

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка противоударной защиты напорных водоводов насосных станций

УДК 614.8:628.14:532.542

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г60	Призюк Светлана Игоревна		

Руководитель/ консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ/ Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Мальчик А.Г./ Деменкова Л.Г.	к.т.н./ к.пед.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Полицинская Е.В.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП 20.03.01 «Техносферная безопасность»	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2021 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
НАПРАВЛЕНИЯ 20.03.01 – «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-5	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
ПК(У)-6	Способность принимать участие в установке (монтаже), эксплуатации средств защиты
ПК(У)-7	Способность организовывать и проводить техническое обслуживание, ремонт, консервацию и хранение средств защиты, контролировать состояние используемых средств защиты, принимать решения по замене (регенерации) средства защиты
ПК(У)-8	Способность выполнять работы по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовывать, планировать и реализовывать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения безопасности объектов защиты

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Юргинский технологический институт
 Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
 Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ С.А. Солодский
 «__» _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
3-17Г60	Призюк Светлане Игоревне

Тема работы:

Разработка противоударной защиты напорных водоводов насосных станций	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 01.02.2021 г. № 32-105/с

Срок сдачи студентами выполненной работы:	07.06.2021 г.
---	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе:	Производственное помещение насосной станции оборотного водоснабжения, этажность здания – Наибольшая рабочая смена – 9 чел. Степень огнестойкости 2 Класс функциональной пожарной опасности – Ф5.1. Степень огнестойкости: П. Класс конструктивной пожарной опасности: С0.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести литературный обзор по вопросам состояния проблем водоснабжения на промышленных предприятиях. 2. Дать характеристику объекта защиты и оценить необходимость защиты трубопровода от гидравлических ударов. 3. Рассчитать величину гидравлического удара при работе задвижки, пуске и выключении насоса. 4. Разработать мероприятия по повышению эффективности противоударной защиты напорного водовода водоотведения.
Перечень графического материала:	1. Схема системы оборотного водоснабжения (1 лист А3).

	2. Колпак воздушно-гидравлический (1 лист А4). 3. Поршневой клапан-гаситель (1 лист А4). 4. Предохранительная разрывная мембрана (1 лист А3).
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Полицинская Е.В., к.пед.н.
Социальная ответственность	Деменкова Л.Г., к.пед.н.
Нормоконтроль	Деменкова Л.Г., к.пед.н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2021 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель/ консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ/ Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Мальчик А.Г./ Деменкова Л.Г.	к.т.н./ к.пед.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г60	Призюк С.И.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 85 страницах, содержит 15 рисунков, 7 таблиц, 50 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР, АВАРИЯ, НАПОРНЫЙ ВОДОВОД, ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ, НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ.

Объектом исследования является насосная станция оборотного водоснабжения ОСП «ЮФЗ» АО «КФ».

Цель работы: разработка системы противоударной защиты напорного водовода насосной станции оборотного водоснабжения.

Задачи работы:

- провести литературный обзор по вопросам состояния проблем водоснабжения на промышленных предприятиях;
- дать характеристику объекта защиты и оценить необходимость защиты трубопровода от гидравлических ударов;
- рассчитать величину гидравлического удара при работе задвижки, пуске и выключении насоса;
- разработать мероприятия по повышению эффективности противоударной защиты напорного водовода водоотведения.

Abstract

The final qualification work is made on 86 pages, contains 15 figures, 7 tables, 50 sources, 4 appendices.

Keywords: HYDRAULIC SHOCK, ACCIDENT, PRESSURE WATER LINE, PIPELINE PROTECTION, PUMPING STATION.

The object of the study is the pumping station of the circulating water supply of the OSP «SFZ» of JSC «KF».

The purpose of the work: development of a system of shock-proof protection of the pressure water line of the pumping station of recycled water supply.

Tasks of the work:

- to conduct a literature review on the state of water supply problems in industrial enterprises;
- give a description of the object of protection and assess the need to protect the pipeline from hydraulic shocks;
- calculate the amount of hydraulic shock during the operation of the valve, start-up and shutdown of the pump;
- develop measures to improve the effectiveness of shock-proof protection of the pressure water pipe of the drainage system.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения

ГОСТ 17.1.1.04-80 Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования

ГОСТ 2761-84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора

ГОСТ 6942-98 Трубы чугунные канализационные и фасонные части к ним. Технические условия

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ ISO 2531-2012 Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водо- и газоснабжения. Технические условия

ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации

Оглавление

	С.
Введение	11
1 Обзор литературы	14
1.1 Общие сведения о водоводах	14
1.2 Общее понятие о гидравлическом ударе	16
1.3 Способы защиты трубопроводов от гидравлических ударов	20
1.3.1 Общие сведения о противоударных устройствах	20
1.3.2 Воздушно-гидравлические колпаки	21
1.3.3 Поршневой клапан-гаситель гидравлических ударов	22
1.3.4 Гасители гидравлического удара	24
1.3.5 Сброс воды через насос	26
1.3.6 Впуск и заземление воздуха	27
1.3.7 Предохранительные устройства	27
1.3.8 Стабилизаторы давления «ЭКОВЭЙВ»	28
1.4 Выводы по главе 1	30
2 Характеристика объекта исследования	31
2.1 Общее представление о насосной станции оборотного водоснабжения	31
2.2 Анализ противоаварийной защиты насосной станции оборотного водоснабжения	34
2.3 Расчет трубопровода на гидравлический удар при регулировании потока жидкости задвижкой	34
2.4 Расчет трубопровода на гидравлический удар при пуске центробежного насоса	36
2.5 Расчёт трубопровода на гидравлический удар при выключении насоса	37
2.6 Выводы по главе 2	39
3 Расчёты и аналитика	40

