

**ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

Сборник методических указаний
для студентов
по выполнению лабораторных работ
по учебной дисциплине
«Гидравлика»
профессиональный цикл
общеобразовательных дисциплин
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности
21.02.03 «Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и
газонефтехранилищ»

Новый Уренгой 2016

Методические указания для выполнения лабораторных работ разработаны в соответствии рабочей программой учебной дисциплины «Гидравлика» на основе ФГОС СПО по специальности 21.02.03 «Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов лабораторных работ.

Методические указания по выполнению лабораторных работ адресованы студентам очной формы обучения.

Разработчики:

Анна Сергеевна Блинцова, преподаватель ЧПОУ «Газпром Техникум Новый Уренгой»

Данные методические указания являются собственностью

© ЧПОУ «Газпром Техникум Новый Уренгой»

Рассмотрен на заседании кафедры

и рекомендован к применению

Протокол № 2 от « 12 » 2016 г.

Заведующий  Сборщиков Д.В.

Зарегистрированы в реестре банка программной, оценочной и учебно-методической документации

Регистрационный номер

156. 0114. 02. 01. 16. КМРС 001-16

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение.....	4
1	Правила поведения и техника безопасности при проведении лабораторных работ.....	9
2	Первая помощь при несчастных случаях.....	12
3	Порядок выполнения лабораторных работ.....	15
4	Защита лабораторной работы.....	16
5	Требования к оформлению отчетов по лабораторным работам.....	16
6	Критерии оценки лабораторной работы.....	17
7	Лабораторные работы.....	19
7.1	Определение плотности и вязкости жидкости.....	19
7.2	Основы гидродинамики и уравнения движения жидкости...	29
7.3	Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса.....	34
	Список использованных источников.....	38
	Приложения.....	39

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент!

Методические указания по дисциплине «Гидравлика» для выполнения лабораторных работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к лабораторным работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению лабораторной работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами третьего поколения (ФГОС-3), краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме лабораторной работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания лабораторной работы Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о лабораторной работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по лабораторным работам необходимо для получения зачета по дисциплине и допуска к дифференцированному зачету, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за лабораторную работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Выполнение лабораторных работ направлено на достижение следующих **целей**:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;

- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины, профессионального модуля. Освоенные на лабораторных и лабораторных занятиях умения в совокупности с усвоенными

знаниями и полученным практическим опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;

- совершенствование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;

- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации, которые соответствуют общим компетенциям, перечисленным в ФГОС СПО.

Предусмотрено проведение 4 лабораторных работ для очной формы обучения.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения лабораторных работ – в совокупности лабораторные работы по учебной дисциплине «Гидравлика» охватывают весь круг умений и знаний, перечисленных в рабочей программе УД «Гидравлика» и во ФГОС СПО по специальности 21.02.03 «Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ». Выполнение лабораторных работ направлено на формирование общих компетенций и профессиональных компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды, за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

В результате освоения учебной дисциплины у обучающегося должны формироваться профессиональные компетенции, соответствующие основным видам профессиональной деятельности:

ПК 1.1. Осуществлять эксплуатацию и оценивать состояние оборудования и систем по показаниям приборов.

ПК 1.2. Рассчитывать режимы работы оборудования.

ПК 1.3. Осуществлять ремонтно-техническое обслуживание оборудования.

ПК 1.4. Выполнять дефектацию и ремонт узлов и деталей технологического оборудования.

ПК 2.1. Выполнять строительные работы при сооружении газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

ПК 2.2. Обеспечивать техническое обслуживание газонефтепроводов и газонефтехранилищ, контролировать их состояние.

ПК 2.3. Обеспечивать проведение технологического процесса транспорта, хранения и распределения газонефтепродуктов.

ПК 2.4. Вести техническую и технологическую документацию.

ПК 3.1. Осуществлять текущее и перспективное планирование деятельности производственного участка, контроль выполнения мероприятий по освоению производственных мощностей, совершенствованию технологий.

ПК 3.2. Рассчитывать основные технико-экономические показатели работы производственного участка, оценивать затраты на обеспечение требуемого качества работ и продукции.

ПК 3.3. Обеспечивать безопасное ведение работ на производственном участке, контролировать соблюдение правил техники безопасности и охраны труда.

ПК 3.4. Выбирать оптимальные решения при планировании работ в нестандартных ситуациях.

Умения

У 1. Определять плотность, вязкость, давление и силы давления жидкости.

У 2. Выполнять гидравлические расчеты трубопроводов, расчеты истечения жидкости из отверстий и насадков, расчеты фильтрации жидкости, пользуясь справочной литературой и вычислительной техникой.

У 3. Использовать гидравлические устройства и установки в производстве.

Знания

З 1 Основные физические свойства жидкостей, принцип действия приборов для определения плотности и вязкости.

З 2 Единицы измерения, свойства, виды гидростатического давления, основное уравнение гидростатики, приборы для измерения давления.

З 3 Действие давления на различные стенки.

З 4 Геометрический и энергетический смысл уравнения Бернулли, его практическое применение.

З 5 Принцип действия приборов для измерения скорости и расхода жидкости.

З 6 Методику определения линейных, местных и суммарных потерь напора (давления) при различных режимах движения.

Внимание! Если в процессе подготовки к лабораторным работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя или посмотреть на двери его кабинета.

Желаем Вам успехов!!!

1 Правила поведения и техника безопасности при проведении лабораторных работ

К проведению демонстрационных и лабораторных опытов по УД «Гидравлика» допускаются педагогические работники, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья.

Лица, допущенные к проведению демонстрационных и лабораторных опытов по УД «Гидравлика», должны соблюдать правила внутреннего распорядка, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.

При проведении лабораторных работ УД «Гидравлика» необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

О каждом несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить администрации учреждения. При неисправности оборудования, приспособления или инструмента прекратить работу и сообщить администрации учреждения.

Лица, допустившие невыполнение или нарушение инструкции по охране труда, привлекаются к дисциплинарной ответственности в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и, при необходимости, внеочередной проверке знания норм и правил охраны труда.

Требования охраны труда перед началом работы

Тщательно проветрить помещение лаборатории гидравлики.

В каждой лабораторной работе использовать сборник методических указаний в соответствии с изучаемой дисциплиной и в соответствии с методическими указаниями к работе.

Требования охраны труда во время работы

При работе с приборами из стекла применять стеклянные трубки с оплавленными краями, правильно подбирать диаметры резиновых и стеклянных трубок при их соединении, а концы смачивать водой,

глицерином или смазывать вазелином.

Отверстие пробирки или горлышко колбы при нагревании в них жидкостей направлять от себя и студентов, не допускать резких изменений температуры и механических ударов.

