. Принцип работы ротационного вискозиметра?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ГИДРОСТАТИКЕ

Цель: Закрепление знаний основных законов по гидростатике.

ПК 2.4. Осуществлять мониторинг показателей качества газа, нефти и нефтепродуктов на объектах трубопроводного транспорта, хранения, распределения.

Общие сведения:

Гидростатика является разделом гидравлики, в которой изучаются законы равновесия жидкости. Когда жидкость находится в равновесии, т.е. в состоянии покоя, она характеризуется свойствами, очень близкими к свойствам идеальной жидкости. Вследствие этого все задачи гидростатики, рассматриваемые с использованием понятия об идеальной жидкости, ре-

шаются с большой точностью.

Как следует из сказанного ранее, в покоящейся жидкости возможен лишь один вид напряжений – напряжение сжатия, т.е. **гидростатическое давление**. Поскольку касательные напряжения при этом отсутствуют.

Жидкость, находящаяся в покое, подвергается действию внешних сил двух категорий: массовым и поверхностным.

1. **Абсолютное давление** P — это гидростатическое давление, при котором учитывается атмосферное давление P_a ;

2. **Избыточным** (манометрическим) давлением P_n называют избыток (превышение) давлением над атмосферным и определяют по формуле:

$$P = P_n + P_a;$$

3. если абсолютное давление оказывается меньше атмосферного, то недостаток до атмосферного давления называется **вакуумом** (разрежением) и определяют по формуле

$$P_v = P_a - P.$$

Итак, гидростатическое давление в точке является пределом отношения силы гидростатического давления, действующей на элементарную площадку, к самой элементарной площадке, если последняя стремится к точке.

Гидростатическое давление обладает тремя свойствами:

Первое свойство – гидростатическое давление направлено по внутренней нормали к площадке, на которую оно действует (к площадке, а не от неё). Следовательно, гидростатическое давление может быть направлено только по внутренней нормали, т.е. гидростатическое давление всегда будет давлением сжимаемости.

Второе свойство – гидростатическое давление действует одинаково по всем направлениям, т.е. не зависит от угла наклона площадки, на которую оно действует.

Третье свойство – гидростатическое давление в точке зависит от её координат в пространстве. По мере увеличения глубины погружения точки под уровень жидкости давление в ней будет возрастать и, наоборот, по мере уменьшения глубины погружения точки давление в ней будет падать.

Газ, находящийся в сосуде, также создаёт гидростатическое давление на стенки.

Закон Паскаля формулируется следующим образом: **давление, производимое внешними силами в любой точке жидкости, передаётся жидкостью во всех направлениях одинаково.**

Задача 1.

Условие: Удельный вес жидкости измеряется при помощи ареометра, представляющего собой (рис. 2.1) полую стеклянную трубку, снабжённую в нижней части

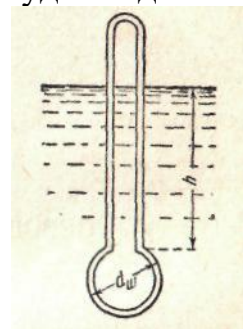


Рисунок 2. 1

шариком, заполненным дробью. Определить удельный вес жидкости γ , в которую погружён ареометр и подъёмную силу. Исходные данные приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Исходные данные

Параметры	Варианты					
	1-6	7-12	12-16	17-21	22-25	26-32
1. Диаметр шарика $d_{ш}$, мм;	30	20	35	33	37	28
2. Внешний диаметр трубы d , мм;	25	15	30	28	32	24
3. Глубина погружения h , см;	10					
4. Вес ареометра G , Н;	50					

Методические указания к решению задачи 1:

1. Определить объем погруженной части ареометра

$$V_{\Pi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h + \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d_{ш}^3, \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

где d - внешний диаметр трубы, мм;
 $d_{ш}$ - диаметр шарика, мм;
 h - глубина погружения, см.

2. Определить удельный вес жидкости γ , в которую погружён ареометр.

$$\gamma = \frac{G}{V}, \text{ Н/м}^3 \quad (2.2)$$

где G - вес ареометра, Н;
 V - объем погруженной части тела, м^3 .