3.1	Защита трубопровода от гидравлических ударов	40
3.1.1	Описание проектного решения	40
3.1.2	Расчёт воздушно-гидравлического колпака	40
3.1.3	Расчёт поршневого клапана-гасителя	43
3.1.4	Расчёт предохранительной разрывной мембраны	46
3.1.5	Впуск и заземление воздуха	46
3.1.6	Расчет предохранительной разрывной мембраны	49
3.1.7	Комбинированная защита от гидравлического удара	50
3.2	Выводы по главе 3	51
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
4.1	Определение возможного прямого ущерба	52
4.2	Определение возможного косвенного ущерба	53
4.3	Расчет затрат на восстановление и ремонт после аварии	55
4.4	Вывод по главе 4	56
5	Социальная ответственность	57
5.1	Описание рабочего места машиниста насосных установок	57
5.2	Анализ выявленных вредных факторов	58
5.2.1	Шум	58
5.2.1.1	Характеристика шума на объекте	58
5.2.1.2	Расчёт снижения шума при установке звукопоглощающей облицовки	60
5.2.2	Повышенный уровень вибрации	62
5.2.3	Микроклимат рабочей зоны	63
5.2.4	Освещенность рабочей зоны	64
5.3	Опасные производственные факторы	65
5.3.1	Поражение электрическим током	65
5.3.2	Пожарная безопасность	66
5.4	Охрана окружающей среды	68

5.5	Защита в чрезвычайных ситуациях	69
5.6	Охрана труда машиниста насосной станции	70
5.7	Выводы по главе 5 «Социальная ответственность»	71
	Заключение (выводы)	73
	Список использованных источников	74
	Приложение А. Схема насосной станции оборотного водоснабжения	82
	Приложение Б. Схема воздушно-гидравлического колпака	83
	Приложение В. Схема поршневого клапана	84
	Приложение Г. Схема разрывной мембраны	85

Введение

На сегодняшний день металлургические и металлообрабатывающие предприятия являются одними из основных потребителей воды. Суммарное количество воды, расходуемой на выплавку 1 т стали, составляет 200–220 м³, что в 22 раза выше, чем в странах ЕС [1]. Поэтому в последние годы на предприятиях черной металлургии проводятся организационно-технические мероприятия, направленные на рациональное расходование воды и уменьшение сброса сточных вод в водоемы, а также осуществляется строительство очистных и других водохозяйственных сооружений с целью предотвращения загрязнения природных вод. После использования в производственных целях вода становится непригодной к дальнейшему применению, т.к. содержит различные загрязнения: органические и неорганические соединения, тяжелые металлы и т.д. Сбрасывать загрязненную воду в городскую систему канализации нельзя, потому что предназначенные для очистки бытовых стоков системы не справляются с промышленными загрязнениями. Помимо этого, ежедневное потребление больших объемов воды для технологических нужд несет с собой повышенные расходы для металлургических предприятий, которые нечем восполнить. В связи с этим встает вопрос организации оборотного водоснабжения на предприятиях, которое поможет сократить потребление воды, минимизировать затраты на производство и сократить объемы сточных вод.

Оборотным водоснабжением предприятия называют систему, которая позволяет практически полностью отказаться от забора воды или свести ее потребление к минимуму. Подобная организация поставки воды для технологических нужд на металлургическом предприятии решает экологические, а также экономические задачи, поэтому большая часть таких предприятий в России перешли на частичное или полное оборотное водоснабжение. Водоотводящие сети устраиваются самотечными или

напорными. Напорные трубопроводы являются важным рабочим звеном в обеспечении эффективной работы водоотводящей системы, обеспечивая подачу на требуемую высоту и большие расстояния. Однако при организации обратного водоснабжения с помощью напорных водоводов можно столкнуться с опасностью аварии вследствие гидравлического удара.

Гидравлическим ударом называется резкое повышение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока жидкости. Гидравлический удар чаще всего возникает при резком открытии или закрытии запорной арматуры и удар может привести не только к нарушению водоснабжения, но и к затоплению помещений. Чтобы обеспечить надежную работу системы водоснабжения, необходимо проведение соответствующих расчетов трубопровода на гидравлический удар. От точности проведения таких расчетов во многом зависит выбор наиболее эффективных средств противоударной защиты и материала труб.

Согласно данным Минстроя РФ за 2020 г. [2], большая часть аварий и инцидентов в сфере жилищно-коммунального хозяйства приходится на водоснабжение, в частности на порывы водопроводных сетей. По данным Фонда развития трубной промышленности [3], за последние семь лет в России произошло 4452 крупные аварии в системах водоснабжения, от разливов кипятка пострадали 230 и погибли 79 человек. Например, на главной насосной станции г. Томска аварии по причине гидроудара происходили в 2006, 2012, 2018 гг., что приводило к затоплению машинного зала станции. Остановку главной городской насосной станции в 2018 г. признали чрезвычайной ситуацией локального характера [4]. По данным Росстата [5], в среднем в регионах подлежит замене более 44% водопроводных сетей, 30% сетей в сфере горячего водоснабжения, 45% – в водоотведении.

По оценкам экспертов, причинами разрыва трубопроводов являются:

- 60% случаев – гидроудары, перепады давления и вибрации,
- 25% – коррозионные процессы,
- 15% – природные явления и форс-мажорные обстоятельства [3].

Причины пульсаций давления и гидроударов:

- несанкционированные (аварийные) отключения электроэнергии;
- сбои систем автоматики и управления;
- срабатывание запорной трубопроводной арматуры;
- быстрые коммутационные переключения;
- короткие замыкания;
- ошибки обслуживающего персонала.

