

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.Н. Сокольников
«___» июня 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

«Модернизация лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции»

Руководитель

ктн, доцент

О.Н. Петров

Выпускник

С.О. Верхотуров

Красноярск 2016

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме
«Модернизация лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции».

Консультанты по
разделам:

Экономическая часть

И.В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

Е.В. Мусяченко

Нормоконтролер

О.Н. Петров

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа студента С.О. Верхотурова на тему «Модернизация лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции» состоит из 60 листов расчетно-пояснительной записки, 20 использованных источников, 6 листов графического материала, из них – 3 в виде чертежей и 3 – в виде плакатов.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД, НАСОС, ТРУБОПРОВОД, ЖИДКОСТЬ, СЕТЬ, ХАРАКТЕРИСТИКА.

Объект исследования – лабораторный стенд.

Цель работы: модернизация стенда для его дальнейшего использования при обучении студентов.

В работе предлагается модернизация стенда путем установки второго насоса, с соответствующей трубопроводной обвязкой, с той целью чтобы у студентов появилась возможность выполнять лабораторные работы на тему последовательного и параллельного подключения насосов. Приведены необходимые расчеты, в том числе экономической эффективности.

Данный стенд позволит существо улучшить уровень практической подготовки студентов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Описание существующего лабораторного стенда.....	8
2 Техническое предложение	12
3 Модернизация лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции»..	13
3.1 Выбор основного оборудования и материалов	13
3.1.1 Насос.....	14
3.1.2 Трубопровод	15
3.1.3 Контрольно-измерительные приборы.....	18
3.1.4 Трубопроводная арматура.....	20
3.2 Гидравлическая схема	21
3.3 Монтаж и сварка.....	21
3.4 Испытание стенда	23
4 Расчеты гидравлических характеристик насосов	24
4.1 Определение гидравлических характеристик насоса.....	24
4.2 Определение характеристик сети	27
4.3 Совместная работа насосов на сеть.....	32
4.3.1 Параллельное соединение	34
4.3.2 Последовательное соединение.....	36
5 Экономическая часть	38
5.1 Расчет затрат на приобретение оборудования для модернизации и монтажа.....	39
5.1.1 Расчет затрат на приобретение оборудования для модернизации.....	39
5.1.2 Расчет затрат на монтаж оборудования	40

5.2 Расчет эксплуатационных затрат.....	41
5.2.1. Расчет затрат на текущий ремонт.....	41
5.2.2 Определение затраченного времени на разработку аппаратно – программного комплекса.....	42
5.2.3 Определение численности лаборантов	42
5.2.4 Расчет фонда оплаты труда лаборанта.....	43
5.2.5 Рассчитаем отчисление на обязательное социальное страхование	47
5.2.6 Расчет накладных расходов	47
5.2.7 Определим затраты на электроэнергию при работе стенда	47
6 Безопасность и экологичность проекта	49
6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов при проведении работ	49
6.2 Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ	50
6.3 Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования.....	51
6.4 Обеспечение безопасности технологического процесса	52
6.5 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности	52
6.6 Обеспечение безопасности при авариях и чрезвычайных ситуациях	54
Заключение	55
Список сокращений	56
Список использованных источников	57

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе процесс получения высшего технического образования требует особого подхода к обеспечению учебного процесса. Качественный подход позволяет подготавливать квалифицированные кадры, увеличить информативность занятий, а также способствовать развитию теоретических навыков учащихся. Поэтому без должного уровня оснащения технических лабораторий не обойтись. Для практической демонстрации преподавателем учебной информации принципов работы разнообразных систем необходимы лабораторные стенды. При проведении лабораторных работ, при проверке уровня знаний, а также степени усвоения нового материала, подобные установки незаменимы. Разработки и модернизации стендов ведутся с учетом современных технологий. Подобные установки позволяют наглядно показать, как происходят важнейшие процессы работы нефтегазового оборудования. На текущий момент времени лабораторных стендов, которые способны воспроизводить такие процессы в Институте Нефти и Газа не существует.

Целью данной работы является улучшение качества обучения студентов путем модернизации лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции», для дальнейшего использования в лаборатории Института Нефти и Газа. Лабораторный стенд способен обеспечить наглядное представление гидравлических процессов протекающих на реальной НПС, таких как байпасирование, дросселирование визуализировать режимы течения жидкости (ламинарный и турбулентный). Также на данном стенде можно рассмотреть режимы работы насосной станции (последовательно и параллельное подключение насосов). Стенд является технологически безопасным, обладает простотой конструкции, а также экономически целесообразен.

Для достижения поставленных целей необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить конструкцию нефтеперекачивающих станций, насосов, и трубопроводной арматуры;

- изучить основные гидравлические процессы, происходящие на нефтеперекачивающих станциях;
- подобрать материал и оборудование для лабораторного стенда и произвести расчет;
- рассчитать экономические затраты;
- провести закупку и монтаж оборудования;
- провести испытание и настройку;
- обеспечить безопасность лабораторного стенда при работе.

1 Описание существующего лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда имеющегося на данный момент входит.

Один насос самовсасывающий CAM 40/HL MARINA, предназначенный для перекачки жидкости по трубопроводу, представлен на рисунке 1.1. Перекачка происходит по замкнутому кругу, жидкость в насос поступает из гидробака, затем пройдя через трубопровод, вновь возвращается в гидробак.



Рисунок 1.1 – Насос самовсасывающий «CAM 40/HL MARINA»

Трубопровод прозрачный, который предназначен для транспортировки жидкости по стенду, с прохождением всех участков трубопровода, таких как байпас и лупинг, прозрачный трубопровод использован для наглядности, чтобы можно было увидеть, как течет жидкость и меняются режимы ее течения, представлен на рисунке 1.2.

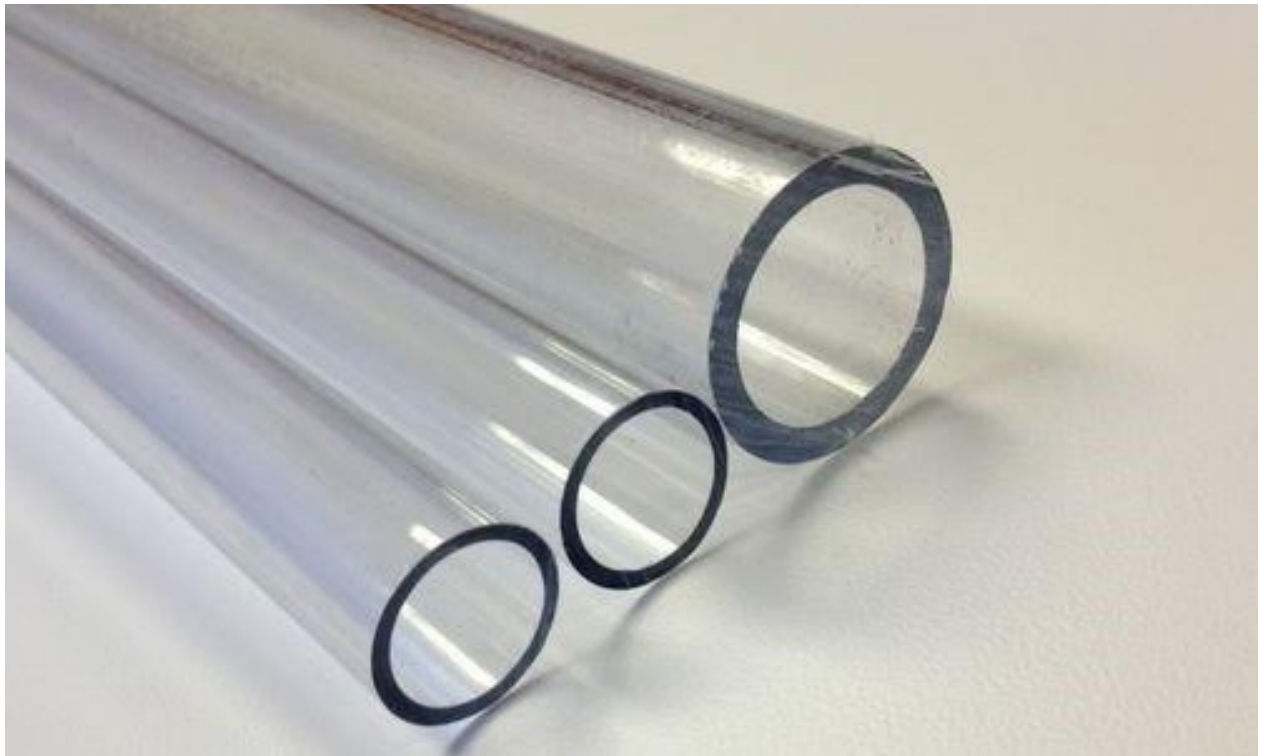


Рисунок 1.2 – Трубопровод ПВХ прозрачный

Гидробак, предназначен для хранения жидкости в данном случае воды, которая является рабочей жидкостью в данном стенде.

Фильтр грубой очистки, необходим для очистки воды от механических, нерастворимых частиц, продуктов коррозии, которые происходят в металлических частях арматуры и насоса, фильтрация происходит за счет прохождения жидкости через сеточку, при этом механические включения крупных размеров оседают на ней, представлен на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Фильтр грубой очистки

Контрольно-измерительные приборы, такие как расходомер и манометры.

Расходомер показывает, как изменяется расход жидкости в трубопроводной сети при реализации различных способов изменения ее характеристики, таких как байпасирование, дросселирование, представлен на рисунке 1.4.

Манометры, приборы необходимые для измерения давления. На данном стенде они показывают давление, на выходе из насоса, а также после дросселя, представлены на рисунке 1.5.