3. Определить подъёмную силу, всегда направленную по вертикали вверх и уравновешиваемую весом тела.

$$A = \rho_{в} \cdot g \cdot V, \text{ Н} \quad (2.3)$$

где $\rho_{в}$ - плотность воды, кг/м^3 ;
 V - объем погруженной части тела, м^3 .
 g - ускорение свободного падения, м/с^2 .

Задача 2.

Условие: В закрытый резервуар налиты ртуть и вода. Давление воздуха над свободной поверхностью воды p_0 . Определить полное и избыточное гидростатическое давление столба жидкости. Исходные данные приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Исходные данные

Параметры	Варианты					
	1-6	7-12	12-16	17-21	22-25	26-32
1. Удельный вес ртути $\gamma_{р}$, Н/м^3 ;	13,6	12,0	14,2	12,8	13,0	14,8
2. Удельный вес воды $\gamma_{в}$, Н/м^3 ;	1	0,88	1,2	0,92	0,98	1,4
3. Глубина погружения ртути $h_{р}$, м;	0,3					
4. Глубина погружения воды $h_{в}$, м;	3					
5. Давление воздуха p_0 , Па.	2					

Методические указания к решению задачи 2:

1. Определить полное гидростатическое давление

$$p = 10 \cdot p_0 + \gamma_p \cdot h_p + \gamma_v \cdot h_v, \text{ Па} \quad (2.4)$$

где p_0 - давление воздуха на свободной поверхности, Па;
 γ_p - удельный вес ртути, Н/м³;
 γ_v - удельный вес воды, Н/м³;
 h_v - глубина погружения воды, м;
 h_p - глубина погружения ртути, м.

2. Определить избыточное давление

$$p_{\text{изб}} = (p - 10), \text{ Па} \quad (2.5)$$

где p - полное гидростатическое давление, Па.

Задача 3.

Условие: определить устойчивость плавающего в воде деревянного параллелепипеда длиной l , шириной b и высотой h (рис. 2.2). Исходные данные приведены в таблице 2.3.

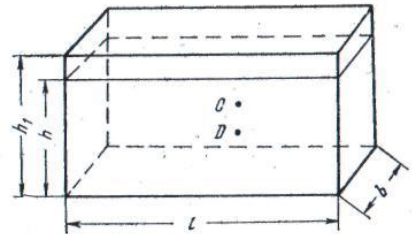


Рисунок 2.2

Таблица 2.3 - Исходные данные

Параметры	Варианты					
	1-6	7-12	12-16	17-21	22-25	26-32
1. Ширина деревянного параллелепипеда b , мм;	200	210	180	160	220	168
2. Длина деревянного параллелепипеда l , мм;	600	620	560	458	640	386
3. Высота деревянного параллелепипеда h_1 , мм.	300	320	276	192	328	218
4. Плотность дерева ρ_d , кг/м ³ .	800					
5. Плотность воды ρ_v , кг/м ³	1000					
6. Высота погруженной части параллелепипеда h , м	0,24					

Методические указания к решению задачи 3:

1. Определить вес плавающего деревянного параллелепипеда

$$G = \rho_d \cdot g \cdot l \cdot b \cdot h_1, \text{ Н} \quad (2.6)$$

где ρ_d - плотность дерева, кг/м³;
 g - ускорение свободного падения, м/с²;
 l - длина деревянного параллелепипеда, мм;
 b - ширина деревянного параллелепипеда, мм;
 h_1 - высота деревянного параллелепипеда, мм.

2. Определить объем погруженной части деревянного параллелепипеда.

$$V = l \cdot b \cdot h_1, \text{ м}^3 \quad (2.7)$$

- где h_1 - высота деревянного параллелепипеда, мм;
 l - длина деревянного параллелепипеда, мм;
 b - ширина деревянного параллелепипеда, мм.

3. Определить подъёмную силу она равна весу тела $A = G$

$$A = \rho_B \cdot g \cdot V, \quad (2.8)$$

- где ρ_B - плотность воды, кг/м³;
 V - объем погруженной части тела, м³.
 g - ускорение свободного падения, м/с².

4. Определить положение центра давления D

$$h_D = \frac{h}{2}, \text{ м} \quad (2.9)$$

- где h - высота погруженной части параллелепипеда, м.

5. Определить положение центра тяжести C

$$h_C = \frac{h_1}{2}, \text{ м} \quad (2.10)$$

- где h_1 - высота деревянного параллелепипеда, мм.