Потери транспортируемой среды в натуральном выражении при этом составляют до 30 %, потери энергии – до 15 %. В среднем на 2020 г. затраты на ликвидацию последствий аварийного случая составляют от 65 тыс. руб. и выше. Согласно поручению Президента РФ от 6 июля 2019 г. № ПР-1479 [6], во всех субъектах России к 2022 г. должно быть обеспечено снижение в 1,5 раза количества аварий на системах производства, транспортировки и распределении коммунальных ресурсов (трубопроводные системы водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения).

Таким образом, актуальность темы дипломной работы обусловлена широким применением напорного транспортирования воды, а также официальной статистикой аварий на системах водоснабжения.

Цель работы: разработка системы противоударной защиты напорного водовода насосной станции оборотного водоснабжения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести литературный обзор по вопросам состояния проблем водоснабжения на промышленных предприятиях;
- дать характеристику объекта защиты и оценить необходимость защиты трубопровода от гидравлических ударов;
- рассчитать величину гидравлического удара при работе задвижки, пуске и выключении насоса;
- разработать мероприятия по повышению эффективности противоударной защиты напорного водовода водоотведения.

1 Обзор литературы

1.1 Общие сведения о водоводах

Водоводы разделяются на магистральные, продольные, групповые или районные и напорные водоводы систем водоснабжения населённых пунктов [4]. Магистральные водоводы предназначены для снабжения водой удалённых от водоисточников городов, посёлков, промышленных объектов. Они часто имеют большую протяженность (до сотен км), вследствие чего на пути таких водоводов располагается несколько промежуточных насосных станций для повышения напора в трубах. Диаметры труб магистральных водоводов, как правило, не менее 250 мм [7].

Продольные водоводы или водопроводы применяются, как правило, в системах водоснабжения на железнодорожном транспорте, они укладываются вдоль железнодорожных линий; по этим водоводам из одного источника снабжается водой целый ряд железнодорожных станций. Примером продольного водопровода является Курганский – из реки Иртыш протяженностью около 60 км [4].

Групповые или районные водопроводы представляют собой сеть объединённых магистралей, предназначенных для обеспечения водой из одного мощного и надёжного водоисточника с современной водоочистой станцией городов, посёлков, промышленных и сельскохозяйственных предприятий на больших площадях (до тысяч км²) [7]. Групповые водоводы особенно эффективны в маловодных районах. Примерами их могут служить объединённые групповые водопроводы в Омской, Тюменской, Новосибирской областях, Алтайском крае.

Напорные водоводы систем водоснабжения населённых пунктов располагаются между насосными станциями первого подъёма и очистными сооружениями или водонапорными ёмкостями. Они могут быть и напорно-разводящими, т.е. с попутным разбором воды. Примером напорного водовода

может служить водовод от водозаборных сооружений на Воткинском водохранилище до очистных водопроводных сооружений в г. Ижевске протяжённостью 54 км [7].

Водоводы разделяются на нагнетательные, по которым вода подаётся под действием насосов и гравитационные (самотечные), по которым она протекает под естественным напором [8]. Широкое распространение получили также самотечно-напорные водоводы, у них на отдельных участках вода нагнетается насосами, а на других участках, имеющих необходимый уклон местности, протекает под естественным напором, образованным превышением начальной точки участка над конечной.

Кроме этого, водоводы бывают однониточные и многониточные [8], т.е. из двух или более линий трубопроводов. Обычно сначала сооружается одна или две линии, а затем по мере увеличения необходимой подачи воды в процессе реконструкции строятся остальные линии.

По материалу труб закрытые водоводы разделяются на водоводы из стальных, железобетонных, чугунных, асбестоцементных или пластмассовых труб [8]. Выбор материала труб производится в соответствии с внутренним давлением в них, коррозионной агрессивностью грунтов и грунтовых вод, санитарных условий работы трубопроводов и требованиями надёжности их действия.

Отвести стоки к очистным сооружениям, обеспечить их подачу на требуемую высоту, большие расстояния или выпуск в водоем самотеком в системах водоотведения населенных пунктов и промышленных предприятий удается не всегда. Поэтому часто возникает необходимость перекачки сточных вод насосными станциями, которые по напорным линиям транспортируют стоки в заданные места и на требуемые высоты. Напорные трубопроводы являются важным рабочим звеном в обеспечении эффективной работы всей водоотводящей системы. От надежного функционирования этих линейных участков во многом зависит устойчивая деятельность предприятия. Резкие

повышения давления в таких системах могут приводить к авариям, которые нарушают функционирование производственного объекта.

Статистика показывает [8], что основными причинами аварий и разрушений трубопроводов наряду с коррозией и дефектами изготовления оказываются гидроудары и вибрации, возникающие вследствие динамических нагрузок. Вибрации и гидроудары могут стать причинами усталостных напряжений трубопроводов, в результате которых нарушается герметичность проточных трактов.

1.2 Общее понятие о гидравлическом ударе

Гидравлическим ударом называется внезапное повышение или снижение давления жидкости внутри трубопровода, вызванное любым резким изменением скорости её течения [9]. Гидравлические удары возникают при пуске и остановке насосов при открытой задвижке на напорной линии, а также при быстром открытии или закрытии регулирующих органов на водоводах и от других причин. При гидравлических ударах давление в трубах скачкообразно возрастает до больших величин, в ряде случаев образуется вакуум, резко колеблется давление, возникает кавитация. Эти явления нарушают герметичность стыков, вызывают разрывы труб, повреждение рабочих колёс насосов, контрольно-измерительных приборов, арматуры, нежелательную вибрацию оборудования и т.д. Различают два вида гидроударов – полный и неполный, или прямой и непрямой гидравлический удар. Полный гидроудар возникает при полной остановке жидкости, неполный – когда скорость движения жидкости меняется.