Запрещается брать приборы с горячей жидкостью незащищенными руками, а также закрывать сосуд с горячей жидкостью притертой пробкой до его остывания. Во время выполнения работ на установке, во избежание поломки стекол пьезометров и другой стеклянной гарнитуры не допускать резких движений, не выворачивать и не трогать штуцеры на трубопроводах, не производить замену стеклянных пьезометров. Следить за наполнением напорных емкостей не допуская их переливания. Операции по открыванию и закрыванию вентилей производить плавно, без рывков. Включение и отключение гидравлических систем производить только сухими руками.

Не оставлять без присмотра включенные в сеть электрические устройства и приборы

Требования охраны труда в аварийных ситуациях

При проведении демонстрационных и лабораторных опытов по гидравлике возможно воздействие на работающих и студентов следующих опасных и вредных производственных факторов:

- термические ожоги при нагревании жидкостей и различных физических тел порезы рук при небрежном обращении с лабораторной посудой и приборами из стекла;

- возникновение пожара при неаккуратном обращении с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями.

Лаборатория гидравлики должна быть укомплектована медицинской аптечкой с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.

При проведении демонстрационных и лабораторных опытов по гидравлике необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

О каждом несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить администрации учреждения. При неисправности оборудования, приспособлении и инструмента прекратить работу и сообщить администрации учреждения.

При обнаружении неисправности в работе электрических устройств, немедленно прекратить работу и отключить источник электропитания. Работу продолжать только после устранения неисправности. При коротком замыкании в электрических устройствах и их загорании, немедленно отключить их от сети, эвакуировать студентов из кабинета, сообщить о пожаре в ближайшую пожарную часть и приступить к тушению очага возгорания с помощью углекислотного огнетушителя или песком. При разливе легковоспламеняющейся жидкости и ее загорании, удалить студентов из кабинета, сообщить о пожаре в ближайшую пожарную часть и приступить к тушению очага возгорания с помощью первичных средств пожаротушения. В случае если разбилась лабораторная посуда или приборы из стекла, не собирать их осколки незащищенными руками, а использовать для этой цели щетку и совок. При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить об этом администрации учреждения, при необходимости отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

Требования охраны труда по окончании работы

После окончания выполнения лабораторной работы необходимо отключить электрические устройства и приборы от источника электропитания, проветрить помещение аудитории «Гидравлика и теплотехника».

2 Первая помощь при несчастных случаях

Первая помощь при ушибах и ранениях глаз

В первую очередь необходимо остановить кровотечение (жгут, пережатие сосуда, давящая повязка). Если рана загрязнена, грязь удаляется только вокруг, но ни в коем случае не из глубинных слоев раны. Кожу вокруг раны обеззараживают йодной настойкой или раствором бриллиантовой зелени и обращаются в медпункт.

Если после наложения жгута кровотечение продолжается, на рану накладывают стерильный тампон, смоченный 3% – ным раствором пероксида водорода, затем стерильную салфетку и туго бинтуют. Если повязка намокает от проступившей крови, новую накладывают поверх старой.

Первая помощь при ушибах – покой. На область ушиба накладывают давящую повязку и холод (например, лед в полиэтиленовом мешочке). Ушибленному органу придают возвышенное положение.

При небольшом ранении стеклом убрать осколки раны, продезинфицировать спиртом или йодом, забинтовать.

При ушибах головы пострадавшему обеспечивают полный покой и вызывают «скорую помощь».

Инородные тела, попавшие в глаз, разрешается удалить влажным тампоном. Затем промывают глаз водой из фонтанчика не менее 7-10 мин. Для подачи воды можно также пользоваться чайником или лабораторной промывалкой.

При попадании в глаза едких жидкостей его промывают водой, как указано выше, затем раствором уксусной кислоты или гидрокарбоната натрия, в зависимости от характера попавшего вещества.

После заключительного ополаскивания глаза чистой водой под веки необходимо ввести 2 – 3 капли 30% – ного раствора альбумида и направить пострадавшего в медпункт.

Помощь при отравлениях

Отравление кислотами: выпить 4-5 стаканов теплой воды и вызвать рвоту, после этого сделать два промывания желудка чистой теплой водой. Общий объем жидкости – не менее 6 л. При попадании внутрь концентрированных кислот и при потере сознания запрещается вызывать искусственную рвоту, применять карбонаты и гидрокарбонаты как противоядие (вместо оксида магния). В случае необходимости вызвать врача.

Отравление щелочами: выпить 4-5 стаканов теплой воды и вызвать рвоту, затем выпить столько же водного раствора уксусной кислоты с массовой долей вещества 2%. После этого сделать два промывания чистой теплой водой.

Отравление фенолом: выпить 4-5 стаканов теплой воды и вызвать рвоту, затем выпить столько же розового раствора перманганата калия и снова вызвать рвоту. Третье промывание сделать водным раствором этанола с массовой долей вещества 5% (объем не менее 1 л).

Отравление парами брома: дать нюхать с ватки нашатырный спирт (водный раствор аммиака с массовой долей вещества 10%), затем промыть слизистые оболочки носа и горла водным раствором гидрокарбоната натрия с массовой долей вещества 2%.

Отравление газами: чистый воздух и покой, в тяжелых случаях – кислород.

Первая помощь при ожогах

Ожоги: при любом ожоге запрещается пользоваться жирами для обработки обожженного участка. Запрещается также применять красящие вещества (растворы перманганата калия, бриллиантовой зелени, йодной настойки).

При термическом ожоге легкой степени охладить любым способом для уменьшения отека и снятия боли;

Ожог первой степени обрабатывают этиловым спиртом и накладывают сухую стерильную повязку.

При термическом ожоге тяжелой степени накрыть сухой стерильной тканью, для обезболивания применить сухой холод, дать обезболивающее и отправить в больницу;

Затем при ожоге кислотой обмыть 2%-ным раствором пищевой соды, при ожоге щелочью обмыть 1%-ным раствором уксусной кислоты, в обоих случаях наложить повязку, смоченную этиловым спиртом.

При ожогах негашеной известью запрещается пользоваться водой для удаления вещества: снимать известь с кожи следует пинцетом или тампоном, смоченным минеральным или растительным маслом. После удаления с кожи вещества пораженный участок обмывают 2%-ным раствором уксусной кислоты или гидрокарбоната натрия такой же концентрации, затем ополаскивают водой и накладывают повязку с риванолом или фурацилином.

Йод и жидкий бром удаляют с кожи этиловым спиртом и накладывают примочку из 5%-ного раствора гидрокарбоната натрия. В случае ожога бромом немедленно обратиться в медпункт.