6. Определить расстояние между центром тяжести C и центром давления D

$$l = h_C - h_D, \text{ м} \quad (2.11)$$

- где h_C - центр тяжести; м;
 h_D - центр давления, м.

7. Определить момент инерции прямоугольника относительно оси, проходящей через центр тяжести

$$I_x = \frac{l \cdot b^3}{12}, \text{ м} \quad (2.12)$$

- где l - длина деревянного параллелепипеда, мм;
 b - ширина деревянного параллелепипеда, мм.

8. Определить устойчивость плавающего в воде тела

$$\rho_M = \frac{I_x}{V}, \text{ м} \quad (2.13)$$

- где I_x - момент инерции прямоугольника; м;
 V - объем погруженной части тела, м³.

если $\rho_M < l$, то положение плавающего тела устойчивое

Так как объем тела давления V_{abcdea} больше объема V_{abcdfa} , равнодействующая этих сил направлена вверх. Ее разность определяется по разно-

сти объемов $V_{abcdea} - V_{abcdfa}$, равной объему погруженной части тела $V_{п}$. Таковую силу называют архимедовой силой $F_{арх}$:

$$F_{арх} = \rho \cdot g \cdot V_{п}; H \quad (2.14)$$

где $F_{арх}$ - архимедова сила, Н;
 ρ - плотность жидкости, кг/м³;
 g - ускорение свободного падения, м/с²;
 $V_{п}$ - объем погруженной части тела, м³.

9. Сделать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Какие силы действуют на жидкость?
2. Какие жидкости называются капельными?
3. Что такое удельный вес, объем?
4. Назовите три свойства гидростатического давления?
5. Дайте характеристику поверхности равного давления.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

РАСЧЁТ ПЛАВАЮЩИХ ТЕЛ

Цель: изучить закон Архимеда и научиться применять его для расчёта плавающих тел.

ПК. 2.4. Осуществлять мониторинг показателей качества газа, нефти и нефтепродуктов на объектах трубопроводного транспорта, хранения, распределения.

Общие сведения:

Определим силу давления жидкости на плавающее в ней тело (рис. 3.1). Вначале предположим, что на свободной поверхности жидкости давление атмосферное. Горизонтальная составляющая силы давления жидкости равно нулю, так как с любых противоположных направлений горизонтальные силы давления жидкости, действующие на тело, равны.

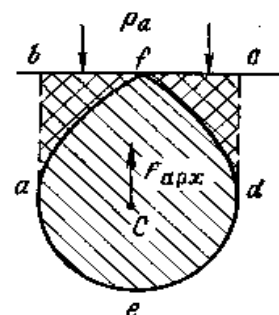


Рисунок 3.1

Для определения вертикальной составляющей F_B разобьем погруженную поверхность тела на две части так, чтобы на верхнюю часть элементарные силы давления, приложенные в любой ее точке, давали вертикальную составляющую, направленную вниз, а на нижнюю – вверх. В проекции их линия раздела a-d. По формуле (3.1) вертикальная составляющая силы давления, действующая на нижнюю часть поверхности тела, направлена вверх, ее величина $F_B = \rho g V_{abcdea}$. На верхнюю часть поверхности сила F_B направлена вниз, ее величина $F_B = \rho g V_{abcdfa}$.

$$F_B = \rho \cdot g \cdot V_m; H \quad (3.1)$$

- где F_b - вертикальная составляющая силы давления, Н;
 ρ - плотность жидкости, кг/м³;
 g - ускорение свободного падения, м/с²;
 V_T - объем тела давления, м³.

Закон Архимеда: на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая (архимедова) сила, равная весу жидкости в объеме погруженной части тела.

Отметим, что такой же результат был бы получен, если бы на свободной поверхности жидкости давление не равнялось атмосферному. В этом случае обе силы $F_{b\uparrow}$ и $F_{b\downarrow}$ изменились бы на одну и ту же величину (так как на одну и ту же величину изменились бы для них объем тела, давление), а их разность осталась бы прежней.

Архимедова сила приложена в центре тяжести погруженного объема тела (см. точку С на рис. 3.1), называемом **центром водоизмещения**. Кроме этой силы, на тело действует и сила тяжести самого тела F_G , направленная вниз,

- если $F_{арх} = F_G$, то тело будет плавать в равновесном состоянии;
- если $F_{арх} < F_G$, то тело будет погружаться в жидкость;
- если $F_{арх} > F_G$, то тело будет всплывать.