Рисунок 1.4 – Счетчик жидкости СВК-15Х «Gerrida»



Рисунок 1.5 – Манометр ТМ-310 «Росма»

Запорно-регулирующая арматура (ЗРА). В данном случае краны шаровые, являются запорной (гидробак – выход, вход а также слив) и запорно-

регулирующей арматурой (дроссель, а также байпас), представлен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Кран шаровой

2 Техническое предложение

Данный рабочий стенд позволяет производить лабораторные работы с байпасированием, дросселированием, определением рабочей точки при изменении характеристик насоса, также есть возможность применить частотное регулирование, однако возможности данного стенда не позволяют провести лабораторную работу по теме последовательного и параллельного подключения насосов и их совместной работы на сеть.

Задача состоит в том, что необходимо модернизировать стенд и дополнить его недостающим оборудованием, таким образом, чтобы не повлиять на уже имеющиеся возможности стенда пагубным образом.

Были произведены гидравлические расчеты, вследствие которых было выявлено, что данная сеть не выдерживает давление, создаваемое двумя насосами, поэтому было принято решение создать дополнительное сопротивление, путём установки дополнительных секций трубопровода (гармошки) за задней стенкой стенда. Гармошка состоит из сваренных между собой труб под углом 90 °, таким образом, получается зигзагообразная трасса, этим самым давление на выходе в гидробак значительно снижается, и тем самым снижаются все риски гидроудара и возможности прорыва трубопровода, а также выхода из строя арматуры.

3 Модернизация лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции»

Так лабораторный стенд «Режимы работы насосной станции» уже собран и успешно используется студентами для проведения практических занятий и лабораторных работ, оборудование понадобится только для модернизации текущего стенда.

3.1 Выбор основного оборудования и материалов

Лабораторный стенд «Режимы работы насосной станции» состоит из основного оборудования:

- насоса;
- трубопровода;
- запорной и регулирующей арматуры;
- контрольно-измерительных приборов.

Оборудование необходимо подбирать таким образом, чтобы можно было произвести беспрепятственную установку на уже имеющийся стенд, также нужно учесть необходимые технические характеристики. При этом оно должно

быть простым в эксплуатации, экономически целесообразным и быть нетребовательным в обслуживании.

3.1.1 Насос

Так как на стенде уже установлен один насос, то второй насос будет подбираться с характеристиками аналогичными первому насосу.

Насос должен удовлетворять определенным требованиям:

- питание электродвигателя 220 В;
- малые габаритные размеры;
- обладать самовсасывающей способностью;
- напором 40 м;
- иметь защиту от перегрузки;
- иметь класс защиты не ниже IP 44.

На основании этих требований был подобран насос: CAM 40/P MARINA. Он обладает точно такими же характеристиками, как и насос, установленный на стенде в данный момент. Технические характеристики представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика насосов

Техническая характеристика насоса	CAM 40/P MARINA [1]
Тип	Центробежный самовсасывающий
Мощность, Вт	800 Вт
Напор, м	42 м
Глубина всасывания, м	8 м
Производительность, л/мин	60 л/мин. = 3,6 м ³ /ч
Трубное соединение, мм	25 мм
Материал корпуса	Чугун

Окончание таблицы 3.1

Техническая характеристика насоса	CAM 40/P MARINA [1]
Максимальное давление, атм	4.2 атм
Диапазон допустимых температур жидкости, °С.	От 0 до 35 °С
Напряжение, В	230 В
Масса, кг	9.2 кг
Класс защиты по IP	IP 44
Страна изготовитель	Италия
Цена, р	7890 р

3.1.2 Трубопровод

Основная часть трубопровода к моменту модернизации стенда, была уже установлена. Необходимо было подобрать трубопровод с характеристиками, такими же, какие были предъявлены на стадии проектирования стенда, а именно:

- диаметр условного прохода 25 мм;
- доступный способ монтажа;
- допустимое давление на стенки больше 0.5 МПа.

Исходя из этих требований, за исключением прозрачных стенок, так как участки, на которых необходимы прозрачные стенки, изменению подвергаться не будут, была выбрана труб из полипропилена, с условным диаметром 25 мм, представлена на рисунке 3.1 [2].

Технические характеристики трубы полипропиленовой:

- допустимое давление на стенки 1,25 МПа;
- диаметр условный 25 мм;
- срок службы 30 лет;
- толщина стенки 3 мм [3].



Рисунок 3.1 – Труба полипропилен.

Для соединения арматуры и труб, была использована технология сварки полипропиленовых труб, при помощи специального сварочного аппарата. Данная технология хороша тем, что имеет высокий запас прочности, получается долговечное(срок службы равен сроку службы труб), не подверженное коррозии соединение, которое может работать в температурном диапазоне от - 20 °С до + 90 °С.

Свойства сварных фитингов:

- высокая антикоррозионная стойкость;
- устойчивость к перепадам температур;
- экологичность и гигиеническая безопасность;
- возможность соединения с трубами из других материалов;
- обладают малым весом, просты в монтаже;
- устойчивы к вибрации и гидроударам, не требуют подтяжки;
- износостойчивость и долговечность, срок службы около 50 лет;

- рабочее давление до 10 атм [2].

Таблица 3.2 – Перечень фитингов использованных в стенде для соединения между собой участков труб и арматуры.

Наименование фитинга	Рисунок	Присоединительный размер
Муфта соединительная для труб одного диаметра.		32 мм
Угольник для изменения направления трубопровода.		32 мм

Окончание таблицы 3.2

Наименование фитинга	Рисунок	Присоединительный размер
Муфта для перехода с полипропиленовой трубы на металлическую арматуру с наружной резьбой.		32 мм × 1"
Тройник для ответвления трубопровода.		32 мм

3.1.3 Контрольно-измерительные приборы

На данный момент контрольно-измерительные приборы лабораторного стенда включают в себя манометр и счетчик жидкости.

Для модернизации необходимо установить вакуумметр перед входом в насосы, чтобы измерить разницу давлений на входе и выходе, установить дополнительный расходомер, а также установить манометр перед заливной горловиной бака, чтобы узнать разницу давлений перед входом в участок повышенного сопротивления и после него.

Вакуумметр был подобран из учета всасывающей способности насосов, которые установлены на стенде. Таким образом, был подобран вакуумметр ТВ-310Р «Росма», представлен на рисунке 3.2 .



Рисунок 3.2 – Вакуумметр ТВ-310Р «Росма»

Технические характеристики манометра ТМ-310:

- диаметр корпуса – 63 мм;
- класс точности – 2,5;
- штуцер манометра - ¼” (ДУ-15) радиальный;
- межповерочный интервал – 2 года;
- корпус - IP40, стальной, цвет черный;
- диапазон измерений давления от -1 до 0 кг/см² [4].

Выбор расходомера был основан на подборе счетчика жидкости для учета малых расходов, данному требованию удовлетворил универсальный счетчик СВ-15Г фирмы «Meter» представлен на рисунке 3.3 [5].

Технические характеристики:

- диаметр условного прохода – 15 мм;
- номинальное давление – 10 bar;

- температура воды от 5 до 90 °С;
- максимальный расход – 3 м³/час.

Гарантийный срок эксплуатации счётчика 36 месяцев со дня введения его в эксплуатацию. Счётчик поставляется с монтажным комплектом [5].

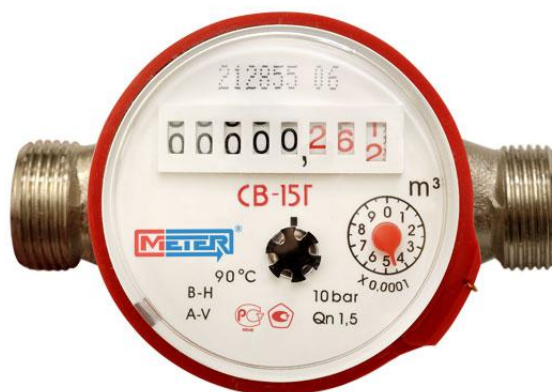


Рисунок 3.3 – Счетчик жидкости СВ-15Г «Meter»