Во всех случаях оказания первой медицинской помощи следует обратиться в медицинское учреждение.

3 Порядок выполнения лабораторных работ

1 Студент должен прийти на лабораторное занятие подготовленным по данной теме.

2 Студент должен знать правила по технике безопасности при работе в аудитории.

3 После проведения работы студент представляет письменный отчет.

4 Отчет о проделанной работе следует выполнять в общей тетради для лабораторных работ в клетку. Содержание отчета указано в описании лабораторной работы.

5 Студент должен перед выполнением работы ознакомиться с описанием и порядком выполнения работы.

6 Выполнить описание опыта и необходимые к нему расчеты в тетради для лабораторных работ.

7 Привести в порядок рабочее место, сдать его дежурному.

8 Сдать тетрадь с выполненными в полном объеме отчетами и расчетами преподавателю для проверки.

По результатам защиты лабораторных работ студент допускается к экзамену.

4 Защита лабораторной работы

1 Представление преподавателю лабораторной тетради с полностью оформленной работой и проверка ее преподавателем.

2 Собеседование с преподавателем по теории, а также ответы на контрольные вопросы в конце каждой лабораторной работы. Если среди контрольных заданий есть уравнения и задачи, то они должны быть выполнены в письменной форме в тетради.

3 Сдать работу преподавателю (т.е. защитить ее на оценку) можно на том же занятии, на котором она выполнялась. Если оформление работы требует дополнительного времени, то защита выполненной лабораторной работы проводится на консультации.

4 При подготовке лабораторной работы к защите следует повторить соответствующие разделы по конспекту лекций и учебнику.

По результатам защиты лабораторной работы выставляется оценка.

5 Требования к оформлению отчетов по лабораторным работам

1 Указываются номер и название работы.

2 Указывается цель работы.

3 Описывается устройство для проведения опыта.

4 Зарисовываются рисунки и схемы к задаче (если таковые имеются).

5 Описывается ход работы по пунктам.

6 Выполняется обработка результатов опыта, построение графиков.

Делаются выводы.

6 Критерии оценки практической работы

Оценка	Критерии
«Отлично»	<p>1 Правильно выполнена работа в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов.</p> <p>2 Все опыты проведены в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью.</p> <p>3 Научно грамотно, логично описаны наблюдения и сформированы выводы из опыта. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, графики, чертежи, вычисления и сделаны выводы.</p> <p>4 Проявляются организационно-трудовые умения. Эксперимент осуществляется по плану с учетом техники безопасности и правил работы с материалами и оборудованием.</p>
«Хорошо»	<p>1 Опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений.</p> <p>2 Было допущено два-три недочета или более одной грубой ошибки и одного недочета.</p> <p>3 Эксперимент проведен не полностью или в описании наблюдений из опыта допущены неточности, выводы сделаны неполные.</p>
«Удовлетворительно»	<p>1 Работа выполняется правильно не менее, чем на половину, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы.</p> <p>2 Работа по началу опыта проведена с помощью преподавателя; или в ходе проведения опыта и измерений допущены ошибки в описании наблюдений, формулировании выводов.</p> <p>3 Допускает грубую ошибку в ходе эксперимента (в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с материалами и оборудованием), которая исправляется по требованию преподавателя.</p>
«Неудовлетво	<p>1 Выполнил работу не полностью и объем выполненной работы не позволяет сделать правильных выводов.</p>

рительно»	<p>2 Опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.</p> <p>3 В ходе работы и в отчете обнаружилось в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3»</p> <p>4 Допускает две и более грубые ошибки в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении, работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с веществами и оборудованием, которые не может исправить даже по требованию преподавателя.</p>
-----------	---

Желаем Вам успехов!!!

7 Лабораторные работы

7.1 Тема: Физические свойства жидкости. Вязкость.

Лабораторная работа №1:

Физические свойства жидкости. Вязкость.

Учебная цель:

- научиться определять плотность и вязкость исследуемой жидкости при помощи ареометра и вискозиметра полевого типа ВУ.

Перечень оборудования: ареометр, вискозиметр полевого типа ВУ, термометр.

Описание устройства:

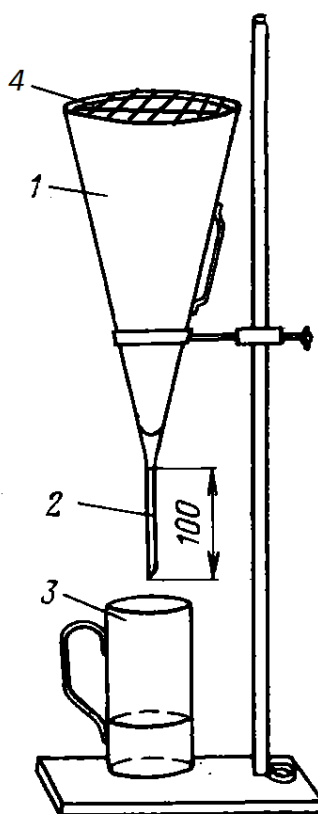


Рисунок 1 – Полевой вискозиметр

Вискозиметр состоит из мерной емкости 3 объемом 500см^3 (0,5 л) для взятия пробы исследуемой жидкости, воронки 1 объемом 700см^3 , калиброванного отверстия 2, фильтра-сетки 4.

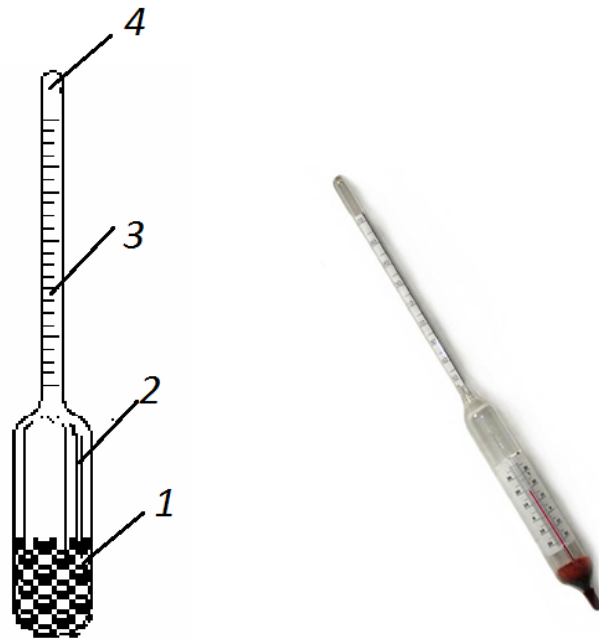


Рисунок 2 – Ареометр

Ареометр представляет собой стеклянную цилиндрическую ампулу, снабжённую длинным отростком – стержнем 4, на который нанесена шкала значений плотности 3. Нижняя часть ампулы заполнена балластом 1, которым служит металлическая дробь, залитая слоем смолы или сургуча. Балласт заставляет ареометр плавать в вертикальном положении. Если требуется измерить температуру исследуемой жидкости, в нижней части ареометра может находиться термометр 2.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится по описанию и в натуре с приборами (рис. 1, рис 2).
2. Перед проведением опыта определить температуру жидкости термометром.
3. Определить плотность исследуемой жидкости и воды в отдельных емкостях, погружая ареометр в емкости с жидкостью. Записать показания ареометра $\rho_{ж}$, $\rho_{в}$.
4. При помощи мерника исследуемую жидкость и воду поочередно залить в отдельные вискозиметры (воронки).