Впервые научная теория гидравлического удара в трубах разработана Н.Е. Жуковским. В дальнейшем изучению этого явления посвятили свои труды отечественные и зарубежные исследователи: В.С. Дикаревский, С.Д. Чистопольский, Н.В. Твардовская, Л. Бержерон, В. Стритер, Ф. Вуд и др. Величина гидравлического удара определяется: характеристикой насоса или

запорного органа, материалом труб, их диаметром, длиной трубопровода, режимом работы водовода, наличием в воде нерастворённых газов, профилем укладки трубопровода и т.д.

Формула Н.Е. Жуковского [8] для определения напора при прямом гидравлическом ударе имеет вид:

$$H = H_0 + \Delta H = H_0 + \frac{c \cdot \Delta v}{g}, \quad (1)$$

где H_0 – статический напор, т.е. напор в данной точке водовода после прекращения течения жидкости, м вод. ст.;

ΔH – добавочный напор за счёт гидравлического удара, м вод. ст.;

c – скорость распространения ударной волны, м/с;

Δv – величина изменения скорости течения в водоводе, м/с;

g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$).

При полном прекращении течения, когда $v=0$, $\Delta v=v_0$,

$$H = H_0 + \frac{c \cdot v_0}{g}, \quad (2)$$

Если скорость течения не замедляется, а, наоборот, ускоряется, например, вследствие резкого открытия крана, то в формулах (1) и (2) перед вторым слагаемым должен стоять знак «минус».

Приведём пример, показывающий величину гидравлического удара. Допустим, в конце водовода быстро закрывается задвижка, возникает прямой удар. Скорость течения до закрытия $v=1,5 \text{ м/с}$, $H_0=50 \text{ м вод. ст.}$, трубы чугунные, скорость распространения ударной волны $c=1100 \text{ м/с}$. Тогда по формуле (1)

$$H = 50 + \frac{1100 \cdot 1,5}{9,81} = 218 \text{ м вод. ст.},$$

что соответствует $2,14 \text{ МПа}$. В действительности это давление вследствие потерь энергии и других факторов будет несколько меньше, но, учитывая, что согласно ГОСТ 9583-75 [11] предел прочности труб чугунных напорных составляет не более $0,1 \text{ МПа}$, можно предположить высокую вероятность аварии вследствие разрушения труб.

Гидравлический удар в трубопроводах носит волновой характер. Это означает, что возникший в какой-либо точке трубопровода импульс изменения скорости и давления перемещается вдоль всего трубопровода в виде волны изменения скорости и повышения или понижения давления. Волны отражаются от открытого конца трубопровода, от тупика, резервуара и других характерных мест в трубопроводе и перемещаются в обратную сторону. Волны давления от резервуаров со свободной поверхностью жидкости или открытых концов труб отражаются с переменной знака, а от закрытых концов трубопровода – с тем же знаком, что и подошедшие.

При непрямом ударе величина изменения напора ΔH получается меньше, чем по формуле Н.Е. Жуковского (1). Это объясняется тем, что при значительной продолжительности времени к месту возникновения гидравлического удара начинают подходить отражённые от свободного конца трубы или от резервуара волны противоположного знака в тот момент, когда процесс нарастания (или падения) давления здесь ещё не закончился. В результате взаимодействия прямых и отраженных волн суммарный напор получается меньше, чем по формуле.

Из формулы (1) видно, что скорость распространения ударной волны c – важный параметр, определяющий величину напора при гидравлическом ударе. Скорость распространения ударной волны рассчитывают по формуле

$$c = \frac{\sqrt{\frac{E_{ж}}{\rho_{жс}}}}{\sqrt{1 + \frac{E_{жс} \cdot D}{E_m \cdot \delta}}} = \frac{1435 \frac{м}{с}}{\sqrt{1 + \frac{E_{жс} \cdot D}{E_m \cdot \delta}}}, \quad (3)$$

где $E_{жс}$ – модуль объёмной упругости жидкости, Па. Для воды при обычных давлениях и температурах около 20^0 С $E_{жс} = 2060$ МПа;

E_T – модуль упругой деформации материала труб, МПа (табл. 1);

$\rho_{жс}$ – плотность жидкости, $кг/м^3$;

D и δ – внутренний диаметр и толщина стенок труб, см.

Таблица 1 – Модули упругой деформации материалов труб

Материал труб	Модуль упругой деформации E_T , МПа
Сталь	$2,06 \cdot 10^5$
Чугун	$9,8 \cdot 10^4$
Асбоцемент	$1,96 \cdot 10^5$

Для быстрого определения скорости c в зависимости от соотношения D/δ для всего сортамента стальных, чугунных и асбестоцементных труб, по формуле (3) составлен график, представленный на рисунке 1 [2].

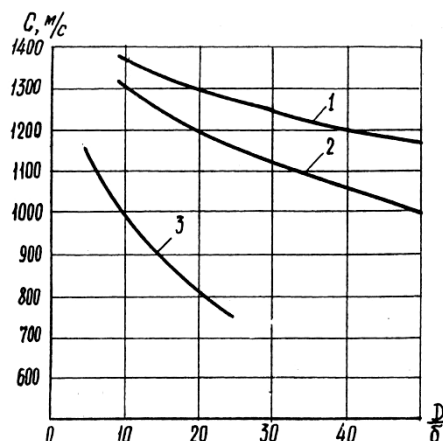


Рисунок 1 – Зависимость скорости c от отношения D/δ для стальных (1), чугунных (2) и асбестоцементных труб (3)

Эксперименты на реальных водоводах, как правило, показывают, что скорости распространения ударных волн в водоводах в действительности меньше, чем по приведённым выше формулам. Это объясняется, в первую очередь, присутствием в воде мельчайших пузырьков воздуха, которые уменьшают упругость жидкости, а также наличием утечек из трубопроводов. Оба этих фактора учесть при расчётах затруднительно, поэтому они обычно не принимаются во внимание и идут в запас расчёта.