Закон Архимеда широко используется в технике, например в кораблестроении, при расчетах устройств для измерения и регулирования уровня жидкости в резервуарах, карбюраторах двигателей внутреннего сгорания, расходомерах и т.д.

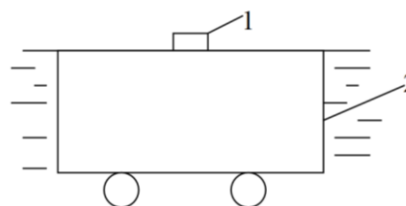


Рисунок 3.2 – Схема перевозки цистерны с бензином по воде

Условие: необходимо определить, какой объем бензина V_b плотностью $\rho_b = 740$ кг/м³ можно залить в железнодорожную цистерну 2 объемом V , м³ и массой m , кг, чтобы при перевозке по воде цистерна погружалась до горловины 1 (рис. 3.4). Объем горловины считается пренебрежимо малым.

Исходные данные для расчета даны в таблице 3.1.

Таблица 3.1– Исходные данные

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V , м ³	60	55	65	58	62	63	59	57	64	61
$m \cdot 10^3$, кг	23	22,5	23,5	22,7	23,3	23,35	22,85	22,65	23,45	23,25
ρ_b , кг/м ³	740									
$\rho_{ст}$, кг/м ³	7800									
$\rho_в$, кг/м ³	1000									

Методические указания к задаче:

1. По условию плавания тел $F_{арх} = F_G$. В жидкость погружен не только полезный объем цистерны V , но и объем металла (метел сталь) V_m ее стенок, платформы, колесных пар и т.д. Рассчитаем объем металла V_m и объем погруженной части цистерны $V_{п}$:

$$V_M = \frac{m}{\rho_{ст}}; \text{м}^3 \quad (3.2)$$

где **m** - масса цистерны, кг;
 $\rho_{ст}$ - плотность стали, кг/м³.

$$V_n = V + V_M; \quad (3.3)$$

где **V** - объем цистерны, м³;
 V_M - объем металла, м³.

2. Рассчитаем архимедову силу

$$F_{арх} = \rho_в \cdot g \cdot V_n; \text{Н} \quad (3.4)$$

где **V_n** - объем погруженной части цистерны, м³;
 $\rho_в$ - плотность воды, кг/м³;
g - ускорение свободного падения, м/с².

3. Так как сила тяжести цистерны и бензина в архимедовой силе $F_G = mg + V_б\rho_бg$, следовательно, $F_{арх} = F_G = mg + V_б\rho_бg$, откуда объем бензина

$$V_б = \frac{F_{арх} - m \cdot g}{\rho_б \cdot g}; \text{м}^3 \quad (3.5)$$

где **$F_{арх}$** - архимедова сила, Н;
 $\rho_б$ - плотность бензина, кг/м³;
g - ускорение свободного падения, м/с²;
m - масса цистерны, кг.

4. Не учёт в этой задаче архимедовой силы от погруженного в воду объема металла дал бы уменьшение объема бензина на

$$\Delta V = \frac{V_M \cdot \rho_в \cdot g}{\rho_б \cdot g}; \text{м}^3 \quad (3.6)$$

где **$\rho_в$** - плотность воды, кг/м³;
 $\rho_б$ - плотность бензина, кг/м³;
 V_M - объем металла, м³.

т. е. более чем на «X» %:

$$X = \frac{\Delta V \cdot 100}{V_б}; \% \quad (3.7)$$

где **X** - уменьшение объема бензина, %;
 ΔV - уменьшение объема бензина, м³;
 $V_б$ - объем бензина, м³.

5. Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Как звучит закон Архимеда?
2. Как определяется архимедова сила, единица ее измерения?
3. Что такое центр водоизмещения?
4. Что происходит с телом при условии $F_{арх} = F_G$?
5. Каково условие погружения тела в жидкость?
6. Каково условие всплывания тела?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБАХ

Цель: научиться определять ударное повышение давления и время закрытия задвижки.

ПК. 2.4. Осуществлять мониторинг показателей качества газа, нефти и нефтепродуктов на объектах трубопроводного транспорта, хранения, распределения.