3.1.4 Трубопроводная арматура

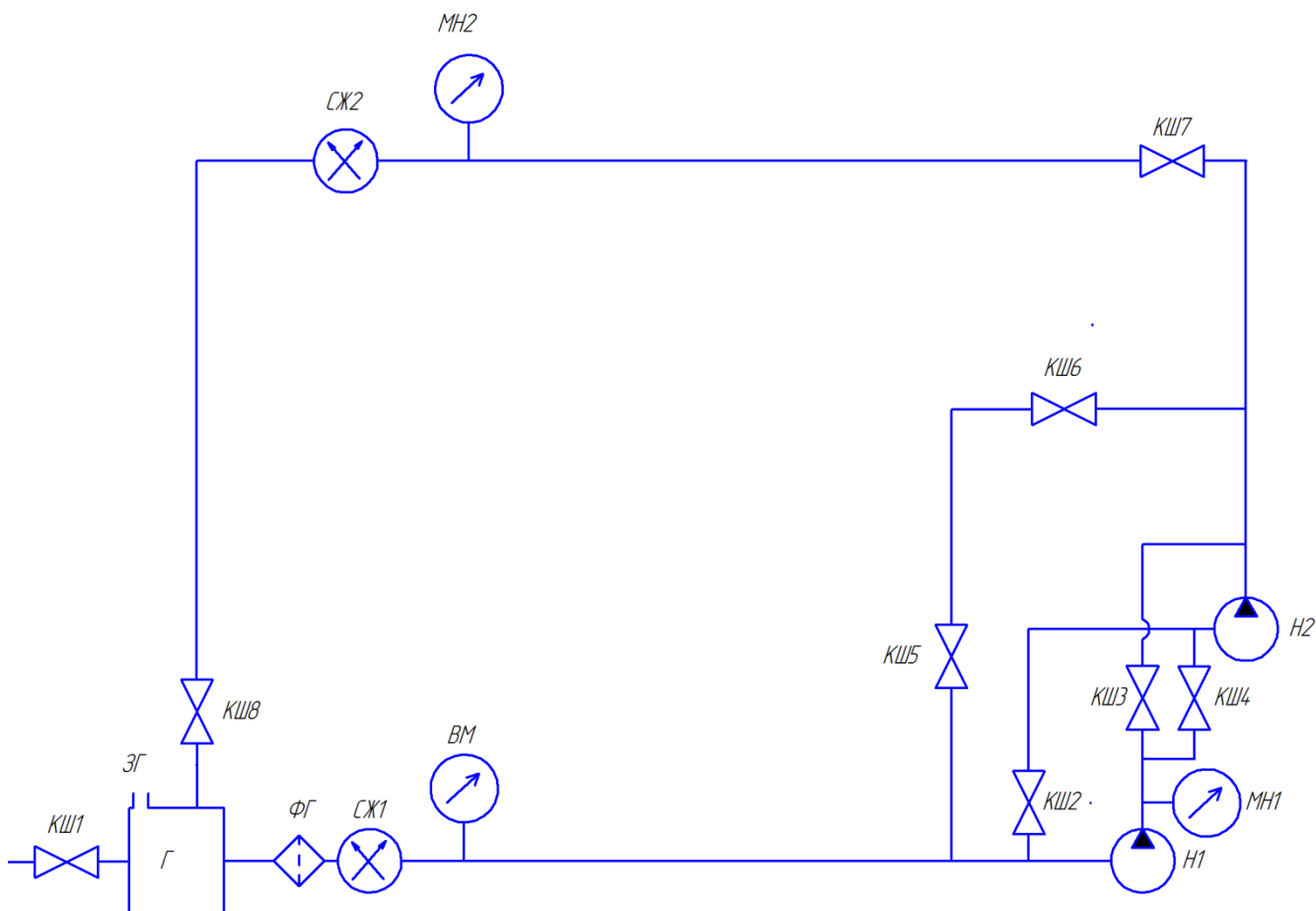
Поскольку основная арматура уже установлена на стенде были использованы только: Кран шаровой ДУ – 32, изображенный на рисунке 3.4



Рисунок 3.4 – Кран шаровой ДУ-32

Предъявляемыми требованиями к трубопроводной арматуре являются качество изготовления, надежность и долговечность, простота монтажа с применяемым трубопроводом. Данным требованиям полностью удовлетворяют краны шаровые из полипропилена. Максимальное давление 1,25 МПа [2].

3.2 Гидравлическая схема



КШ1-КШ8 – кран шаровой (КШ7 является дросселем); ФГ – фильтр грубой очистки; ЗГ – заливная горловина; Г – гидробак; Н1-Н2 – насос; МН1-МН2 – манометр; ВМ – манометр; СЖ1-СЖ2 – счетчик жидкости.

Рисунок 3.5 – Гидравлическая схема

3.3 Монтаж и сварка

Монтаж оборудования производится на уже имеющийся стенд, основание которого изготовлено из прокатного равнопрочного уголка 40 мм, который обшит фанерными листами толщиной 6 мм.

На стенде установлен гидробак, часть трубопровода с запорно-регулирующей арматурой а также контрольно-измерительные приборы.

Насос на стенде будет закреплен таким же образом, как имеющийся насос, а именно двумя болтами М8×45 прочностью 8.8 с пружинными шайбами Гровера.

Крепление трубопровода к сварной станине осуществляется шпильками М8 регулируемой длины.

Для монтажа трубопроводов, а также запорной арматуры использованы муфты комбинированные 32 мм × 1", муфты соединительные, угольники 90°. При монтаже муфт комбинированных резьбу необходимо уплотнять при помощи ФУМ-ленты, затягивая контролировать усилие так, чтобы на соединения не оказывалась дополнительная нагрузка.

Инструкция по сварке фитингов с трубой [6].

Подготовка к монтажу:

- отрезается труба необходимой длины;
- сварочный нагревается до 260 °С;
- фитинг очищается от грязи;
- труба очищается от грязи, а также производится разметка, чтобы определить степень захода трубы в фитинг;
- соединяемые части должны быть полностью сухими.

Сварка:

- фитинг надевается на нагретую часть паяльника, труба в это же время вставляется в нагретую часть паяльника;
- после полного одевания/вставки необходимо выждать 5 секунд;

- затем необходимо вытащить свариваемые детали из аппарата, и соединить их вместе, придать усилие и выждать в течение 10 секунд, пока они затвердеют, рисунок 3.6;

- сваренные детали необходимо оставить в покое на 4 минуты.

Для сварки и монтажа потребуется: ключ разводной, аппарат сварочный, рожковый ключ 10 мм, рожковый ключ 13 мм, рожковый ключ 14 мм, ножницы для резки труб.

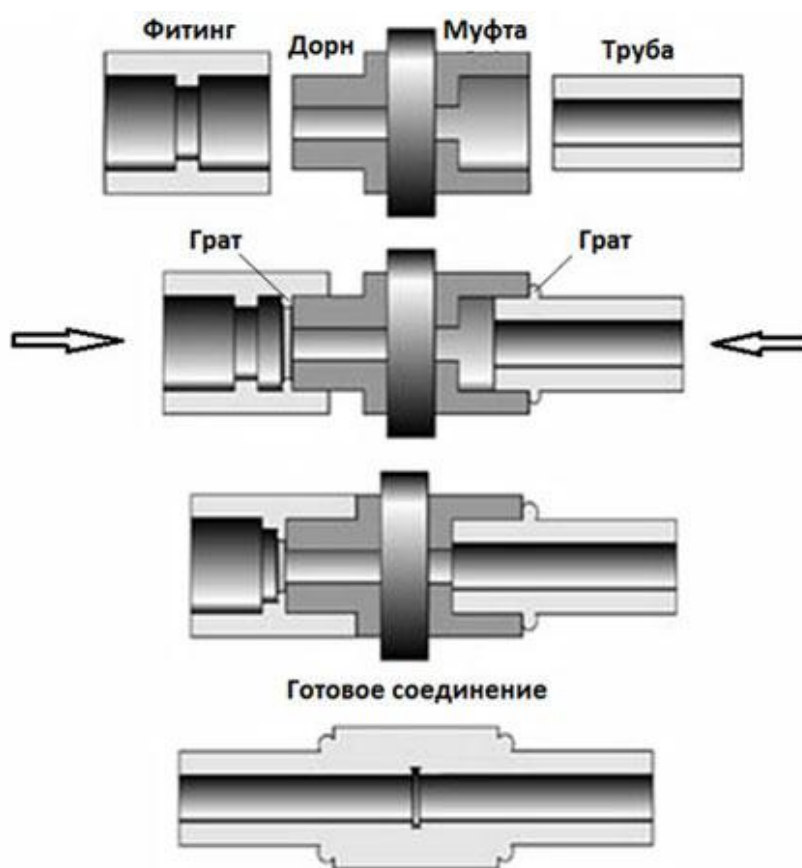


Рисунок 3.6 – Сварка фитингов с трубопроводом

3.4 Испытание стенда

Испытание оборудования производится после полной сборки стенда, в систему должна быть залиты дистиллированная вода в минимальном количестве 15 литров. Все краны должны быть открыты, кроме КШ1 на схеме.

Также необходимо обеспечить безопасность электрического подключения. После выполнения всех действий можно производить запуск установки, если возникли протечки в местах соединения трубопроводов, то необходимо отключить установку, произвести устранение протечек и заново запустить установку.

4 Расчеты гидравлических характеристик насосов

С паспортной характеристики насоса CAM 40 P MARINA были взяты значения напоров H_i для соответствующих им значений расхода Q_i , которые представлены в таблице 4.1. На основании этих данных был построен график характеристики насоса, рисунок 4.1.

График строился при помощи пакета Advanced Grapher

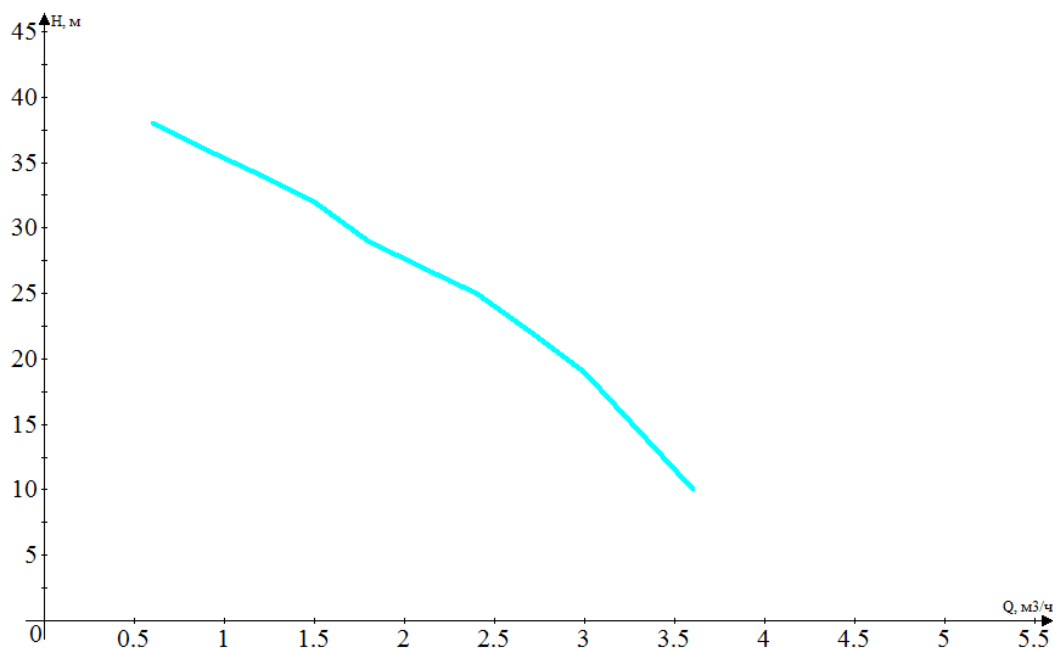


Рисунок 4.1 – Характеристика насоса «CAM-40 Marina»

4.1 Определение гидравлических характеристик насоса

Представим ($Q-H$) – характеристики насоса.