5. Затем поднятием стопорного стержня открыть отверстие в воронке и по секундомеру отметить время $t_{ж}$ истечения 500 см^3 объема исследуемой жидкости, а затем и воды $t_{в}$, с. Записать показания $t_{ж}$, $t_{в}$, с.

6. По отношению $\frac{t_{ж}}{t_{в}}$ определить относительную вязкость в условных градусах Энглера ($^{\circ}E$).

По стандарту единица измерения относительной вязкости называется градусом условной вязкости (обозначается $^{\circ}ВУ$), который численно равен градусу Энглера ($^{\circ}E$).

7. Перевод градусов условной вязкости ($^{\circ}ВУ$) в единицы кинематической вязкости $\text{м}^2/\text{с}$ (в СИ) или стокс ($1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$) производится по формуле Убеллоде, Ст; $\text{м}^2/\text{с}$

$$v_{ж} = 0,0731 \cdot \text{ВУ} - \frac{0,0631}{\text{ВУ}}, \text{ Ст}$$

$$v_{ж} = \left(0,0731 \cdot \text{ВУ} - \frac{0,0631}{\text{ВУ}} \right) \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}$$

7. Сравнить полученные результаты опытных значений кинематической вязкости жидкости со стандартными по таблице 1, приложение 1.

8. Определить кинематическую вязкость воды при атмосферной давлении по формуле Пуазейля, $\text{м}^2/\text{с}$

$$v_{в} = \frac{0,0178}{1+0,0337 \cdot t+0,000221 \cdot t^2} \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}$$

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Физические свойства жидкости. Вязкость

Плотность и удельный вес.

К основным физическим свойствам жидкостей следует отнести те её свойства, которые определяют особенности поведения жидкости при её движении. Такими являются свойства, характеризующие концентрацию жидкости в пространстве, свойства, определяющие процессы деформации жидкости, определяющие величину внутреннего трения в жидкости при её движении, поверхностные эффекты.

Важнейшим физическим свойством жидкости, определяющим её концентрацию в пространстве, является плотность жидкости. Под плотностью жидкости понимается масса единицы объёма жидкости:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad \text{кг/м}^3$$

где: m - масса жидкости, кг

V - объём, занимаемый жидкостью, м³.

В международной системе единиц СИ масса вещества измеряется в кг, объём жидкого тела в м³, тогда размерность плотности жидкости в системе единиц СИ - кг/м³. В системе единиц СГС плотность жидкости измеряется в г/см³.

Величины плотности реальных капельных жидкостей в стандартных условиях изменяются в системе единиц СИ в широких пределах от 700 кг/м³ до 1800 кг/м³, а плотность ртути достигает 13550 кг/м³, плотность чистой воды составляет 998 кг/м³. В системе единиц СГС пределы изменения плотности жидкости от 0,7 г/см³ до 1,8 г/см³, плотность чистой воды 0,998 г/см³.

О плотности жидкости косвенно можно судить по весовому показателю, - удельному весу жидкости.

Под удельным весом жидкости (газа) понимается вес единицы объёма жидкости (газа):

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

где:

G вес жидкости (газа),

V объем, занимаемый жидкостью (газом).

Связь между плотностью и удельным весом жидкости такая же как и между массой тела и её весом:

$$\gamma = \rho g, \text{Н/м}^3$$

Размерность удельного веса жидкости в системе единиц СИ н/м^3 , удельный вес чистой воды составляет 9810 н/м^3 . Аналогично вводится понятие об относительном удельном весе жидкости,

На практике величина плотности жидкости определяется с помощью простейшего прибора - ареометра. По глубине погружения прибора в жидкость судят о её плотности.

Удельный объем U – это объем жидкости V , занимаемый единицей ее массы m , величина обратная плотности:

$$U = \frac{V}{m} \text{ или } \frac{1}{\rho}, \quad \text{м}^3/\text{кг}$$

Капельные жидкости относятся к категории плохо сжимаемых тел. Причины незначительных изменений объёма жидкости при увеличении давления очевидны, т.к. межмолекулярные расстояния в капельной жидкости малы и при деформации жидкости приходится преодолевать значительные силы

отталкивания, действующие между молекулами, и даже испытывать влияние сил, действующих внутри атома. Тем не менее, сжимаемость жидкостей в 5 - 10 раз выше, чем сжимаемость твёрдых тел, т.е. можно считать, что все капельные жидкости обладают упругими свойствами.

Оценка упругих свойств жидкостей может осуществляться по ряду специальных параметров.

Коэффициент объёмного сжатия жидкости представляет собой относительное изменение объёма жидкости при изменении давления на единицу. По существу это известный закон Гука для модели объёмного сжатия:

$$\beta_V = -\frac{1}{V} * \frac{\Delta V}{\Delta P}, \quad \text{Па}^{-1}$$

где: V - начальный объём жидкости (при начальном давлении), м^3 ,

ΔV – изменение объёма,

ΔP – изменение давления.

Считается, что коэффициент объёмного сжатия жидкости зависит с достаточно большой точностью только от свойств самой жидкости и не зависит от внешних условий.

Единица измерения коэффициента объёмного сжатия — единица на паскаль (1/Па).

Величину, обратную коэффициенту объёмного сжатия ($K=1/\beta_V$), называют **модулем объёмной упругости** жидкости.

Единица измерения модуля объёмной упругости — паскаль (Па). Модуль упругости, как и коэффициент сжимаемости, не постоянен. Он изменяется в зависимости от температуры и давления. Для нефтепродуктов модуль объёмной упругости в среднем можно принимать равным 1,35 ГПа, для буровых растворов — 2,5 ГПа, для воды — 2 ГПа.

Как уже отмечалось, ввиду малой сжимаемости жидкостей и ничтожного влияния ее на рассматриваемые в гидравлике явления, при гидравлических

расчетах сжимаемостью жидкостей обычно пренебрегают. Жидкости считают практически несжимаемыми, за исключением отдельных случаев (например, при гидравлическом ударе).