Следует отметить, что фактическая скорость распространения ударной волны в водоводах может быть значительно меньше расчетной, за счет присутствия в воде растворенных газов. Однако учет этого фактора осложняется тем, что количество растворенного газа неизвестно. Поэтому обычно используют в расчетах теоретическую скорость (3), имея некоторый запас при определении ударных давлений.

1.3 Способы защиты трубопроводов от гидравлических ударов

1.3.1 Общие сведения о противоударных устройствах

Резкое увеличение давления, сопровождающее гидравлический удар – явление крайне негативное, т.к. гидравлический удар может разрушить трубопровод или какие-либо элементы гидравлических машин, испытывающие эффекты гидравлического удара. По этой причине разрабатываются методы предотвращения гидравлических ударов или уменьшить его негативное влияние.

Государственная политика в области модернизации и продления срока службы трубопроводных систем предусматривает широкое внедрение новых технологий. Минстроем РФ разработана и активно реализуется Программа противоаварийной защиты трубопроводной инфраструктуры. В настоящее время российскими и зарубежными исследователями накоплен большой объем знаний по расчету гидравлического удара и методам защиты от него напорных трубопроводных систем водоснабжения, гидроэнергетики, мелиорации, горнодобывающей промышленности, для систем транспортирования нефти, для трубопроводов химической промышленности и др.

Существующие технологии защиты трубопроводов от порывов включают различные устройства противоаварийной защиты и основаны на:

- сбросе части жидкости из трубопровода в атмосферу, в источник водоснабжения, в закрытый резервуар (предохранительные клапаны, разрывные мембраны, пневморезервуары, гидрозатворы-переливы);

- впуске в трубопровод воздуха или воды в месте разрыва целостности (сплошности) потока;

- увеличении продолжительности включения-выключения насоса, открытия-закрытия арматуры (обратные клапаны, приводы частотного регулирования, устройства плавного пуска, тормозные устройства на сетевых насосных агрегатах, реле).

Общими недостатками перечисленных устройств являются: энергозависимость, низкая скорость срабатывания, создание дополнительного сопротивления, несрабатывание при провалах давления. Кроме того, эти устройства не снижают уровень вибраций и требуют создания дополнительных емкостей, практически не устраняют динамической составляющей волновых процессов, являющейся главной причиной аварий на трубопроводах, следовательно, не в полной мере решают проблему защиты сетей и оборудования от пульсаций давления и гидроударов.

Наряду с эффективными противоударными мероприятиями в технической литературе до сих пор встречаются рекомендации по использованию в качестве противоударных приборов пружинных и рычажно-грузовых клапанов [10]. Эти клапаны хорошо работают на паровых котлах, где давление поднимается медленно, но на водоводах они работают неудовлетворительно. Это объясняется высокой инерционностью рычажно-грузовых клапанов и необходимостью точного расчёта на заданное давление пружинных клапанов. При изменении давления последние или протекают, или не гасят гидравлические удары.

1.3.2 Воздушно-гидравлические колпаки

Воздушно-гидравлические колпаки – старейшее средство для предохранения от гидравлических ударов. Колпаки успешно гасят гидравлические удары, возникающие от любых причин, и не допускают вакуума в месте образования возмущения потока. Колпаки или котлы состоят из стальных цилиндрических сосудов, заполненных в верхней части воздухом (примерно на $2/3$ высоты при статическом давлении). Колпаки устанавливаются вертикально на патрубок трубопровода, как показано на рисунке 2. При гидравлическом ударе и повышении давления в линии часть воды поступает из трубопровода в колпак и сжимает находящийся там воздух, при этом сила удара ослабевает за счёт амортизирующих свойств воздуха.

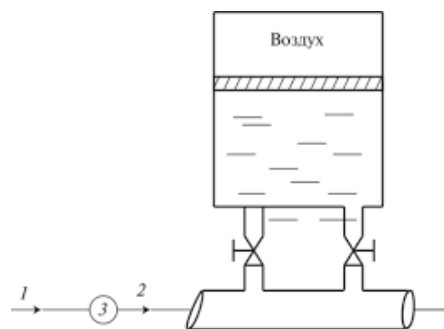


Рисунок 2 – Установка воздушно-гидравлического колпака:

1,2 – трубопровод; 3 – насос

При понижении давления в трубопроводе воздух расширяется и часть воды из колпака вытекает в трубопровод, заполняя возможные разрывы сплошности и тем самым снижая величину последующего повышения давления. Таким образом, воздух в колпаке служит упругим элементом, компенсирующим изменение объёма жидкости в трубопроводе при гидравлическом ударе.

Воздушно-гидравлические колпаки характеризуются простотой устройства, однако их основным недостатком является быстрое уменьшение запасов воздуха вследствие растворения его в воде или утечек через неплотности. Для сохранения запаса воздуха в колпаках используют плавающие перегородки из дерева, покрытого резиной, или из пластмассы. Кроме того, для водоводов больших длин и диаметров размеры колпаков очень велики и требуют значительных расходов металла, что сужает область рационального использования колпаков на трубопроводах.

1.3.3 Поршневой клапан-гаситель гидравлических ударов

Устройство поршневого клапана-гасителя приведено на рисунке 3. Принцип действия клапана состоит в следующем. При гидравлическом ударе давление в трубопроводе под клапаном и в патрубке 7 возрастает. Это давление с некоторым запаздыванием передаётся по импульсной трубке 2 в цилиндр клапана 10. Запаздывание в передаче импульса обусловлено наличием в трубке

2 устойчивого гидравлического сопротивления в виде диафрагмы 3 с небольшим отверстием. В результате такого запаздывания давление на тарельчатый клапан 6 снизу при гидравлическом ударе оказывается больше давления на поршень 9 сверху, поэтому тарелка 6 приподнимается и часть воды сбрасывается из трубопровода через водовыпускной патрубок 8. После сбрасывания воды давление сразу же понижается. Поэтому импульс повышенного давления не распространяется по трубопроводу.