Таблица 4.1 – Гидравлически характеристики насоса САМ-40 Marina

$Q_i, \text{ м}^3/\text{ч}$	0,9	1,5	2,1	2,7	3,3
$H_i, \text{ м}$	36	32	27	22	16

1 Вычисляем суммы:

$$Q_1^2 = 0,9^2 = 0,81 \text{ м}^6 / \text{ч}^2;$$

$$Q_2^2 = 1,5^2 = 2,25 \text{ м}^6 / \text{ч}^2;$$

$$Q_3^2 = 2,1^2 = 4,41 \text{ м}^6 / \text{ч}^2;$$

$$Q_4^2 = 2,7^2 = 7,29 \text{ м}^6 / \text{ч}^2;$$

$$Q_5^2 = 3,3^2 = 10,89 \text{ м}^6 / \text{ч}^2;$$

$$\sum_{i=1}^{i=5} Q_i^2 = 0,81 + 2,25 + 4,41 + 7,29 + 10,89 = 25,65 \text{ м}^6 / \text{ч}^2.$$

Аналогично находим:

$$\sum_{i=1}^{i=5} Q_i^4 = 197,06 \text{ м}^{12} / \text{ч}^4;$$

$$\sum_{i=1}^{i=5} H_i = 133 \text{ м};$$

$$\sum_{i=1}^{i=5} H_i \cdot Q_i^2 = 554,85 \text{ м}^4 / \text{ч}.$$

2 Подставляем значения вычисленных сумм в аппроксимационные формулы [7]:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} Q_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{i=5} H_i \cdot Q_i^2 - \sum_{i=1}^{i=5} H_i \cdot \sum_{i=1}^{i=5} Q_i^4}{\left(\sum_{i=1}^{i=5} Q_i^2\right)^2 - 5 \cdot \sum_{i=1}^{i=5} Q_i^4}; \quad (4.1)$$

$$b = \frac{5 \cdot \sum_{i=1}^{i=5} H_i \cdot Q_i^2 - \sum_{i=1}^{i=5} H_i \cdot \sum_{i=1}^{i=5} Q_i^2}{\left(\sum_{i=1}^{i=5} Q_i^2\right)^2 - 5 \cdot \sum_{i=1}^{i=5} Q_i^4}. \quad (4.2)$$

Получаем коэффициенты аппроксимации:

$$a = \frac{25,65 \cdot 554,85 - 133 \cdot 196,9}{(25,65)^2 - 5 \cdot 196,9} = 36,61;$$

$$b = \frac{5 \cdot 554,85 - 133 \cdot 25,65}{(25,65)^2 - 5 \cdot 196,9} = 1,95;$$

В результате имеем, что $(Q-H)$ – характеристика данного насоса может быть представлена зависимостью:

а) в общем виде формулой (4.2.1)

$$H = a - b \cdot Q^2; \quad (4.2.1)$$

б) в окончательном виде

$$H = 36,61 - 1,95 \cdot Q^2.$$

4.2 Определение характеристик сети

Для расчета параметров сети (напора) используем формулу (4.3) [7]:

$$H_i = 1,02 \cdot i_i \cdot L \pm \Delta z + H_{ост}, \quad (4.3)$$

где i – коэффициент гидравлический уклон;

L – длина трубопровода, м;

Δz – разность геодезических отметок, м;

$H_{ост}$ – остаточный напор насоса CAM 40 P MARINA.

Остаточный напор принимаем равным $H_{ост} = 22$ м.

Длину трубопровода, с помощью измерения лабораторного стенда, принимаем равной $L = 11,57$ м.

Разность геодезических отметок принимаем равной $\Delta z = 0,2$ м.

Гидравлический уклон i находится по формуле (4.4):

$$i_i = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v_i^2}{2g}, \quad (4.4)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления;

d – диаметр трубопровода, м;

v_i – скорость потока жидкости в трубопроводе, м\с;

g – ускорение свободного падения, м\с², ($g = 9,8$ м\с²).

Диаметр трубопровода принимаем равным $d = 0,025$ м.

Скорость потока жидкости v равна [7]:

$$v_i = \frac{4Q_i}{\pi \cdot d^2}, \quad (4.5)$$

где Q_i – подача сети i -того испытания, $\text{м}^3/\text{ч}$;

d – то же, что и в формуле (4.4).

Для расчета скорости потока жидкости возьмем пять различных значений подач равных $Q_1 = 1\text{м}^3 / \text{ч}$, $Q_2 = 2\text{м}^3 / \text{ч}$, $Q_3 = 3\text{м}^3 / \text{ч}$, $Q_4 = 4\text{м}^3 / \text{ч}$, $Q_5 = 5\text{м}^3 / \text{ч}$.

Определим скорость потока жидкости по формуле (4.5).

$$v_1 = \frac{4 \cdot 1}{3.14 \cdot 0,025^2} = 0,57\text{м} / \text{с};$$

Аналогично находим:

$$v_2 = 1,13\text{м} / \text{с};$$

$$v_3 = 1,7\text{м} / \text{с};$$

$$v_4 = 2,26\text{м} / \text{с};$$

$$v_5 = 2,82\text{м} / \text{с}.$$

Затем необходимо найти коэффициент гидравлического сопротивления λ , который зависит от числа Рейнольдса, Re .

Число Рейнольдса, Re найдем по формуле (4.6) [7].

$$\text{Re}_i = \frac{vd}{\nu} \quad (4.6)$$

где ν – кинематическая вязкость воды, $\text{м}^2 / \text{с}$, ($\nu = 1,004 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$) при $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

d – то же что и в формуле (4.5),

ν – то же что и в формуле (4.5).

$$\text{Re}_1 = \frac{0,57 \cdot 0,025}{1,004} = 14090.$$

Аналогичным образом находим:

$$\text{Re}_2 = 28180$$

$$\text{Re}_3 = 42270$$

$$\text{Re}_4 = 56360$$

$$\text{Re}_5 = 70450$$

После нахождения чисел Рейнольдса мы можем определить режим течения жидкости для каждого случая и после найти коэффициент гидравлического сопротивления λ .

Рассмотрим первый случай, число $\text{Re}_1 = 14090$, что соответствует зоне гидравлически гладких труб (зоне Блазиуса) турбулентного режима

$4000 < \text{Re} < 10 \frac{d}{\Delta}$, следовательно, коэффициент гидравлического сопротивления

будет рассчитан по формуле Блазиуса (4.7) [7].

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}} \quad (4.7)$$

где Re – число Рейнольдса.

$$\lambda_1 = \frac{0,3164}{14090^{0,25}} = 0,029.$$

По аналогии рассмотрим второй и третий случае, поскольку числа Рейнольдса для них находятся в таком же диапазоне.

$$\lambda_2 = 0,024$$

$$\lambda_3 = 0,022$$

В четвертом и пятом случае жидкость течет в переходной зоне (зоне смешанного трения), турбулентного режима, поскольку $10 \frac{d}{\Delta} < \text{Re} < 560 \frac{d}{\Delta}$. Расчет коэффициента гидравлического сопротивления в данных случаях будем производить по формуле Альштуля (4.8) [7].

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{\text{Re}} + \frac{\Delta_s}{d} \right)^{0,25}. \quad (4.8)$$

где Re – то же что и в формуле (4.7);

d – то же что и в формуле (4.4);

Δ_s - эквивалентная шероховатость труб ($\Delta_s = 0,005$) [8].

$$\lambda_4 = 0,11 \left(\frac{68}{56300} + \frac{0,005}{0,025} \right)^{0,25} = 0,074.$$

Аналогичным способом считаем для пятого случая.

$$\lambda_5 = 0,074.$$

Находим гидравлический уклон по формуле (4.4):

$$i_1 = \frac{0.029}{0.025} \cdot \frac{0.566_1^2}{2 \cdot 9.81} = 0.019.$$

Также находим уклон для остальных случаев:

$$i_2 = 0.063;$$

$$i_3 = 0.129;$$

$$i_4 = 0.773;$$

$$i_5 = 1.207.$$

Произведем расчет параметров сети (напора) по формуле (4.3):

$$H_1 = 1,02 \cdot 0,019 \cdot 11,57 + 0,2 + 22 = 22,424 \text{ м};$$

$$H_2 = 22,94 \text{ м};$$

$$H_3 = 23,73 \text{ м};$$

$$H_4 = 31,33 \text{ м};$$

$$H_5 = 36,45 \text{ м.}$$

После выполнения всех расчетов построим характеристику данной сети
Рисунок 4.2.

График строился при помощи пакета Advanced Grapher.