Температурное расширение. Изменение объема жидкости при повышении температуры (температурное расширение) характеризуется **коэффициентом температурного расширения β_t** , выражающим относительное изменение объема жидкости ($\Delta V/V$) при увеличении ее температуры на 1°C :

$$\beta_t = -\frac{1}{V} * \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad \text{C}^{-1}$$

где: V - начальный объём жидкости (при начальном давлении), м^3 ,

ΔV – изменение объема,

Δt – изменение температуры.

Измерения коэффициента температурного расширения – единица на градус Цельсия ($1/^\circ\text{C}$).

Коэффициент температурного расширения для несжимаемых жидкостей ничтожно мал (например, для воды при температуре от 10 до 20°C и давлении $0,1$ Мпа $\beta_t=0,00015$ $1/^\circ\text{C}$).

Вязкость – это свойство реальных жидкостей оказывать сопротивление сдвигу, т. е. перемещению одного ее слоя относительно другого, что объясняется наличием сил сцепления между частицами.

Вязкость вызывает внутреннее трение во всем объеме движущейся жидкости и рост энергозатрат на транспортировку нефтепродуктов.

С повышением температуры вязкость капельных жидкостей уменьшается, а газов увеличивается, т. к. хаотичность движения молекул и число их соударений возрастают и внутреннее трение увеличивается.

Давление не оказывает значительного влияния на величину вязкости и обычно в технических расчетах не учитывается.

Жидкости, у которых при низких температурах вязкость обнаруживает в состоянии покоя называется **аномальными, неньютоновскими**.

К ним относятся буровые растворы, высокопарафинистые нефти, смолы и др.

Для расчета силы трения в движущейся жидкости используют закон Ньютона. Жидкости, удовлетворяющие этому закону, называют **ньютоновскими** (вода, воздух, спирт, и др.).

Закон трения Ньютона формулируется так:

- силы внутреннего трения пропорциональны площади соприкасающихся слоев жидкости, относительной скорости их скольжения, зависят от рода и не зависят от давления

$$F = \mu S * \frac{\Delta u}{\Delta n}, \text{ Н}$$

где: μ – коэффициент динамической вязкости (динамическая вязкость), Па·с;

F – сила внутреннего трения, Н;

S – площадь соприкасающихся слоев жидкости, м²;

Δu – разность линейных скоростей в соприкасающихся слоях жидкости, м/с;

Δn – расстояние между слоями по нормали к движению жидкости, м;

$\Delta u/\Delta n$ – скорость сдвига (градиент скорости), 1/с;



Рисунок 3 – Движение потока жидкости

Динамическая вязкость μ (мю) характеризует данную жидкость и выражает силу внутреннего трения $F(N)$ приходящуюся на единицу площади соприкасающихся слоев $S(m^2)$ при скорости сдвига один метр в секунду:

$$\mu = \tau \frac{\Delta u}{\Delta n}, \quad \text{Па} \cdot \text{с}$$

В системе СГС единицей динамической вязкости является пуаз П; сотая часть пуаза называется сантипуазом сП:

$$1 \text{Па} \cdot \text{с} = 10 \text{П} = 1000 \text{сП}$$

В практических расчетах чаще пользуются **кинематическим коэффициентом вязкости**, представляющим собой отношение динамической вязкости к плотности жидкости ν (ни):

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad \frac{m^2}{c},$$

В системе СГС единицей кинематической вязкости является стокс, Ст; сотая часть стокса называется сантистоксом, сСт:

$$1 \frac{m^2}{c} = 10^4 \text{Ст} = 10^6 \text{сСт}$$

условная вязкость

$$\text{ВУ} = \frac{T_{и}}{T_{с}}, \quad ^{\circ}\text{Е}$$

Условная вязкость измеряется вискозиметрами, измеряется в градусах Энглера.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение плотности.
- 2 Дайте определение удельного веса.
- 3 Дайте определение удельного объема.
- 4 Дайте определение коэффициента объёмного сжатия.
- 5 Дайте определение температурного расширения.
- 6 Дайте определение вязкости.
- 7 Объясните зависимость вязкости жидкости от температуры.
- 8 Назовите виды вязкости и приведите их единицы измерения в "СИ".
- 9 Дайте определение условной (относительной) вязкости, напишите формулу Убеллоде.
- 10 Назовите приборы для измерения вязкости.
- 11 Назовите приборы для измерения плотности.
- 12 Объясните принцип работы ареометра и пикнометра.
- 13 Объясните принцип работы вискозиметра Энглера.
- 14 Объясните принцип работы вискозиметра Оствальда – Пинкевича.
- 15 Объясните принцип работы вискозиметра с падающим шариком.
- 16 Объясните принцип работы ротационного вискозиметра.

7.2 Тема: Основы гидродинамики и уравнения движения жидкости

Лабораторная работа №2:

Основы гидродинамики и уравнения движения жидкости

Учебная цель:

- научиться построению пьезометрической и напорной линии.

Перечень оборудования: гидравлический стенд ТМЖ-2, модуль №5

Описание устройства:

Конструкция и описание принципиальной схемы гидравлического универсального стенда типа ТМЖ-2 представлены в приложении №5

Порядок выполнения работы:

1 убедиться в готовности стенда к проведению лабораторной работы;

2 установить исследуемый модуль №5 в кронштейны, подсоединив левый конец модуля к рукаву напорного бака, правый к игольчатому вентилю 8;

3 подключить штуцеры модуля с 1 по 11 гибкими трубками к штуцерам переходной колодки пьезометров;

4 установить одинаковый уровень в пьезометрических трубках ("нулевое положение"), для чего трубки КД и КП временно освобождаются от зажимов и вновь пережимаются (после манипуляции открытия-закрытия вентиля 8);

5 Работа с ротаметром P2:

- включить электронасос и открыть ventиль 2 (одновременно);

- регулируя степень открытия вентиля 2, установить расход жидкости по шкале ротаметра P2 на отметке 60;

- снять показания по шкале пьезометров для данного расхода P2;

- закрыть ventиль 2 (и открыть ventиль 3).

6 Работа с ротаметром P3:

- открыть ventиль 3;

- регулируя степень открытия вентиля 3, установить расход жидкости по шкале ротаметра P3 на отметке 60;

- снять показания по шкале пьезометров для данного расхода P3;

- закрыть вентиль **3** и выключить электронасос.