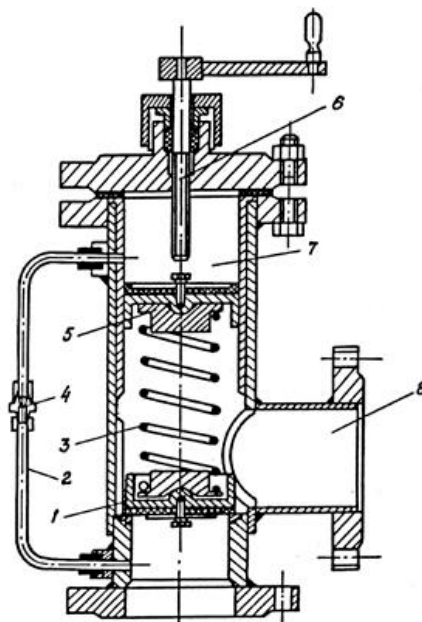


Рисунок 3 – Схема поршневого клапана

После того, как клапан на короткое время откроет водосбросное отверстие, оно снова плотно закрывается, так как площадь поршня 9 превышает площадь тарелки клапана 6. При нормальной работе по этой же причине клапан плотно закрыт при любом давлении. Пружина 5 в отличие от пружинных клапанов служит амортизатором, смягчающим удар при подъёме и опускании тарелки 6. Усилие, прижимающее тарелку к седлу, в данном клапане создаётся не силой нажатия пружины, а посредством гидравлической передачи давления по соединительной трубке на поршень 9. Поэтому прибор называется клапаном с гидравлической нагрузкой. В этом заключается основное преимущество рассматриваемого клапана. При наличии гидравлической нагрузки один и тот же клапан работает при разных давлениях; его можно устанавливать сразу для

группы насосов с различными параметрами; не требуется регулировки прибора, так как работа регулируется автоматически в соответствии с изменением давления. Поршневой клапан может быть установлен как в здании насосной станции, так и в любом колодце по длине водовода. Объем воды, сбрасываемый клапаном, как правило, небольшой и составляет несколько десятков литров.

Гаситель гидроудара KIT PRESSAIR предназначен для минимизации воздействия резких скачков давления в напорной магистрали (гидроударов) на гидравлику насосов и трубопроводные элементы, а также для обеспечения корректной работы встроенных датчиков давления насосных станций и блоков контроля потока.

Гасители гидравлического удара выпускаются промышленно как в России, так и за рубежом (ESPA, Испания) и представляют собой подпружиненный герметичный поршень, способный перемещаться под действием давления воды, размещенный в компактном корпусе асферической формы. Подключение – резьбовое. Применение гасителей позволяет нивелировать воздействие резких скачков давления в напорной магистрали на гидравлику насосов и трубопроводные элементы. Гасители гидроударов также выполняют функцию компенсирующей емкости, обеспечивая корректность показаний датчиков давления насосных станций и блоков контроля потока, и как следствие, стабильность работы насосов и насосных станций. Благодаря своей компактности гасители гидроударов не требуют выделения отдельного пространства для монтажа, не нуждаются в обслуживании и регулировке.

1.3.4 Гасители гидравлического удара

На городских водоводах большого диаметра получили распространение гасители гидравлических ударов. Эти гасители срабатывают только при гидравлических ударах, начинающихся с понижения давления, т.е. при выключении насосов. Общая схема гасителя дана на рисунке 3. Гаситель устанавливается на патрубке над задвижкой 9 после обратного клапана 8. При

нормальной работе поршни распределителя 4 занимают верхнее положение, при котором цилиндр гасителя соединен с водоводом до обратного клапана при помощи трубки 6. Давление на поршень 3 и клапан гасителя 1 одинаково, при этом водосбросное отверстие плотно закрыто тарелкой клапана, так как её площадь меньше площади поршня. При гидравлическом ударе, вызванном выключением насоса, давление у насоса сначала резко снижается и поэтому обратный клапан 8 закрывается. В цилиндре прибора, соединённом трубкой 6 с трубопроводом у насоса, давление также понижается. При подходе отражённой волны гидравлического удара давление перед обратным клапаном начинает возрастать. Оно действует на клапан 1, вследствие чего при отсутствии достаточного противодействия со стороны поршня 3 клапан приподнимается, часть воды сбрасывается из водовода по отводной трубе 10 и давление в водоводе снижается. При перемещении клапана 1 вверх поршень масляного тормоза также быстро движется вверх, а масло из верхней части цилиндра через специальные отверстия в поршне беспрепятственно протекает в его нижнюю часть.