Общие сведения:

Под **гидравлическим ударом** понимают резкое повышение давления в трубопроводах при внезапной остановке, движущейся в них жидкости. Он происходит, например, при быстром закрытии различных запорных приспособлений, устанавливаемых на трубопроводах (задвижка, кран), клапанов, внезапной остановке насосов, перекачивающих жидкость, и др. Особенно опасен гидравлический удар в длинных трубопроводах, где с большими скоростями движутся значительные массы жидкости. В таких случаях, если не принять предупредительных мер, гидравлический удар может привести к повреждению мест соединения отдельных труб (стыки, фланцы, раструбы), разрыву стенок трубопровода, поломке насосов.

Так как жидкость сжимаема, то остановка её массы в трубопроводе происходит не мгновенно. Вслед за первым слоем, сжимаясь, остановится следующий и т.д. объём остановившейся сжатой жидкости будет непрерывно расширяться в сторону сначала трубопровода, причём его граница будет перемещаться с некоторой скоростью **C** , называемой **скоростью распространения ударной волны**.

Когда отражённая волна достигнет задвижки, вся жидкость уже будет двигаться с первоначальной скоростью. Так как задвижка по-прежнему закрыта, вновь возникает гидравлический удар, и циклы повышения и понижения давления возле задвижки будут повторяться через промежутки времени, равные времени пробега волны к началу трубопровода и обратно к задвижке, называемые **фазой удара**,

$$T = \frac{2L}{c}, \text{ с} \quad (4.1)$$

Если считать трубопровод абсолютно не упругим, то за время Δt остановившийся объём жидкости $s\Delta l$ потеряет количество движения $\rho s\Delta l v$, где s – площадь сечения трубы, v – начальная средняя скорость жидкости. Обозначив давление у задвижки до её закрытия P_0 , а после него $P_0 + \Delta P$, запишем теорему о количестве движения (в проекции на ось движения) для остановившейся массы жидкости. Так как со стороны её движущейся жидкости не действует сила $P_0 s$, а со стороны задвижки сила $(P_0 + \Delta P)s$, то действующая за время Δt сила равна их разности - $\Delta P s$, а её импульс - $\Delta P s \Delta t$.

Приняв последний к изменению количества движения, получим:

$$\Delta P s \Delta t = P s \Delta l v$$

Сократим это выражение на - $s\Delta t$, учитывая, что $\Delta l/\Delta t = C$. Получим формулу Н.Е. Жуковского;

$$\Delta P = \rho \cdot c \cdot v, \text{ Па} \quad (4.2)$$

Условие: рассчитать время закрытия задвижки в конце стального водопровода длиной l и диаметром d , чтобы ударное повышение давления $\frac{1}{n}$ составило от максимально возможного. Исходные данные для расчета даны в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчета.

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ , кг/м ³	1000									
L , м	500	600	480	580	700	685	470	770	750	800
d , см	0,3	0,2	0,18	0,15	0,12	0,23	0,31	0,26	0,22	0,3
δ , мм	10	9	11	8	9	10	11	7	8	10
Q , м ³ /с	0,15	0,2	0,21	0,3	0,18	0,21	0,32	0,13	0,3	0,28
n	3	2	1	4	2	3	5	1	3	2
β , 1/Па	5×10^{-10}									

Методические указания к решению задачи:

1. Определим скорость жидкости до закрытия задвижки.

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}; \text{ м/с} \quad (4.3)$$

где Q - расход воды при открытой задвижке, м³/с;
 d - диаметр водопровода, м.

2. Определим скорость распространения ударной волны, принимая модуль упругости материала трубы абсолютно неупругим, т.е. $E = \infty$,

формула $C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{\frac{1+(K \cdot d)}{E \cdot \delta}}}$; м/с принимает вид:

$$C = \sqrt{\frac{K}{\rho}}; \text{ м/с} \quad (4.4)$$

где K - модуль объемной упругости, Па;
 ρ - плотность воды, кг/м³.

Модуль объемной упругости рассчитывается по формуле

$$K = \frac{1}{\beta}; \text{ Па} \quad (4.5)$$

где β - коэффициент объемного сжатия воды, 1/Па.

