

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

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
«Процессы и аппараты»
общепрофессионального цикла
программы подготовки специалистов среднего звена
18.02.09 Переработка нефти и газа

Методические указания для выполнения лабораторных работ разработаны в соответствии рабочей программой учебной дисциплины «Процессы и аппараты» на основе ФГОС СПО по специальности 18.02.09 «Переработка нефти и газа» и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов лабораторных работ.

Сборник методических указаний по выполнению лабораторных работ адресован студентам очной формы обучения.

РАЗРАБОТЧИКИ:

Любовь Александровна Коростылева – преподаватель высшей категории

Александра Александровна Гарейшина – преподаватель высшей категории

Данные методические указания

являются собственностью

© ЧПОУ «Газпром техникум Новый Уренгой»

Рассмотрено на заседании ПЦК/кафедры и
рекомендовано к применению

Протокол № 5 от «10» 01 2017 г.

Председатель/заведующий

С.В. Р.В. Евдокимов И.О.Ф.

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

Регистрационный номер _____

198.МУ(Р).ПМ.01.09.КМС.001-14

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Содержание отчета.....	7
Критерии оценки лабораторной работы.....	8
Лабораторная работа 1 Экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли.....	21
Список использованных источников	
Лист согласования.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент!

Сборник методических указаний по выполнению лабораторных работ по учебной дисциплине «Процессы и аппараты» созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к лабораторным работам и 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 практической работы ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

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

Отчет о лабораторной работе Вы должны выполнить по приведенной форме, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по лабораторным работам необходимо для получения допуска к экзамену, 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 профессионального модуля. Освоенные на практических 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.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения лабораторных работ -

в ходе освоения учебной дисциплины «Охрана труда» и выполнения лабораторных работ у студента формируются *практический опыт и компетенции*:

ПК 1.2.Обеспечивать безопасную эксплуатацию оборудования и коммуникаций при ведении технологического процесса

ПК 1.3.Подготавливать оборудование к проведению ремонтных работ различного характера

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

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

ОК.8 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, 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 учебной дисциплине «Процессы и аппараты» 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, должны соблюдать правила внутреннего распорядка, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.

При проведении лабораторных работ учебной дисциплине «Процессы и аппараты» 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 знаний норм и правил охраны труда.

Требования охраны труда во время работы

При работе с приборами из стекла применять стеклянные трубы 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 притертоя 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 вентиляй 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 должна быть укомплектована медицинской аптечкой с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.

При проведении демонстрационных и лабораторных опытов по 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.

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 пропустившей 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 альбуцида и направить пострадавшего в медпункт.

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 питьевой соды, при ожоге щелочью обмыть 1%-ным раствором уксусной кислоты, в обеих 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 риванолем 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 ознакомится 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.

Требования к оформлению отчетов по лабораторным работам

Требования к порядку выполнения лабораторных работ:

1. Прежде чем приступить к работе обучающийся должен ознакомиться с методикой проведения расчетов.
2. Необходимо аккуратно письменно оформить выполненное задание по форме приведенной ниже в тетради для лабораторных работ.
3. Расчет необходимо вести с применением графиков, таблиц, справочных данных или ссылок на справочную литературу.
4. Работа засчитывается после устного ответа на контрольные вопросы и в случае неубедительности ответов студента, ещё и на вопросы по лекции соответствующей данной теме.
5. Контрольные вопросы даны в конце каждой лабораторной работы.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА СТУДЕНТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткое описание установки.
4. Замеры опытных величин.
5. Расчетная часть (на отдельном листе).
6. Таблицы – результаты опыта и расчета.
7. Графики.
8. Вывод.

5 Критерии оценки лабораторной работы

Таблицы 1 – Критерии оценки для лабораторных работ

Оценка	Критерии
«Отлично»	<ol style="list-style-type: none">Правильно выполнена работа в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности и требований к проведению опытов.Все опыты проведены в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью.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.Проявляются организационно-трудовые умения. Эксперимент осуществляется по плану с учетом техники безопасности и правил работы с материалами и оборудованием.
«Хорошо»	<ol style="list-style-type: none">Опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений.Было допущено два-три недочета или более одной грубой ошибки и одного недочета.Эксперимент проведен не полностью или в описании наблюдений из опыта допущены неточности, выводы сделаны неполные.
«Удовлетворительно»	<ol style="list-style-type: none">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.Работа по началу опыта проведена с помощью преподавателя; или в ходе проведения опыта и измерений допущены ошибки в описании наблюдений, формулировании выводов.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.