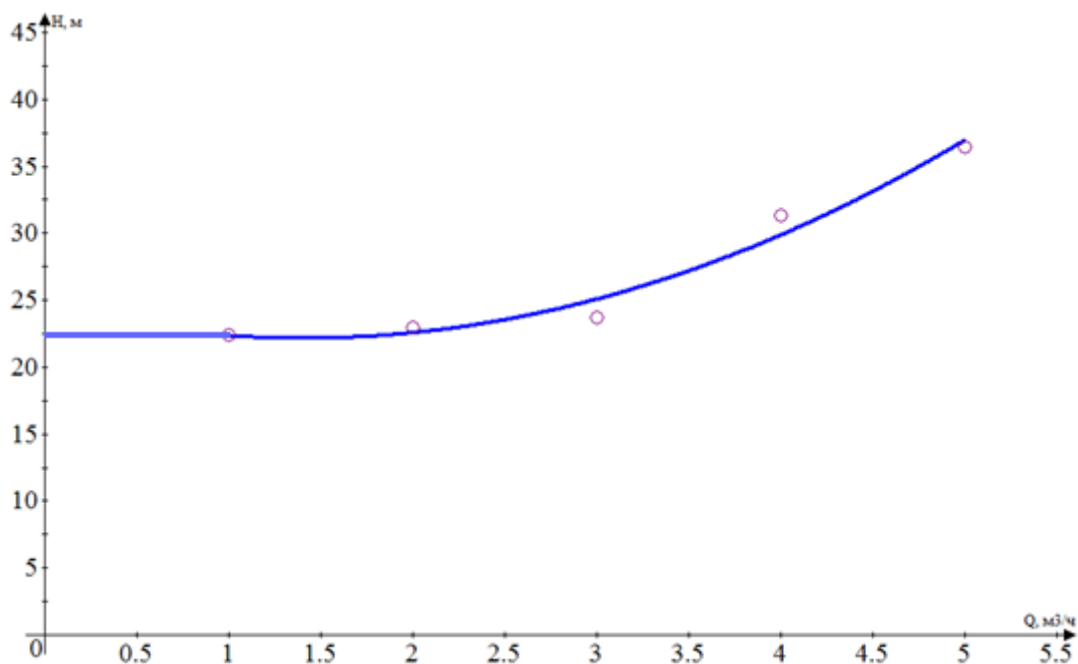


Рисунок 4.2 – Характеристика сети

4.3 Совместная работа насосов на сеть

Насос работает на заданную сеть в таком режиме, при котором энергия, сообщаемая жидкости насосом (напор насоса), равна энергии, затрачиваемой при движении жидкости по трубопроводам (требуемый напор).

Характеристика насоса описывается уравнением $H_n = a - bQ^2$.

Характеристика трубопровода может быть выражена формулой (4.9).

$$H_T = Z + sQ^2, \quad (4.9)$$

где Z – геометрическая высота подъема воды, м;

s – гидравлическая характеристика трубопровода;

Q – то же что и формуле (4.5).

При работе насоса на сеть $H_H = H_T$ и совместное решение этих уравнений позволяет определить параметры Q и H для конкретного случая. Графически эти параметры соответствуют точке пересечения характеристики насоса и характеристики трубопровода, называемой рабочей точкой точка a , представлена на рисунке 4.3.

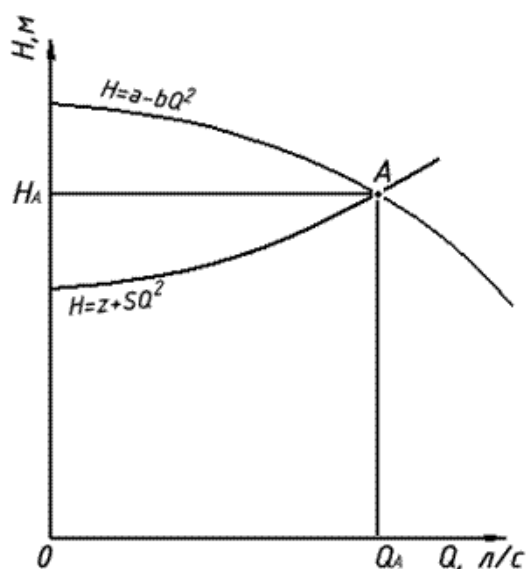


Рисунок 4.3 – Работа насоса на сеть

Необходимость совместного подключения насосов возникает в том случае, когда одним насосом не обеспечивается нужная подача или напор, либо при необходимости резерва для обеспечения бесперебойности подачи воды.

Если есть необходимость увеличить подачу, то используется параллельное соединение насосов, когда два или более насосов подают жидкость в один трубопровод. Для определения параметров работы насоса в данном случае производится построение совместной характеристики этих насосов, которая образуется путем суммирования производительности при различных напорах.

Параллельную работу насосов целесообразно использовать при пологой характеристике трубопровода (большом диаметре и малой длине).

При необходимости увеличить напор применяется последовательное соединение насосов, в этом случае жидкость из напорного патрубка первого насоса подается во всасывающий патрубок второго насоса.

Совместная характеристика в данном случае строится суммированием напоров при одинаковых производительностях. Такая работа насосов эффективна при крутой характеристике трубопровода.

4.3.1 Параллельное соединение

Поскольку в лабораторном стенде используются два одинаковых центробежных насоса САМ-40 Marina, следовательно, характеристики также будут идентичными и будут иметь вид $H = 36,61 - 1,95 \cdot Q^2$, рассмотрим вариант параллельного соединения насосов.

После произведения расчетов начертим ($Q-H$) характеристику каждого насоса и их совместной работы на сеть.

Согласно произведенным расчетам ($Q-H$) – характеристики насосов выражены зависимостью, формула (4.2.1).

Для первого насоса:

$$H = a_1 - b_1 \cdot Q^2 = 36,61 - 1,95 \cdot Q^2.$$

Для второго насоса:

$$H = a_2 - b_2 \cdot Q^2 = 36,61 - 1,95 \cdot Q^2.$$

Согласно формул параллельного соединения насосов, составим уравнение характеристики совместной работы насосов на сеть формула (4.10).

$$Q = \sqrt{\frac{a_1 - H}{b_1}} + \sqrt{\frac{a_2 - H}{b_2}}; \quad (4.10)$$

$$Q = \sqrt{\frac{36,61 - H}{1,95}} + \sqrt{\frac{36,61 - H}{1,95}}.$$

Теперь необходимо построить кривые зависимости $H = f(Q)$ для первого, второго насосов и их суммарной работы на сеть, а также пересечение с характеристикой сети.

График строится при помощи пакета Advanced Grapher, представлен на рисунке 4.4 .

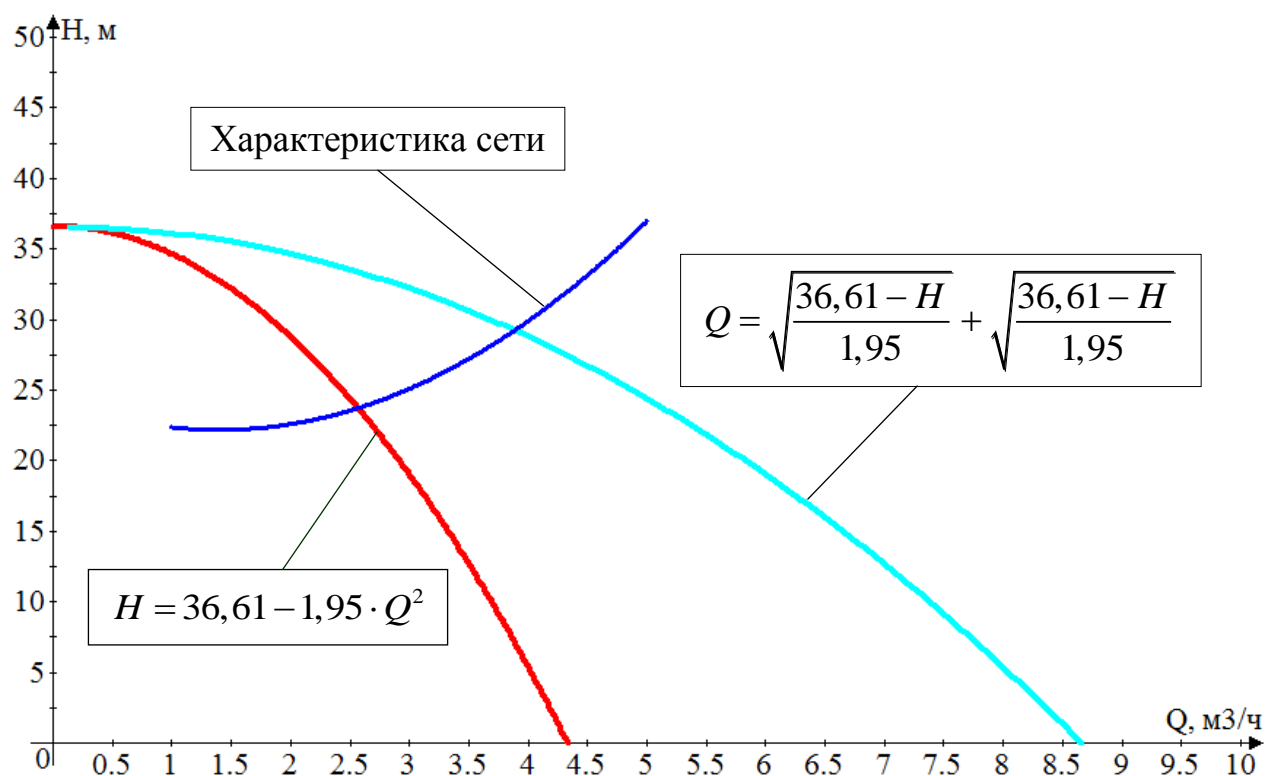


Рисунок 4.4 – кривые зависимости $H = f(Q)$ для первого, второго насосов и их суммарной работы на сеть при параллельном подключении

4.3.2 Последовательное соединение

Рассмотрим вариант последовательного подключения насосов, САМ 40 Р Marina, с характеристиками $H = 36,61 - 1,95 \cdot Q^2$. После произведения расчетов начертим (Q-H) характеристику каждого насоса и их совместной работы на сеть.