3. По формуле Жуковского определим превышение давления.

$$\Delta P = C \cdot \rho \cdot v; \text{ Па} \quad (4.6)$$

где C - скорость распространения ударной волны, м/с;
 ρ - плотность вода, кг/м³;
 v - скорость жидкости до закрытия задвижки, м/с.

4. Определим фазу удара

$$T = \frac{2 \cdot L}{C}; \text{ с} \quad (4.7)$$

где C - скорость распространения ударной волны, м/с;
 L - длина водопровода, м.

5. Из формулы $\frac{1}{n} \cdot \Delta P = C \cdot \rho \cdot v \cdot \frac{T}{t_3}$ определим время закрытия задвижки:

$$t_3 = \frac{C \cdot \rho \cdot v \cdot T \cdot n}{\Delta P}; \text{ с} \quad (4.8)$$

где C - скорость распространения ударной волны, м/с;
 ρ - плотность вода, кг/м³;
 v - скорость жидкости до закрытия задвижки, м/с;
 T - фаза удара, с;
 n - скорость движения жидкости, м/с;
 ΔP - превышение давления, Па.

- если $t_3 < T$, то удар называется полным (прямым);
 - если $t_3 > T$, то удар называется непрямым.

6. Сделать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение гидравлическому удару.
2. Запишите формулу Жуковского.
3. Что такое полный и непрямо гидравлические удары?
4. Меры предотвращения гидравлического удара.
5. Что называют скоростью распространения ударной волны?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

РАСЧЁТ ПРОСТОГО ТРУБОПРОВОДА

Цель: научиться определить полезную мощность насоса с помощью законов гидродинамики.

ПК. 2.4. Осуществлять мониторинг показателей качества газа, нефти и нефтепродуктов на объектах трубопроводного транспорта, хранения, распределения.

Общие сведения:

В современной технике трубопроводы используют для перемещения разнообразных жидкостей (воды, нефти, нефтепродуктов, буровых растворов и др.). Их изготавливают из разных материалов: металла, бетона, стекла и др. Наряду с трубопроводами малых длин и диаметров имеются магистральные трубопроводы протяженностью в тысячи километров и диаметром в несколько метров.

Трубопроводы, в которых жидкость не имеет свободной поверхности, т.е. целиком заполняет всё сечение, называют напорными. В безопасных трубопроводах жидкость имеет свободную поверхность. Их рассчитывают аналогично открытым руслом (например, канал). Такие трубопроводы в нефтяной промышленности используют редко.

В зависимости от геометрической конфигурации различают:

Простой трубопровод. Простым трубопроводом называют напорный трубопровод, состоящий из одной линии труб и не имеющий боковых отверстий, т.е. трубопровод с одинаковым расходом на всём пути движения жидкости от места её забора А до пункта потребления В. Такой трубопровод по всей длине может быть выполнен из труб одного диаметра или может состоять из участков труб различных длин и диаметра. Последний случай – пример последовательного соединения.

Сложный трубопровод. Сложным называют напорный трубопровод, состоящий из основной магистрали и ряда отходящих от неё ответвлений.

Сложные трубопроводы подразделяют на основные виды:

параллельные трубопроводы – к основной магистрали М параллельно подключены одна или несколько труб;

разветвленные трубопроводы – жидкость из магистрали М подаётся в боковые отверстия, но обратно в магистраль не поступает;

кольцевые трубопроводы - замкнутая сеть (кольцо), питаемая основной магистрали М.

В сложных трубопроводах различают расходы: транзитный, передаваемый по магистрали, и путевой (или попутный), отбираемый из магистрали в ряде промежуточных точек по пути движения жидкости.

Расход называют сосредоточенным, если точки отбора находятся на значительном расстоянии друг от друга, и непрерывным, если эти точки расположены очень близко друг к другу. Понятие «непрерывный расход»

обычно используют при расчёте водопроводных сетей.

По соотношению видов напора различают длинные и короткие трубопроводы.

Длинными называют трубопроводы, для которых потери напора в местных сопротивлениях малы по сравнению с потерями напора на трение по длине. В этом случае первыми или пренебрегают, или учитывают их через эквивалентную длину. Пример длинных трубопроводов – линейные участки магистральных нефтепродуктопроводов, при расчёте которых местными сопротивлениями обычно пренебрегают, так как они составляют 1-2% от потерь на трение.