7 По данным показаний шкалы пьезометров № **1-11** составить таблицу (приложение 2, таблица 1)

8 Характеристика ротаметров и заданной высоте шкалы соответствующего ротаметра (**P2** и **P3**), определить расходы воды в системе Q_h , $\frac{\text{л}}{\text{ч}}$ во время проведения опыта (более точные значения расходов находятся методом линейного интерполирования), и объемный расход жидкости, $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$:

$$Q_{жр2} = \frac{Q_{hp2}}{1000 \cdot 3600}$$

$$Q_{жр3} = \frac{Q_{hp3}}{1000 \cdot 3600}$$

Так, как отношение диаметров d_1 и d_2 в сечениях модуля **5** равно **2** (данные завода – изготовителя), то можно принять $d_1 = 15\text{мм}$, $d_2 = 7,5\text{мм}$.

9 Определить скорости движения воды в различных сечениях модуля (при работе **P2** и **P3**) $\frac{\text{м}}{\text{с}}$:

$$\omega_1 = \frac{4Q_{ж}}{\pi d_1^2}$$

$$\omega_2 = \frac{4Q_{ж}}{\pi d_2^2}$$

10 Определить скоростные высоты (при работе **P2** и **P3**), м

$$h_{d_1} = \frac{\omega_1^2}{2g}$$

$$h_{d_2} = \frac{\omega_2^2}{2g}$$

11 По данным таблицы - построить два пьезометрических графика (приложение 3), на которые нанести значения скоростных высот, которые являются графиками гидродинамических напоров для реальной жидкости

После окончания работы со стендом обработать результаты опыта и построить график в соответствии с приложениями 2,3.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

УРАВНЕНИЕ БЕРНУЛЛИ

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости при установившемся движении имеет вид:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \omega_2^2}{2g} + h_n$$

где z - геометрическая высота (геометрический напор) - расстояние от плоскости отсчета до оси потока, м;

$\frac{p_1}{\rho g}$ - пьезометрическая высота, на которую поднимается жидкость в пьезометре под действие гидростатического давления, м;

$\frac{\alpha \omega^2}{2g}$ - скоростной напор (характеризует удельную кинематическую энергию),

т.е. разность показаний трубки Пито и пьезометра, м;

ω - средняя скорость в живом сечении потока, м/с;

α - коэффициент Кориолиса, характеризующий неравномерное распределение местных скоростей по живому сечению потока ($\alpha > 1$);

h_n - потери напора (характеризуют удельную энергию на преодоление сопротивлений на участке между выбранными сечениями);

$z + \frac{p}{\rho g}$ - пьезометрический напор, характеризует удельную потенциальную энергию, м.

Таким образом, уравнение Бернулли выражает закон сохранения энергии в потоке жидкости.

Если на участке потока уменьшается скорость (кинетическая энергия), то согласно уравнению Бернулли на этом участке должно соответственно возрасти давление (потенциальная энергия).

Геометрический смысл уравнения Бернулли легко уяснить по схеме распределения энергии вдоль потока жидкости.

Выражение (2) называют полным гидродинамическим напором (Н, м):

$$H = z + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \omega^2}{2g}$$

Уравнение Бернулли для реальной жидкости с точки зрения гидравлики может быть прочитано так:

- гидродинамический напор в сечении **1-1** потока жидкости равен гидродинамическому напору в сечении **2-2** плюс потери напора между этими сечениями

$$H_1 = H_2 + h_m.$$

Для идеальной жидкости линия $0^I - 0^I$ горизонтальна.

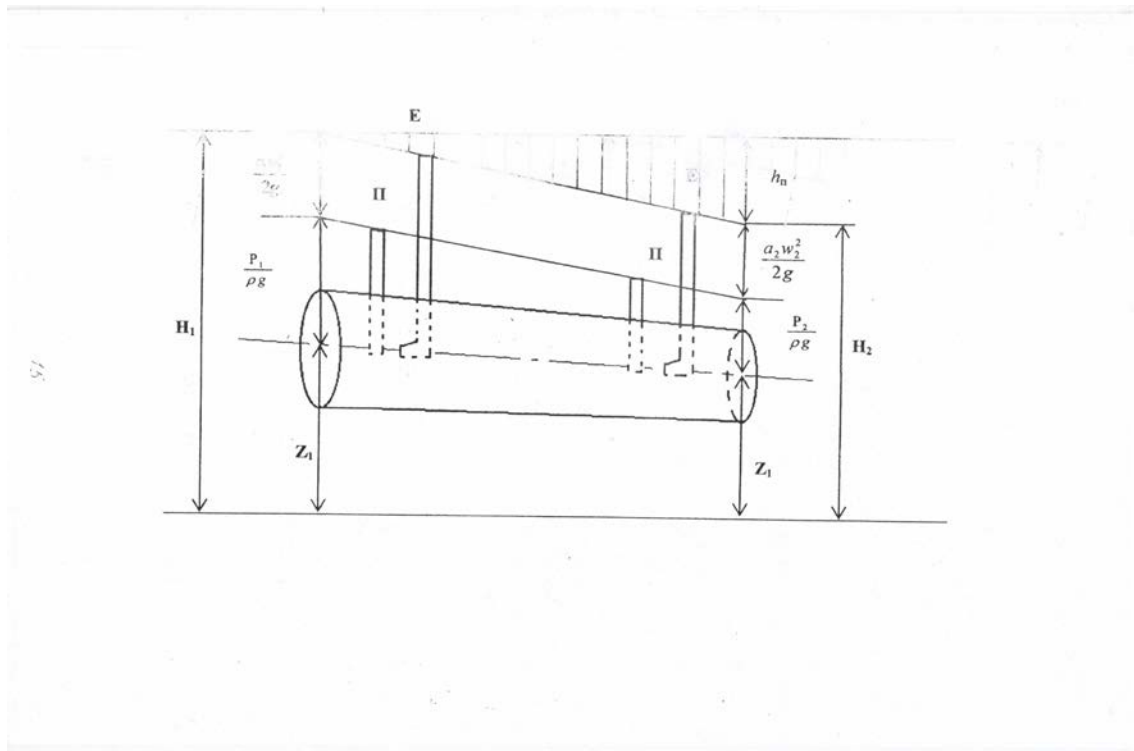
В реальной жидкости часть гидродинамического напора расходуется на преодоление сопротивления движению.

Линия $0^I_p - 0^I_p$ для реальной жидкости называется напорной и имеет только нисходящий наклон.

Потеря напора на единицу длины потока называется гидродинамическим уклоном

$$J = \frac{h_\ell}{\ell}$$

Представление об изменении давления вдоль потока дает пьезометрическая линия П-П.



Контрольные вопросы

- 1 Какой закон представляет собой уравнение Бернулли?
- 2 Какие параметры потока жидкости связывает между собой уравнение Бернулли?
- 3 Сформулируйте геометрический смысл уравнения Бернулли?
- 4 В чем отличие записи уравнения Бернулли для потока идеальной и реальной жидкости?