Продолжение таблицы I

Оценка	Критерии
«Неудовлетворительно»	<p>1. Выполнил работу не полностью и объем выполненной работы не позволяет сделать правильных выводов.</p> <p>2. Опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.</p> <p>3. В ходе работы и в отчете обнаружились 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>

Таблица 2 – Критерии оценки ответа на устные вопросы при защите лабораторной работы

Оценка	Критерии
«Отлично»	Выставляется студенту, глубоко и прочно усвоившему программный материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающему, в свете которого тесно увязывается теория с практикой. При этом студент не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с вопросами.
«Хорошо»	Выставляется студенту, твердо знающему программный материал, грамотно и по существу излагающего его, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения.

Продолжение таблицы 2

Оценка	Критерии
«Удовлетворительно»	Выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала.
«Неудовлетворительно»	Выставляется студенту, который не усвоил значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.

6 Критерии оценки лабораторной работы

Таблицы 1 – Критерии оценки для лабораторных работ

Оценка	Критерии
«Отлично»	<ol style="list-style-type: none">Правильно выполнена работа в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности и требований к проведению опытов.Все опыты проведены в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью.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.Проявляются организационно-трудовые умения. Эксперимент осуществляется по плану с учетом техники безопасности и правил работы с материалами и оборудованием.
«Хорошо»	<p>Опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений.</p> <ol style="list-style-type: none">Было допущено два-три недочета или более одной грубой ошибки и одного недочета.Эксперимент проведен не полностью или в описании наблюдений из опыта допущены неточности, выводы сделаны неполные.
«Удовлетворительно»	<ol style="list-style-type: none">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.Работа по началу опыта проведена с помощью преподавателя; или в ходе проведения опыта и измерений допущены ошибки в описании наблюдений, формулировании выводов.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.

Продолжение таблицы 1

Оценка	Критерии
«Неудовлетворительно»	<p>1. Выполнил работу не полностью и объем выполненной работы не позволяет сделать правильных выводов.</p> <p>2. Опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.</p> <p>3. В ходе работы и в отчете обнаружились 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>

Таблица 2 – Критерии оценки ответа на устные вопросы при защите лабораторной работы

Оценка	Критерии
«Отлично»	Выставляется студенту, глубоко и прочно усвоившему программный материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающему, в свете которого тесно увязывается теория с практикой. При этом студент не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с вопросами.
«Хорошо»	Выставляется студенту, твердо знающему программный материал, грамотно и по существу излагающего его, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения.

Продолжение таблицы 2

Оценка	Критерии
«Удовлетворительно»	Выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала.
«Неудовлетворительно»	Выставляется студенту, который не усвоил значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.

Лабораторная работа 1

Тема: Экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли.

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

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 трубы КД и КП временно освобождаются от зажимов и вновь пережимаются (после манипуляции открытия-закрытия вентиля 8);

5 Работа с ротаметром Р2:

- включить электронасос и открыть вентиль 2 (одновременно);
- регулируя степень открытия вентиля 2, установить расход жидкости по шкале ротаметра Р2 на отметке 60;
- снять показания по шкале пьезометров для данного расхода Р2;
- закрыть вентиль 2 (и открыть вентиль 3).

6 Работа с ротаметром Р3:

- открыть вентиль 3;
- регулируя степень открытия вентиля 3, установить расход жидкости по шкале ротаметра Р3 на отметке 60;
- снять показания по шкале пьезометров для данного расхода Р3;

- 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 , $\frac{л}{ч}$ во время проведения опыта (более точные значения расходов находятся методом линейного интерполирования), и объемный расход жидкости, $\frac{м^3}{с}$:

$$Q_{ж_{p2}} = \frac{Q_{h_{p2}}}{1000 \cdot 3600}$$

$$Q_{ж_{p3}} = \frac{Q_{h_{p3}}}{1000 \cdot 3600}$$

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

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

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

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

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

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

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

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 энергия вдоль потока жидкости.