Для **коротких трубопроводов** учитывают оба вида потерь напора, так как они соизмеримы по величине. Пример таких трубопроводов – обвязка насосных станций и эксплуатационных нефтяных скважин.

Трубопровода, работающего под вакуумом

Трубопроводы, в которых жидкость движется при давлении ниже атмосферного, в технике встречаются довольно часто. К ним относятся линии водозабора системы заводнения нефтяных пластов, в которые вода поступает их водоёма за счёт вакуума, создаваемого в емкости, называемой вакуум - котлом; всасывающие линии насосов, расположенных выше уровня жидкости в открытых ёмкостях, из которых жидкость откачивается; сифонные трубопроводы, применяемые для слива нефтепродуктов из цистерн, водосборов гидротехнических сооружений и т.д. Расчёт таких трубопроводов осложнен из-за возможности возникновения в них кавитации.

Кавитация (от латинского «cavitas» - полость) – явление образования в движущейся жидкости полостей, заполненных паром или газом. Она возникает в тех случаях, когда давление в каком-либо месте потока становится равным давлению насыщенных паров жидкости при данной температуре. При этом нарушается сплошность потока, а при определенных условиях (например, в сифонных трубопроводах) поток может быть разорван и движение жидкости прекратится.

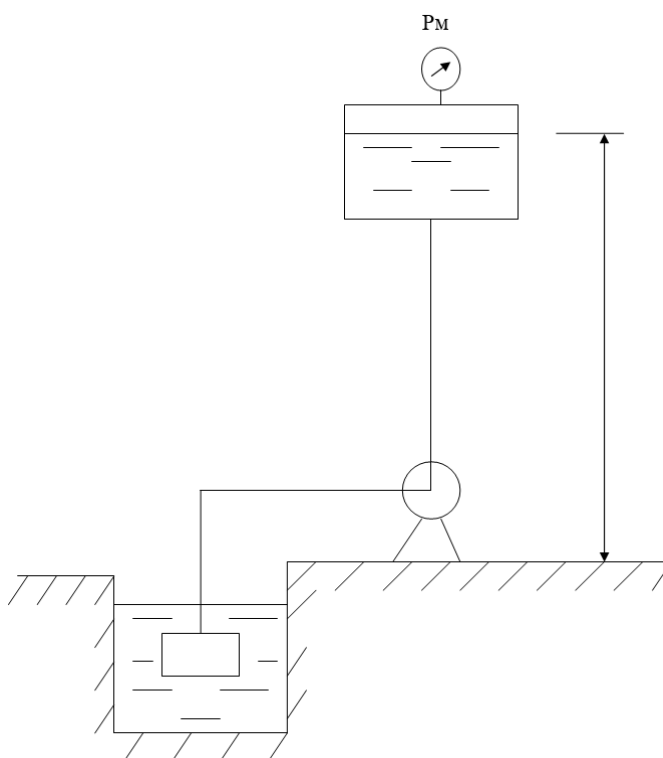


Рисунок 5.1 – Схема перекачки нефтепродукта из емкости в резервуар

Сифонным называют самотечный трубопровод, часть которого расположена выше уровня жидкости в сосуде (резервуаре), из которого подается жидкость. Движение жидкости в трубе из верхнего сосуда в нижней осуществляется за счёт разности уровней Δz .

Сифонные трубопроводы используют в качестве водосбросов гидротехнических сооружений, для слива нефтепродуктов из цистерн, опорожнения водоемов, при прокладке водоводов через возвышенности и др.

Условие: Насос подает нефтепродукт, имеющий кинематическую вязкость ν и плотность ρ , из открытой емкости в резервуар с избыточным давлением P_m на высоту h (рис.5.1). Исходные данные для расчета даны в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Исходные данные для расчета.

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\nu \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$	2	2,5	3	3,5	4	4,3	4,8	5	5,5	6
$\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$	850	870	880	740	750	760	790	750	800	770
$P_m, \text{ кПа}$	10	15	20	25	30	32	40	45	49	23
$h, \text{ м}$	15	16	17	18	20	23	27	30	34	16
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,01	0,05	0,07	0,09	0,04	0,11	0,15	0,19	0,17	0,09
$L, \text{ м}$	200	250	300	350	400	470	500	520	280	350
$d, \text{ мм}$	50	60	70	80	90	65	95	100	65	50
$\sum \zeta$	10	15	20	25	30	35	40	44	50	60
$\Delta, \text{ мм}$	0,1	0,2	0,15	0,25	0,27	0,3	0,35	0,4	0,3	0,12

Методические указания к решению задачи:

1. Определить скорость движения жидкости.

$$v = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2}; \text{ м}/\text{с} \quad (5.1)$$

где Q - расход жидкости, $\text{ м}^3/\text{с}$;
 d - диаметр трубопровода, м .