Согласно произведенным расчетам (Q-H) – характеристики насосов выражены зависимостью, формула (4.2.1).

Для первого насоса:

$$H = a_1 - b_1 \cdot Q^2 = 36,61 - 1,95 \cdot Q^2.$$

Для второго насоса:

$$H = a_2 - b_2 \cdot Q^2 = 36,61 - 1,95 \cdot Q^2.$$

Согласно формул последовательного соединения насосов, формула (4.11), произведем расчет характеристики совместной работы насосов.

$$H = (a_1 + a_2) - (b_1 + b_2) \cdot Q^2. \quad (4.11)$$

Подставляем аппроксимационные коэффициенты в формулу и получаем характеристику работы насосов на сеть при последовательном подключении.

$$H = (36,61 + 36,61) - (1,95 + 1,95) \cdot Q^2 = 73,22 - 3,9 \cdot Q^2$$

Теперь необходимо построить кривые зависимости $H = f(Q)$ для первого, второго насосов и их суммарной работы на сеть, а также пересечение с характеристикой сети.

График строится при помощи пакета Advanced Grapher, представлен на рисунке 4.5.

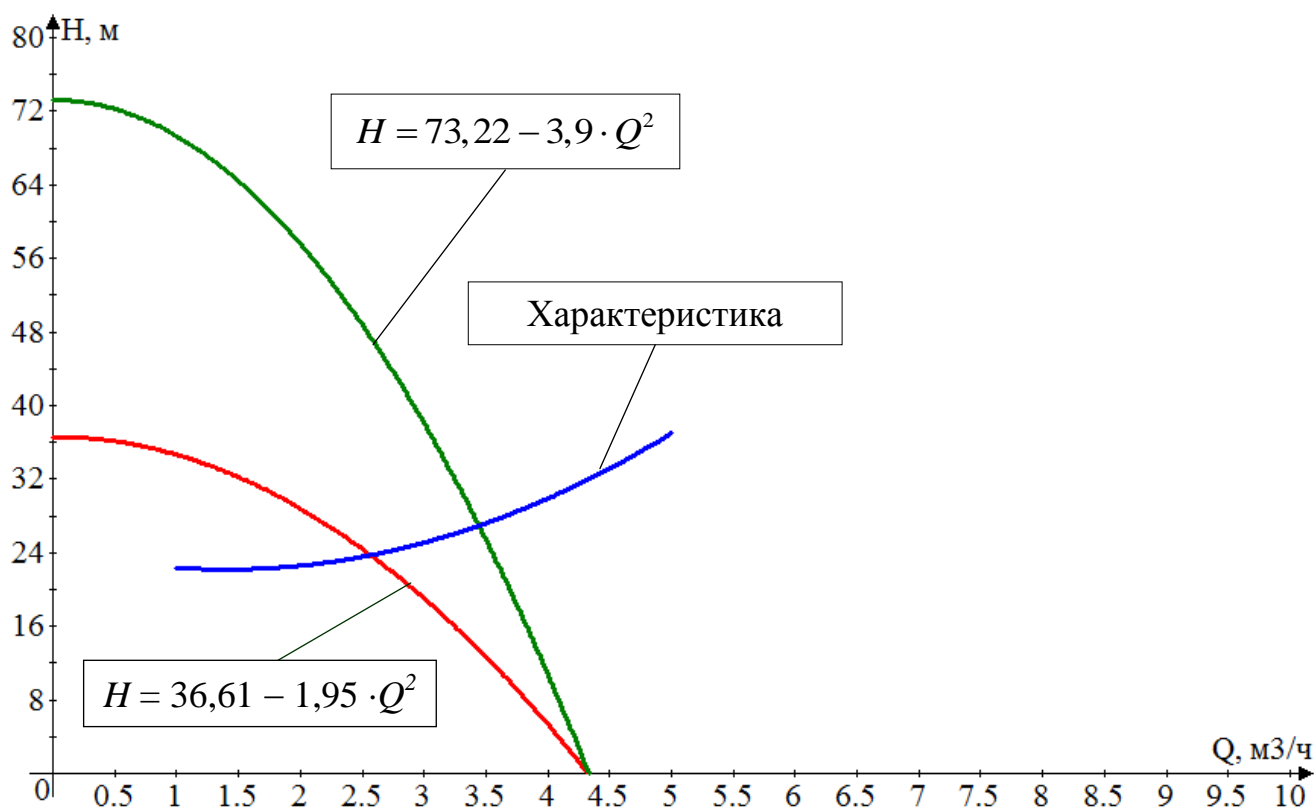


Рисунок 4.5 – кривые зависимости $H = f(Q)$ для первого, второго насосов и их суммарной работы на сеть при последовательном подключении

5 Экономическая часть

В экономической части дипломной работы будет произведен расчет затрат на модернизацию лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции». Затраты на модернизацию будут состоять из следующих этапов:

- приобретение комплектующих для лабораторного стенда и его монтаж:
 - 1) расчет затрат на приобретение комплектующих;
 - 2) расчет затрат на монтаж;
- расчет эксплуатационных затрат:
 - 1) расчет затрат на текущий ремонт;
 - 2) определение численности персонала, необходимого для проведения исследований;
 - 3) расчет фонда оплаты труда лаборанта и страховых взносов;

4) определение затрат на электроэнергию.

5.1 Расчет затрат на приобретение оборудования для модернизации и монтажа

5.1.1 Расчет затрат на приобретение оборудования для модернизации

Затраты на оборудование и комплектующие материалы, необходимые для модернизации лабораторного стенда, при помощи которого можно исследовать режимы течения жидкости, представлены в таблице.

Таблица 5.1 – Затраты на оборудование и комплектующие

Наименование	Требуемое количество	Стоимость		Источник цен
		Единицы, руб	Всего, руб	
Самовсасывающий центробежный насос САМ 40/P MARINA.	1шт	7890	7890	В соответствии с данными [2].
Тройник переходной полипропиленовый	8 шт	26	208	В соответствии с данными [9].
Муфта полипропиленовая d-32	10шт	16	160	В соответствии с данными [2].
Кран шаровой полипропиленовый d-32	6шт	84	504	В соответствии с данными [2].
Труба полипропиленовая d-32x4м Pn10	3шт	398	1194	В соответствии с данными [2].

Окончание таблицы 5.1

Наименование	Требуемое количество	Стоимость		Источник цен
		Единицы, руб	Всего, руб	
Кран шаровой полипропиленовый d-25	2шт	60	120	В соответствии с данными [2].
Муфта комб. полипропиленовая d-25x1/2"	2шт	77	154	В соответствии с данными [2].
Муфта комб. полипропиленовая d-32x1/2"	6шт	88	704	В соответствии с данными [2].
Вакуумметр ТВ-310Р, РОСМА	1 шт	450	450	В соответствии с данными [2].
Футорка под ключ (хром) Ду-25/15	4 шт	96	384	В соответствии с данными [9].
Угольник полипропиленовый Д-32 х 90гр.	35 шт	11	385	В соответствии с данными [9].
Счетчик жидкости объемный СВК-15х	1 шт	640	640	В соответствии с данными [5].
Итого:			12793	

Таким образом, суммарные затраты на приобретение оборудования для модернизации лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции» составили $S_o=12793$ руб.

5.1.2 Расчет затрат на монтаж оборудования

Стоимость монтажных работ примем 15 % от стоимости оборудования

$$S_{mp} = S_o \cdot 0,15, \quad (5.1)$$

где S_o – стоимость оборудования в рублях.

$$S_{mp} = 12793 \cdot 0,15 = 1918,95 \text{ руб.}$$

Затраты на доставку оборудования примем 6 % от стоимости оборудования.

$$S_d = S_o \cdot 0,06, \quad (5.2)$$

где S_o – то же, что и в формуле (5.1).

$$S_d = 12793 \cdot 0,06 = 767,58 \text{ руб.}$$

Итого затраты на приобретение оборудования для модернизации и монтажа составили 15479,53 рублей.

5.2 Расчет эксплуатационных затрат

5.2.1. Расчет затрат на текущий ремонт

Затраты на текущий ремонт составляют 10 % от стоимости оборудования, т.е.

$$S_{TP} = S_o \cdot 0,1 \quad (5.3)$$

где S_o – то же, что и в формуле (5.1).

$$S_{TP} = 12793 \cdot 0,1 = 1279,3 \text{ руб.}$$

5.2.2 Определение затраченного времени на разработку аппаратно – программного комплекса.

Перечень операций, необходимых для модернизации лабораторного стенда, с указанием их длительности, представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Перечень операций необходимых для модернизации лабораторного стенда

Наименование операции	Длительность операций, час
Разработка чертежей	38
Работы по поиску комплектующих	4
Подключение и крепёж элементов	25
Испытание	18
Итого	85

5.2.3 Определение численности лаборантов

Модернизация лабораторного стенда занимает 85 час. Эксперимент проводит лаборант, который работает по пятидневной рабочей неделе, у него 8 часовой рабочий день (T_d). Число рабочих дней в 2016 году равно 247 (T_z), следовательно, в месяце примем равным 21.

Годовая трудоемкость человеко-часов, составит:

$$T = T_z \cdot T_d, \quad (5.4)$$

где T_z – число рабочих дней в году;

T_d – число часов в рабочем дне.

$$T = 247 \cdot 8 = 1976 \text{ человеко-часов.}$$

Необходимую численность лаборантов определим по формуле

$$N = \frac{n}{T}, \quad (5.5)$$

где n – время на разработку аппаратно-программного комплекса, дней;

T – годовая трудоемкость, человеко-час.

$$N = \frac{85}{1976} = 0,04 \approx 1 \text{ человек}$$

Исходя из расчетов можно сделать вывод, что для модернизации комплекса необходим один лаборант.