Выражение (2) называют полным гидродинамическим напором (H , 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.

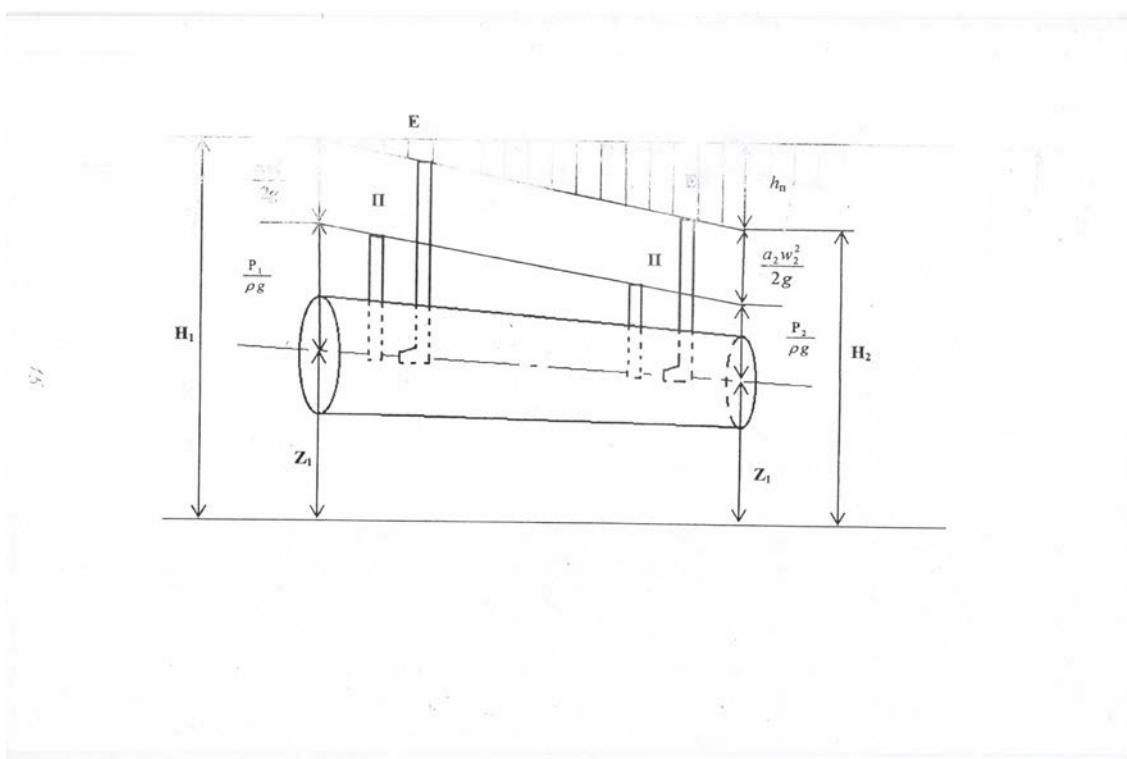
В реальной жидкости часть гидродинамического напора расходуется на преодоление сопротивления движению.

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?

Список использованных источников

- 1 Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб.пособие для вузов. М.: Альянс, 2007. 576 с.
- 2 Сугак А.В. Оборудование нефтеперерабатывающего производства: учеб.пособие. М.: Академия, 2012. 336 с.
- 3 Сарданашвили А.Г, Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа [Электронный ресурс]. М.: Химия, 1980. 261 с. Доступ из электронной б-ки «Нефть и газ».
- 4 Судаков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки [Электронный ресурс].Справочник. М.: Химия, 1975. 568 с. Доступ из электронной библиотеки «Нефть и газ».

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист

Лоне

М.В. Отс

Методист по ИТ

Сергеев -

Т.А. Сергеева