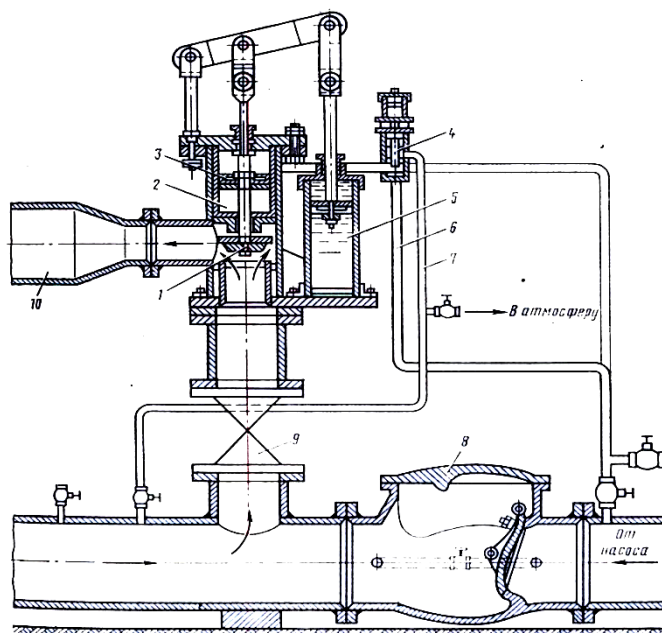


Рисунок 4 – Гаситель гидравлического удара

После гашения гидравлического удара распределитель 4 автоматически соединяет цилиндр гасителя трубкой 7 с участком водовода, расположенным дальше обратного клапана. Тогда под действием повышенного давления, действующего на поршень 3, клапан 1 начинает медленно закрываться. Быстрому захлопыванию клапана и возникновению новых гидравлических ударов препятствует масляный тормоз 5, так как при опускании в нём поршня масло медленно протекает через ниппель из нижней части цилиндра в верхнюю, а остальные отверстия в поршне при его движении вниз закрываются.

При последующем пуске насоса под давлением, возникающем в трубке 6, поршни распределителя занимают первоначальное положение, при котором цилиндр прибора соединяется с участком водовода до обратного клапана и, следовательно, гаситель снова готов к действию.

Гасители имеют существенные недостатки:

- вследствие сложной конструкции для надёжной работы приборов требуется квалифицированная эксплуатация;
- гасители не реагируют на гидравлические удары, начинающиеся с повышения напора, т.е. на удары, возникающие при пуске насосов;
- гаситель нельзя устанавливать в промежуточных точках водовода;
- гаситель очень громоздкий и сбрасывает слишком много воды.

Неэффективную работу гасителей можно объяснить неправильной их эксплуатацией.

1.3.5 Сброс воды через насос

Сброс воды через насосы целесообразно применять при большом диаметре водовода, т.е. при необходимости удалить из трубопровода значительное количество воды, чтобы снизить давление при гидравлическом ударе до требуемых пределов. Применяют ограниченный и неограниченный сброс воды. При пропуске воды через насосы в обратном направлении рабочее

колесо начинает работать в турбинном режиме, то есть вращаться в обратную сторону. Во избежание недопустимого разгона рабочего колеса насоса, а следовательно, и ротора электродвигателя сброс воды через насосы ограничивают до определённой величины. Неограниченный сброс воды применяют в том случае, когда реверс насосного агрегата допустим, а давление при этом снижается до требуемого предела. Неограниченный сброс воды желательно осуществлять при заторможенном рабочем колесе насоса. В настоящее время нет надёжных конструкций тормозов для насосов, поэтому приходится использовать ограниченный сброс воды при свободном вращении рабочего колеса.

1.3.6 Впуск и заземление воздуха

Впуск и заземление воздуха для гашения гидравлического удара применяются особенно эффективно в тех случаях, когда в трубопроводе в процессе неустановившегося движения образуется разрыв сплошности потока. После заполнения каверн (разрыва) и особенно при соударении колонн разошедшейся воды повышение давления может достигать значительных величин. Впущенный в места разрыва сплошности потока воздух играет роль амортизатора, смягчает гидравлический удар, поэтому повышенного давления в трубах не возникает. При остановке насосов наиболее вероятное место образования разрыва сплошности потока – в водоводе у насоса. Наиболее эффективно снижают ударное давление впуск и заземление воздуха в нескольких точках по длине трубопровода, когда поток воды впущенным воздухом разбивается на несколько колонн.

1.3.7 Предохранительные устройства

В тех случаях, когда в трубопроводах по расчёту возможны значительные гидравлические удары, которые могут вызвать серьёзные аварии

(затопление насосной станции, размыв оснований под фундаментами и т.д.), необходимо предусматривать аварийную защиту от недопустимого повышения давления. В качестве аварийных средств в первую очередь рекомендуются предохранительные разрывные мембраны – металлические диски, устанавливаемые между двумя фланцами на отводном трубопроводе. При повышении давления сверх расчётного диск разрывается, часть жидкости сбрасывается из трубопровода, гидравлический удар затухает. После этого задвижка на отводном трубопроводе закрывается, вставляется новая мембрана и задвижка снова открывается. Стоимость установки мембран, как правило, ничтожна по сравнению с убытками, которые может причинить гидравлический удар при разрыве труб и других авариях. В настоящее время предлагается устанавливать на водоводах тонколистовые мембраны из металлической ленты, изготовленной из стали, титана, латуни, меди, никеля, монеля и т.д. (рис. 5).

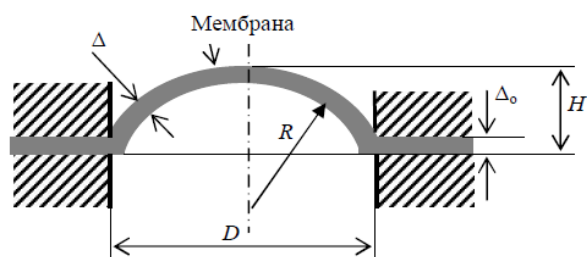


Рисунок 5 – Схема разрывной мембраны

Для того чтобы увеличить срок эксплуатации мембран (более 1 года), необходимо выдержать определённое отношение разрушающего давления к рабочему. Это максимальное отношение при температуре 20°C составляет для нержавеющей стали 1,1, для никеля 1,05, для меди 1,30, для алюминия 1,5 [12].