5.2.4 Расчет фонда оплаты труда лаборанта

Фонд оплаты труда(ФОТ) определяем по формуле

$$ФОТ = З_{осн} + З_{доп}, \quad (5.6)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата состоит из тарифной составляющей, премии, районного и северного коэффициентов.

Тарифная составляющая основной среднемесячной заработной платы:

$$З_{осн} = ЗП + ЗП_{PK} + ЗП_{CH}, \quad (5.7)$$

где $ЗП$ – месячная заработная плата составляет 11250 руб. (исходя из МРОТ на 2016) [10];

Z_{PK} – районный коэффициент (20% от ЗП);

Z_{CH} – северная надбавка (30 % от ЗП).

$$Z_{PK} = \left(\frac{ZП}{100} \right) \cdot 20, \quad (5.8)$$

где ЗП – то же, что и в формуле (5.7).

$$Z_{PK} = \left(\frac{7500}{100} \right) \cdot 20 = 1500 \text{ руб.}$$

$$Z_{CH} = \left(\frac{ZП}{100} \right) \cdot 30, \quad (5.9)$$

где ЗП – то же, что и в формуле (5.7).

$$Z_{CH} = \left(\frac{7500}{100} \right) \cdot 30 = 2250 \text{ руб.}$$

$$Z_{OCH} = 7500 + 2500 + 1500 = 11250 \text{ руб.}$$

Часовая заработная плата (тарифная ставка):

$$S_T = \frac{Z_{OCH}}{K \cdot t}, \quad (5.10)$$

где K – среднее количество рабочих дней в месяце, $K = 21$ [11];

t – Продолжительность рабочего дня, $t = 8$ час;

Z_{OCH} – то же, что и в формуле (4.7).

$$S_T = \frac{11500}{21 \cdot 8} = 68,5 \text{ руб/час}$$

Определим тарифную составляющую

$$З_{ТС} = T \cdot S_T, \tag{5.11}$$

где T – трудоемкость работ;

S_T – часовая заработная плата (тарифная ставка).

Следовательно, дневная заработная плата составляет:

$$З_{ТС} = 8 \cdot 68,5 = 548 \text{ руб.}$$

Премии составляют 35 % от тарифной ставки:

$$З_{ПР} = З_{ТС} \cdot 0,35, \tag{5.12}$$

где $З_{ТС}$ – то же, что и в формуле (5.11).

$$З_{ПР} = 548 \cdot 0,35 = 191,8 \text{ руб.}$$

Районный коэффициент составляет 20 % от тарифной составляющей:

$$K_P = З_{ТС} \cdot 0,2 \tag{5.13}$$

где $З_{ТС}$ – то же, что и в формуле (5.11).

$$K_P = 548 \cdot 0,2 = 109,6 \text{ руб.}$$

Надбавка заработной платы в районах крайнего севера и районах приравненных к ним, а также местностям с неблагоприятными климатическими условиями составляет 30% от тарифной составляющей.

$$K_{CH} = Z_{TC} \cdot 0,3, \quad (5.14)$$

где Z_{TC} – то же, что и в формуле (5.11).

$$K_{CH} = 548 \cdot 0,3 = 164,4 \text{ руб.}$$

Таким образом, основная заработная плата составляет:

$$Z_{OCH} = 548 + 191,8 + 109,6 + 164,4 = 1013,8 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата составляет 12 % от основной заработной платы:

$$Z_{ДОП} = Z_{OCH} \cdot 0,12, \quad (5.15)$$

где Z_{OCH} – то же, что и в формуле (5.11).

$$Z_{ДОП} = 1013,8 \cdot 0,12 = 121,7 \text{ руб.}$$

Тогда фонд оплаты труда составляет:

$$\Phi ОТ = 1013,8 + 121,7 = 1135,5 \text{ руб.}$$

5.2.5 Рассчитаем отчисление на обязательное социальное страхование

Отчисления на обязательные социальные страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональные заболевания (для второго класса профессионального риска) составляет 30 % от ФОТ: в том числе 22 % – в пенсионный фонд; 2,9 % – в фонд социального страхования; 5,1 % – в фонд обязательного медицинского страхования.

$$Z_{отч} = \text{ФОТ} \cdot 0,3, \quad (5.16)$$

где ФОТ – то же, что и в формуле (5.16).

$$Z_{отч} = 1135,5 \cdot 0,3 = 340,6 \text{ руб.}$$

5.2.6 Расчет накладных расходов

Накладные расходы примем 65 % от ФОТ, тогда расходы на модернизацию составили:

$$Z_{ис} = \text{ФОТ} \cdot 0,7 + Z_{осн}, \quad (5.17)$$

где ФОТ – то же, что и в формуле 5.16;

$Z_{осн}$ – то же, что и в формуле.

$$Z_{ис} = 1135,5 \cdot 0,7 + 1013,8 = 1808,65 \text{ руб.}$$

5.2.7 Определим затраты на электроэнергию при работе станда

Затраты на электроэнергию при работе станда рассчитаем по формуле

$$Q_{эл.эн.} = Tar \cdot W_{ПОТРЕБ}, \quad (5.18)$$

где $Q_{эл.эн.}$ – затраты на электроэнергию;

Tar – стоимость 1 кВт/ч = 2,9 руб/кВт·ч;

$W_{потреб}$ – потребляемая мощность, 1,6 кВт·ч.

$$Q_{эл.эн.} = 2,9 \cdot 1,6 = 4,64 \text{ руб/час}$$

Исходя из данного расчета можно составить таблицу по общим затратам на модернизацию лабораторного стенда для изучения режимов течения жидкости. Данные сведем в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Общие затраты

Наименование	Стоимость, руб.
Единовременные затраты	
Приобретение оборудования	12793
Стоимость доставки комплектующих	1918,95
Стоимость монтажных работ	767,58
Итого:	15479
Эксплуатационные затраты	
Затраты на текущий ремонт	1279,3
Заработная плата лаборанта за проведение эксперимента	1013,8
Накладные расходы	1808,65
Стоимость потребляемой электроэнергии в ходе эксперимента	4,64
Итого:	4106,39
Всего:	19585,39

Исходя из расчетов можно сделать вывод, что общая сумма затрат на модернизацию лабораторного стенда «Режим работы насосной станции» составила 19585,39 руб.

6 Безопасность и экологичность проекта

В последнее время в России и за рубежом происходит большое количество чрезвычайных ситуаций различного характера, поэтому решение проблем, связанных с обеспечением безопасности человека во всех сферах его деятельности, является актуальным.

Возникающие аварии, катастрофы, стихийные бедствия, загрязнение окружающей среды промышленными отходами и другими вредными веществами создают ситуации, которые представляют угрозу для жизни и здоровья населения. Нельзя исключать возможность возникновения чрезвычайных ситуаций, однако возможно снизить их число, уменьшить масштабы и смягчить последствия.

6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов при проведении работ

Учебная лаборатория находится в здании института нефти и газа ФГАОУВО «Сибирский федеральный университет».

Рабочее место лаборанта включает сварную станину с расположенными на ней насосами, трубопроводной арматурой, трубами, резервуаром с рабочей жидкостью и устройством вывода информации для получения показаний. Основными действиями лаборанта являются запуск станда, наблюдение и фиксация показателей, которые будут изменяться в результате перекрытия задвижек, регулировки пропускной способности, и т.д.

К опасным и вредным факторам можно отнести поражение электрическим током из-за пролива жидкости на электродвигатель, нарушения изоляции силовых кабелей, неправильного обращения с электроприборами.

Недостаточное освещение рабочего места лаборанта может привести к перенапряжению зрительного органа человека и к ухудшению зрения.

По основному виду экономической деятельности установлен II класс профессионального риска, характеризующий уровень производственного травматизма, профзаболеваемости и расходов по обеспечению по программе обязательного социального страхования. Страховые тарифы на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний составляют 0,3 % к начисленной оплате труда.

Возможными аварийными ситуациями являются:

- возгорание электромотора насоса из-за короткого замыкания с последующим выбросом продуктов горения;
- возможность гидравлического удара при разрыве разъемных соединений трубопровода.

6.2 Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ

Учебная лаборатория Сибирского федерального университета располагается в г. Красноярске, что соответствует II климатическому региону, который характеризуется среднемесячными значениями температур воздуха в январе от -5 до -20 °C, в июле от $+21$ до $+27$ °C и средней скоростью ветра 3,6 м/с [12].

Работа в лаборатории относится к категории энергозатрат 1б – энергозатраты 121–150 ккал/ч (140–174 Вт) [13].

Лаборатория располагается в отапливаемом помещении с нормальным уровнем влажности. Температура в теплый период года не превышает 22 – 25 °C, в холодный и переходный периоды 20 – 23 °C. Относительная влажность воздуха в рабочей зоне – 40 – 60 %.

Для поддержания оптимальных параметров воздушной среды установлена система центрального отопления и вытяжной вентиляции.

6.3 Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования

Стенд находится в лаборатории площадью 24 м^2 , высотой $3,30 \text{ м}$, что соответствует требованиям санитарно-эпидемиологических правил, согласно которым на одного работающего при выполнении работ категории энергозатрат 1б объем производственных помещений должен составлять не менее 15 м^3 , площадь для одного работающего не менее $4,5 \text{ м}^2$, а высота помещения не менее $3,25 \text{ м}$ [14].

Расстановка мебели и оборудования скомпонованы таким образом, чтобы обеспечить свободный подход к установке и возможность беспрепятственно покинуть помещение при пожаре и аварийных ситуациях.