7.3 Тема: Основы гидродинамики и уравнения движения жидкости

Лабораторная работа №3:

Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса

Учебная цель:

- научиться определять ламинарный и турбулентный режим движения жидкости для практического расчета числа Рейнольдса

Перечень оборудования: гидравлический стенд ТМЖ-2, модуль №6

Описание устройства:

Конструкция и описание принципиальной схемы гидравлического универсального стенда типа ТМЖ-2 представлены в приложении №5

Порядок выполнения работы:

- убедиться в готовности стенда к проведению лабораторной работы в соответствии с правилами;

- установить исследуемый модуль №6 в кронштейны, подсоединив левый конец модуля к рукаву напорного бака, правый к игольчатому вентилю 8;

- подключить емкость с окрашенной жидкостью при помощи гибкой трубки к штуцеру модуля;

- перекрыть поток жидкости в стеклянной трубке модуля посредством закрытия вентиля 8.

1. Работа с ротаметром РЗ (при небольшой скорости движения жидкости):

1.1 включить электронасос;

1.2 установить расход жидкости по шкале ротаметра РЗ на отметке 3;

1.3 приоткрыть поток жидкости в установленном модуле игольчатым вентиляем 8;

1.4 отметить наблюдаемый результат.

2. Работа с ротаметром РЗ (при большой скорости движения жидкости):

2.1 установить расход жидкости по шкале ротаметра РЗ на отметке 6;

2.2 открыть поток жидкости в установленном модуле игольчатым вентилем 8;

2.3 отметить наблюдаемый результат;

3. Работа с ротаметром РЗ (переход от большей к меньшей скорости движения жидкости):

3.1 установить расход жидкости по шкале ротаметра РЗ на отметке 3;

3.2 приоткрыть поток жидкости в установленном модуле игольчатым вентилем 8;

3.3 отметить наблюдаемый результат;

3.4. выключить электронасос.

После окончания работы со стендом обработать результаты опыта в соответствии с приложением №4.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Режимы движения жидкости в трубопроводах

Наличие двух режимов движения жидкости было подтверждено английским физиком Рейнольдсом, который вводил в поток большого сечения подкрашенную жидкость по трубке малого диаметра. Скорость и расход потока регулировались вентилем.

В результате опыта было выявлено, что ера небольших скоростях, подкрашенная жидкость движется отчетливо тонкой струйкой, не смешиваясь с потоком неокрашенной жидкости.

При увеличении скорости течения, окрашенная струйка пульсирует, принимает волнообразные очертания, разрывается на отдельных участках, теряет отчетливую форму и, при каком-то определенном значении скорости, полностью разрывается и растворяется в потоке.

При проведении опыта в обратном порядке явления повторяются. Движение жидкости, наблюдаемое при малых скоростях, при котором отдельные струйки жидкости движутся

параллельно друг другу и оси потока, называется **ламинарным (параллельно-струйчатым)**. Ламинарное движение можно рассматривать, как движение отдельных слоев жидкости, происходящем без перемешивания частиц.

Вид движения жидкости, которое наблюдается при больших скоростях называется **турбулентным (вихревым режимом)**. Турбулентный режим не имеет видимой закономерности и представляет беспорядочный, хаотичный режим, при котором отдельные частицы перемешиваются между собой и движутся по изменяющимся траекториям сложной формы.

Однако *частицы любой жидкости могут участвовать, как в ламинарном, так и в турбулентном движении.*

Скорость, при которой нарушается ламинарное движение жидкости, называется **критической скоростью $W_{кр}$** , а наблюдающийся при этом режим называют **переходным (неустойчивым)**.

$$W_{кр} = \frac{4Q_{ж}}{\pi d^2} \text{ м/с}$$

где:

$Q_{ж}$ – объемный расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$;

d - диаметр трубопровода, м.

Для определения режима движения жидкости служит безразмерный параметр — **число Рейнольдса (критерий Re)**.

$$Re = \frac{W \cdot d}{\nu}$$

где:

W - средняя скорость потока м/с ;

d - диаметр трубопровода, м;

ν - кинематическая вязкость жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

Число $Re_{кр}$, при котором ламинарный режим переходит в турбулентный, называют критическим числом Рейнольдса, которое составляет 2320 ($Re_{кр} = 2320$)

При безнапорном движении жидкости число Рейнольдса определяют по формуле:

$$Re = \frac{w \cdot Rr}{\nu}, \quad \text{при } Re_{кр} = 580$$

где:

$Rr = \frac{d}{4}$ -гидравлический радиус для полностью заполненных цилиндрических труб, м.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение числа Рейнольдса?
2. Какой режим движения называется ламинарным?
3. Какой режим движения называется турбулентным?
4. Дайте определение критической скорости?
5. Чему равно критическое число Рейнольдса для трубопроводов?
6. Как определить число Рейнольдса при безнапорном режиме?
7. Чему равно критическое число Рейнольдса при безнапорном движении?

Список использованных источников

Основные источники:

1. Ухин Б.В. Гусев А.А. Гидравлика М.:Инфра-М, 2013 г.
2. Брюханов О.Н., Мелик-Аракелян А.Т. , Коробко В.И. Основы гидравлики и теплотехники М.:Академа, 2004 г.
3. Робинович Е.З. Евгенийев А.Е. Гидравлика М.:Недра, 1987 г.
4. Филин В.М. Гидравлика. Пневматика. И Термодинамика. М.:ИД «Форум»: Инфра-М, 2008 г.
5. Евгенийев А.Е. Крупеник А.П. Гидравлика М.,Недра, 1993 г.
6. Гулак И.А. Задачи по гидравлике М.,Недра, 1972 г.
7. Жабо В.В. Уваров В.В. Гидравлика и насосы М.,Энергоатомиздат, 1984 г.

Дополнительные источники:

1. Караев М.А. Гидравлика буровых насосов М.:Недра 1983 г.
2. Башлык С.М., Загибайло Г.Т., Зайонц О.Л. Лабораторный практикум по основам гидравлики и промывочным жидкостям М.:Недра 1987 г.
3. Альтшуль А.Д. и др. Примеры расчетов по гидравлике Киев, Техника 1976 г.
4. Егорушкин В.Е. Чеплович Б.Н. Основы гидравлики и теплотехники М.:Машиностроение 1981 г.
5. Ерохин В.Г. Маханько М.Г. Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники М., Энергия 1970 г.
6. Черняк Д.В. Рыбчинский Г.В. Основы гидравлики и теплотехники М., высшая школа, 1979 г.
7. Розенберг Г.Д. и др. Сборник задач по гидравлики и газодинамики для нефтяных вузов М., Недра, 1990 г.
8. Жабо В.В. Уваров В.В. Гидравлика и насосы М., Энергоатомиздат, 1984 г.