2. Подсчитать число Рейнольдса и определить вид движения жидкости.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}; \quad (5.2)$$

где v - скорость движения жидкости в сечение 2-2, $\text{ м}/\text{с}$;
 d - диаметр трубопровода, м ;
 ν - кинематическая вязкость, $\text{ м}^2/\text{с}$.

3. Определить коэффициент гидравлического сопротивления по формуле:

а) если $Re > Re_{кр}$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}; \quad (5.3)$$

б) если $Re < Re_{кр}$

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5.4)$$

- где **Re** - подсчитанное число Рейнольдса;
Re_{кр} - 2300 критическое число Рейнольдса ;
λ - коэффициент гидравлических сопротивлений;
Δ - абсолютная шероховатость труб;
d - диаметр трубопровода, м.

4. Определить потери напора по длине трубопровода.

$$h_{1-2} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}; \quad (5.5)$$

- где **L** - длина трубопровода, м;
∑ζ - суммарный коэффициент местных сопротивлений;
λ - коэффициент гидравлических сопротивлений;
v - скорость движения жидкости, м/с;
d - диаметр трубопровода, м;
g - ускорение свободного падения, м²/с.

5. Определить напор, создаваемый насосом.

$$H_n = h + \frac{P_m}{\rho \cdot g} + h_{1-2}, \text{ м}; \quad (5.6)$$

- где **h** = z₂-z₁ – высота подъема жидкости, м ;
P_m = P₂-P₁ – избыточное давление, Па;
ρ - плотность жидкости, кг/м³;
h₁₋₂ - потери напора по длине трубопровода;
g - ускорение свободного падения, м²/с.

6. Определить полезную мощность насоса.

$$N_n = H_n \cdot Q \cdot \rho \cdot g, \text{ Вт}; \quad (5.7)$$

- где **H_n** - напор, создаваемый насосом, м;
Q - расход жидкости, м³/с;
ρ - плотность жидкости, кг/м³;
g - ускорение свободного падения, м²/с.

7. Сделать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение гидравлическому удару.
2. Запишите формулу Жуковского.
3. Что такое полный и непрямой гидравлические удары.
4. Меры предотвращения гидравлического удара.
5. Какие трубопроводы называются простыми?
6. Нарисуйте схему разветвленных трубопроводов.

7. Что называется трубопроводами, работающими под вакуумом?

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев, А. А. Основы гидравлики: учебник для среднего профессионального образования / А. А. Гусев. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 218 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07761-2.

2. Крестин, Е. А. Гидравлика. Практикум: учебное пособие для СПО / Е. А. Крестин, И. Е. Крестин. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-6572-9.

3. Гидравлика: учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И. В. Кудинов; под редакцией В. А. Кудинова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 386 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10336-6.

4. Моргунов, К. П. Гидравлика: учебник для СПО / К. П. Моргунов. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 280 с. — ISBN 978-5-8114-6565-1.

5. Нагорный, В. С. Гидравлические и пневматические системы : учебное пособие для СПО / В. С. Нагорный. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 444 с. — ISBN 978-5-8114-7337-3.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1.....	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2.....	9
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.....	14
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4.....	17
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5.....	20
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	24

ОП.06 ГИДРАВЛИКА

21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО, НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ

специальность 21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов
и газонефтехранилищ

**Методические указания к выполнению практических занятий
для обучающихся 2 курса всех форм обучения (очная, заочная)
образовательных организаций
среднего профессионального образования**

Методические указания
разработал преподаватель: Тетикли Надежда Михайловна

Подписано к печати 22.11.2023 г.

Формат 60x84/16

Тираж

Объем 1,5 п.л.

Заказ

1 экз.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Югорский государственный университет» (ЮГУ)
НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ

**(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

628615 Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ,

г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.