Санитарно-гигиенические условия труда при работе с лабораторным стендом оцениваются как нормальные. Пыль и вредные вещества при работе стенда не выделяются. Вибрация, шум находятся ниже допустимых значений, выбросов токсичных веществ в воздух не происходит, поскольку рабочей жидкостью в установке является дистиллированная вода. Допустимый уровень шума на рабочем месте 80 дБА [15].

Освещение лабораторного помещения производится лампами дневного света согласно действующим нормам и правилам, освещенность составляет не менее 400 люкс [16].

Освещение лаборатории разделяется на искусственное и естественное. Естественное освещение обеспечивается одним оконным проемом. Искусственное освещение осуществляется потолочными светильниками «Астра» в количестве 12 шт. с 4 лампами в корпусе.

На основании выполненного расчета искусственного освещения можно сделать вывод о том, что наиболее экономичными являются люминесцентные лампы, но при их использовании будет возникать слепящий эффект, поэтому более эффективным и безопасным будет использование ламп накаливания, в

количестве 4 штук в каждом светильнике, расположенных по прямоугольной сетке. Затраты электроэнергии на освещение составляют 1968 Вт.

При работе со стендом необходимо использовать такие СИЗ, как халат и перчатки. Когда производится ремонт и обслуживание стенда нужно надевать прозрачные защитные очки.

6.4 Обеспечение безопасности технологического процесса

Безопасность технологического процесса достигается вследствие качественной сборки и испытания всех разъемных соединений, как гидравлических, так и электрических.

Вредные вещества при работе со стендом не применяются.

Электрооборудованием, применяемым в стенде являются два насоса одинаковой мощности (800 Вт), работающие от сети 220 В. Насосы подключаются к электросети корпуса института нефти и газа, которая оборудована общим контуром заземления.

Заземление необходимо для того, чтобы избежать поражения электрическим током из-за нарушения изоляции или пробоев на корпус насоса. Последствия поражения током могут быть как незначительными в виде небольших ожогов, так и весьма значительными вплоть до летального исхода.

Насосы обладают защитой от попадания влаги и пыли и имеют степень защиты IP44 [17].

6.5 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности

Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий химических лабораторий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода.

Помещение лаборатории по классификации наличия горючих веществ относится к категории Д [18].

Причинами возникновения пожара в лаборатории являются:

- несоблюдение обслуживающим персоналом норм пожарной безопасности;
- нарушения технологического процесса, которые приводят к возникновению пожара;
- использование неисправного оборудования (насосы, токорегулирующие агрегаты, испытательные стенды);
- использование открытого огня в помещениях;
- нарушение целостности линии заземления и молниезащиты;
- неправильное использование оборудования, которое приводит к возникновению пожара (насосы, электроинструмент).

К горючим веществам относится фанера, используемая на стенде, температура, при которой возможно возгорание фанеры составляет около 270 – 400 °С, а для воспламенения – около 400 °С [19].

Так как лаборатория находится в здании института нефти и газа, она оборудована общей системой оповещения о пожаре и светозвуковой сигнализацией.

По технике безопасности в каждом кабинете предусмотрен огнетушитель марки ОП-4, также на каждую лабораторию предусмотрен порошковый огнетушитель ОП-50 [20].

Во всех помещениях лаборатории необходимо размещение планов (схем) эвакуации сотрудников при возникновении пожара и иных чрезвычайных ситуаций, требующих немедленно покинуть помещение.

Загромождение проходов и выходов помещений лаборатории недопустимо, поскольку это может привести к повышенному риску для сотрудников, если возникнет необходимость срочно покинуть помещение.

6.6 Обеспечение безопасности при авариях и чрезвычайных ситуациях

В помещении работает один лаборант-исследователь. Для предотвращения аварийных ситуаций ведется журнал по проведению первичного инструктажа посетителей лаборатории.

Возможные причины возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций:

- возгорание электромотора из-за внутреннего замыкания обмоток электродвигателя насосного агрегата;

- обрыв линии трубопровода при работе насоса.

Для предотвращения ЧС следует принимать следующие меры:

- регулярный осмотр стенда на наличие утечек рабочей жидкости и механических повреждений трубопровода и электрической цепи при каждом запуске лабораторного стенда;

- запуск стенда только при непосредственном участии лаборанта;

- обеспечение первичными средствами пожаротушения.

Здание оборудовано звуковой системой оповещения сотрудников о чрезвычайной ситуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

- изучен теоретический материал об устройстве НПС, насосов, трубопроводной арматуры, контрольно-измерительных приборах, а также изучены методы регулирования характеристик насоса и сети;
- произведен подбор необходимых материалов и оборудования, согласно требуемым характеристикам;
- произведена сборка узлов трубопроводной обвязки, а так же смонтирован насос;
- проведены испытания, после которых были изучены полученные характеристики установки;
- произведен расчет экономических затрат на модернизацию, монтаж, а также обслуживание лабораторного стенда;
- обеспечена безопасность эксплуатации лабораторного стенда, согласно стандартам.

Разработанный стенд обладает требуемыми техническими характеристиками. Является безопасным, простым в управлении и ремонте, самое главное качество стенда – это надежность. Все эти параметры удалось достичь за счет качественного подбора комплектующих и тщательной сборкой лабораторного стенда. Каждый конструктивный элемент подвергся рассмотрению, как с технической точки зрения, так и экономической.

Можно заявить, что данный стенд полностью готов к выполнению поставленных целей, а именно, доступно и наглядно продемонстрировать студентам процессы дросселирования, байпассирования, а так же возможности последовательного и параллельного подключения насосов и их работы на сеть.

В дальнейшем, данный стенд будет использован в учебных целях, чтобы у студентов была возможность наглядно увидеть как происходят процессы на производстве.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЗРА – запорно-регулирующая арматура.

ОП – огнетушитель порошковый.

НПС – нефтеперекачивающая станция.

ПВХ – поливинилхлорид.

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

ФОТ – фонд оплаты труда.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Руководство по эксплуатации и паспорт изделия на насосы серии «САН Hobby Line». – Москва, 2013. -7 с.

2 Электронный каталог магазина «Виращ» [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения о цене и технических характеристиках насосов, труб, трубопроводной арматуры , контрольно-измерительных приборов. – Красноярск, [2001–2015]. – Режим доступа: <http://virage24.ru/>.

3 Электронный портал «Вся информация о трубах» [Электронный ресурс]: данный ресурс содержит сведения о характеристиках труб, способах монтажа, стоимости, различных видах труб, а также ГОСТы и СНиПы связанные с трубами – Россия, [2001–2016]. – Режим доступа: <http://trubinfo.ru/>.

4 Электронный портал ЗАО «Росма» [Электронный ресурс] один из крупнейших отечественных производителей контрольно-измерительных приборов, прочно входя в пятерку лидеров рынка в данной области – Россия, [2004–2016]. – Режим доступа: <http://rosma.spb.ru/>.

5 Электронный каталог магазина «Леруа Мерлен» [Электронный ресурс]: данный ресурс содержит сведения о ценах и технических характеристиках насосов, труб, трубопроводной арматуры, контрольно-измерительных приборов. – Красноярск, [2007–2016]. – Режим доступа: <http://leroumerlin.ru>.

6 Интернет портал «Tool-land» [Электронный ресурс] освещающий различные станки и инструменты, а также различные инструкции по работе с различными строительными материалами и оборудованием. – Россия, [2006–2016]. – Режим доступа: <http://tool-land.ru>.

7 Тугунов П.И. Типовые расчеты при проектировании нефтебаз и нефтепроводов : учеб. пособие для вузов / П.И. Тугунов, В.Ф. Новоселов, А.А. Коршак – Уфа.: Дизайн-ПолиграфСервис, 2002. – 658 с.

8 Электронный каталог группы компаний «ПОЛИПЛАСТИК» [Электронный ресурс] в котором представлены цены на различные виды ПВХ

труб, а также их характеристики. – Киев, [2012–2016]. – Режим доступа: <http://polyplastic.ua>.

9 Электронный каталог магазина «Водолей» [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения о цене и технических характеристиках труб и компрессионных фитингов. – Красноярск, [2012–2016]. – Режим доступа: <http://водолей.рф/>.

10 Портал «Юридическая и налоговая консультация онлайн» [Электронный ресурс]: содержит данные по различным юридическим и правовым вопросам, а также оказывает консультационные. – Россия, [2008–2016]. – Режим доступа: <http://yuridicheskaya-konsultaciya.ru>.

11 Официальный сайт компании «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]: компьютерная справочно-правовая система, оказывает консультативные услуги а также содержит данные по правовым и юридическим нормам. – Россия, [1997–2016]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

12 СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. – Введ. 01.01.1996 – Москва: МИНСТРОЙ РОССИИ, 1996. – 140 с.

13 ФНП Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. – Введ. 12.03.2013 – Москва : Стандартиформ, 2013. – 135 с.

14 ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 01.01.1989. – Москва: Госстандарт России, 2000 – 49 с.

15 ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум, общие требования безопасности – Введ. 01.07.1984. – Москва: Госстандарт России, 2003 – 13 с.

16 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – Введ. 2.08.1995. – Москва: Минстрой России, 1995 – 78 с.

17 ГОСТ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (КОД IP) – Введ. 01.01.1997. – Москва: Госстандарт России, 1997 – 37 с.

18 НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной безопасности. – Введ. 31.10.1996. – Москва: ГУГПС МВД России, 1996. – 12 с.

19 Интернет каталог компании «Ремстройкомплект» [Электронный ресурс]: осуществляют оптовую и розничную продажу товары изготовленные из древесины а также раскрывает свойства данных изделий. – Россия, [2009 – 2016]. – Режим доступа: <http://www.rsk-panel.ru>.

20 ГОСТ Р51057-2001 Техника пожарная огнетушители переносные общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 25.10.2001. – Москва: Госстандарт России, 2002 – 48 с.