Приложение 1

Таблица 1 - Пересчет условной вязкости в кинематическую (стандартные значения)

°ВУ	$10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$	°ВУ	$10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$	°ВУ	$10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$	°ВУ	$10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$
1,0	1,0	2,0	11,4	4,0	28,4	8,0	59,0
1,1	2,0	2,2	13,5	4,25	30,4	8,5	62,0
1,2	3,0	2,4	15,2	4,5	32,4	9,0	66,6
1,3	5,1	2,6	17,0	4,75	34,2	10,0	74,0
1,4	6,02	2,8	18,7	5,0	36,2	11,0	81,0
1,5	7,3	3,0	20,4	5,5	40,0	12,0	80,0
1,6	8,3	3,2	22,0	6,0	43,8	13,0	96,0
1,7	9,4	3,4	25,3	6,5	47,6	14,0	104,0
1,8	10,4	3,6	26,9	7,0	51,5	15,0	111,0

Таблица 2 - Значение кинематической вязкости воды ν $\text{м}^2/\text{с}$ в зависимости от $t^\circ\text{C}$

$t^\circ\text{C}$	$\text{м}^2/\text{с}$
0	$0,00000178 \approx 1,8 \cdot 10^{-6}$
5	$0,00000152 \approx 1,5 \cdot 10^{-6}$
10	$0,00000131 \approx 1,3 \cdot 10^{-6}$
12	$0,00000124 \approx 1,2 \cdot 10^{-6}$
15	$0,00000114 \approx 1,1 \cdot 10^{-6}$
20	$0,00000101 \approx 1,0 \cdot 10^{-6}$

Таблица 1 - Показания пьезометров № 1-11

№ Пьезометров	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ротамер 2											
Ротамер 3											

График 1 – Показания пьезометров 1-11 (мм.вод.ст) для ротаметров Р2 и Р3

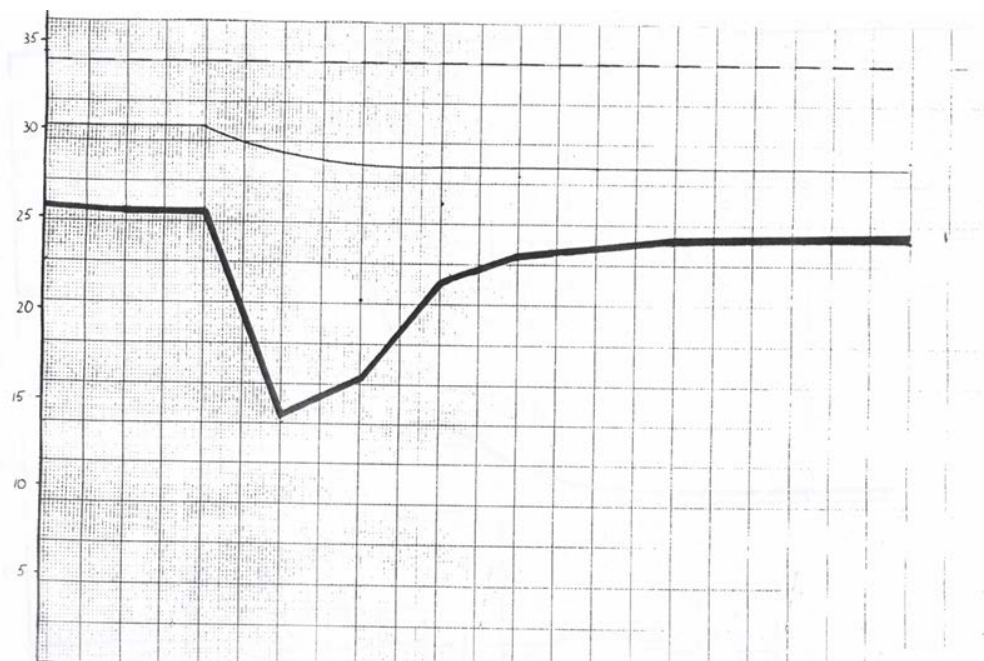


График 2 – Зависимость скоростной высоты от показаний пьезометров 1-11(мм.вод.ст)

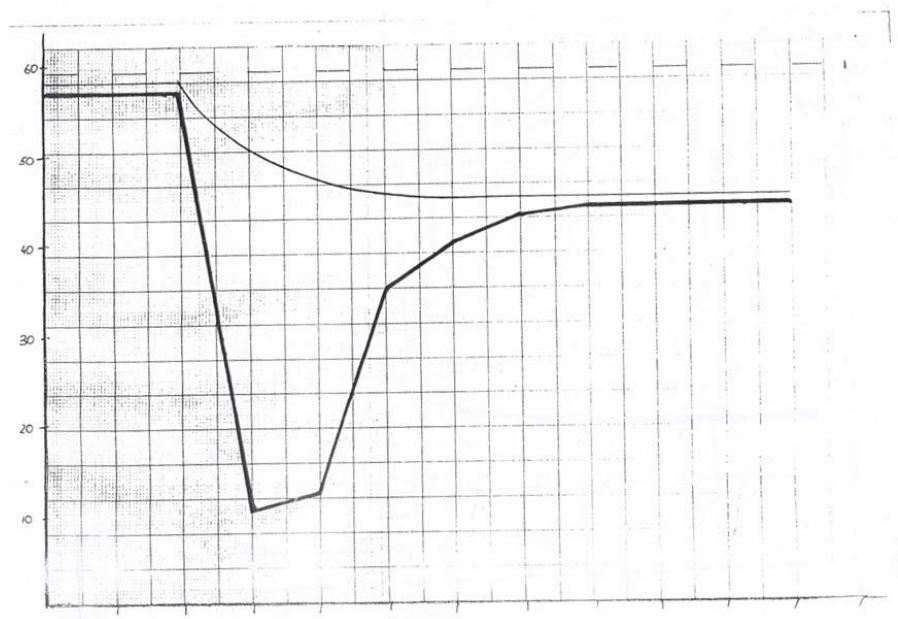


Таблица 1 - Результаты измерений

№п/п	Наблюдаемый режим движения	Характеристика режима движения (описать, зарисовать схематично)	Обработка полученных данных
1			$Q_1 =$ $W_1 =$ $Re_1 =$
2			$Q_2 =$ $W_2 =$ $Re_2 =$
3			$Q_3 =$ $W_3 =$ $Re_3 =$

СХЕМА СТЕНДА ТМЖ-2

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист



М.В. Отс

Методист по ИТ



Т.А. Сергеева