1.3.8 Стабилизаторы давления «ЭКОВЭЙВ»

Существующие технологии противоаварийной защиты практически не устраняют динамической составляющей волновых процессов, являющейся

главной причиной аварий на трубопроводах, следовательно, не в полной мере решают проблему защиты сетей и оборудования от пульсаций давления и гидроударов [13].

Известен инновационный метод комплексной защиты трубопроводов за счет нового класса устройств – стабилизаторов давления. Применение стабилизаторов давления обеспечивает фазовый сдвиг и гашение волновых и вибрационных процессов как в аварийном, так и в штатном режиме работы гидросистемы за счёт воздействия на геометрию потока транспортируемой среды. Помимо этого, внедрение стабилизаторов в несколько раз замедляет интенсивность коррозионных процессов внутренней поверхности трубопроводов в местах концентрации усталостных напряжений, что продлевает срок службы даже изношенных трубопроводов, позволяет снизить общую аварийность трубопроводов и оборудования, а также уменьшить финансовые потери, связанные с ликвидацией последствий аварий [14].

По сравнению с техническими средствами подобного назначения стабилизаторы давления «ЭКОВЭЙВ» обладают следующими преимуществами:

- мгновенное быстроедействие;
- энергонезависимость, легкость монтажа и эксплуатации (стабилизаторы давления монтируются путем врезки в трубопровод методом сварки или фланцевым соединением с трубопроводом, не требуют обслуживания в процессе эксплуатации);
- отсутствие регулирующих механизмов управления, отсутствие потерь рабочей среды.

Проектирование, производство и применение стабилизаторов давления «ЭКОВЭЙВ» на трубопроводных системах различного назначения осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 54086-2010 Стабилизаторы давления [15]. На рис. 6 изображен пример монтажа системы стабилизаторов давления компанией «ЭКОВЭЙВ».

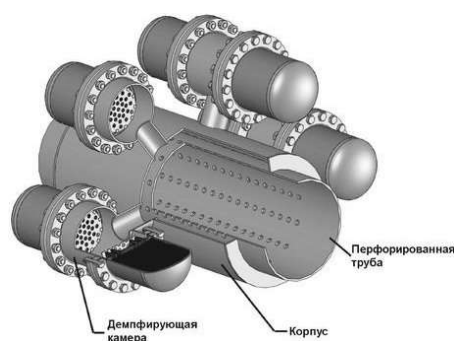


Рисунок 6 – Стабилизатор давления «ЭКОВЭЙВ»

Стабилизаторы давления «ЭКОВЭЙВ» применяются для противоаварийной защиты трубопроводов и оборудования в различных отраслях промышленности: в ЖКХ, нефтегазовой, металлургической промышленности, трубопроводном транспорте.

1.4 Выводы по главе 1

В главе 1 рассмотрены общие сведения о водоводах и дано представление о гидравлическом ударе. Величина гидравлического удара определяется характеристикой насоса или запорного устройства, материалом труб, их диаметром, длиной трубопровода, режимом работы водовода, наличием в воде нерастворённых газов, профилем укладки трубопровода и др.

Установлено, что повышение давления при гидравлическом ударе определяется расчётом, на основании которого принимаются меры защиты от гидравлического удара. Для защиты водоводов от гидравлических ударов разработаны достаточно надёжные противоударные устройства, обеспечивающие снижение статического давления (гидрозатворы-переливы, сбросные и предохранительные клапаны, разрывные мембраны); уменьшение крутизны фронта волновой пульсации давления (обратные клапаны, устройства, изменяющие время закрытия (открытия) запорно-регулирующих устройств, тормозные устройства на сетевых насосных агрегатах, частотные преобразователи).

2 Характеристика объекта исследования

2.1 Общее представление об объекте исследования

Объектом исследования является насосная станция оборотного водоснабжения Юргинского ферросплавного завода, расположенного по адресу: г. Юрга, ул.Абразивная, 1. Территория завода имеет покрытие улучшенного типа из асфальтобетона толщиной 50 мм по слою песчано-гравийной подготовки толщиной 150 мм. Общая площадь, занимаемая зданиями, сооружениями и коммуникациями, составляет 10200 м².

Этажность здания насосной станции – 1. Наибольшая рабочая смена – 9 чел. Наружные стены здания насосной станции кирпичные. Перегородки кирпичные, оштукатуренные, побеленные. Перекрытия железобетонные. Крыша двухскатная, кровельное покрытие – рубероид по битумной мастике. Пределы огнестойкости строительных конструкций производственного корпуса соответствуют требованиям СП 112.13330.2011 [16], а именно:

- наружные стены здания выполнены из кирпича, оштукатурены с внутренней стороны, толщина стен 650 мм;
- внутренние несущие стены, кирпичные, оштукатурены толщина стен 380 мм;
- перекрытия выполнены железобетонными плитами, толщиной 220мм;
- лестницы выполнены сборными железобетонными площадками лестничными маршами по металлическим косоурам.

Класс функциональной пожарной опасности – Ф5.1. Степень огнестойкости: II. Класс конструктивной пожарной опасности: С0.

Наружное пожаротушение предусмотрено от двух пожарных гидрантов, расположенных: 1 – на территории прилегающей непосредственно к насосной станции, 2 – в 50 м от здания насосной станции около ж/д путей предприятия, в соответствии с требованиями [17]. Проверка работоспособности пожарных гидрантов проводится совместно с ГУ «17 отряд федеральной

противопожарной службы по Кемеровской области» два раза в год – весной и осенью. У гидрантов, а также по направлению движения к ним установлены соответствующие указатели.

Пожарная нагрузка в здании: производственное оборудование, мебель, инвентарь, выполненные из сгораемых материалов. Система оповещения и управления эвакуацией 3 типа.

Оборотная система водоохлаждения имеет производительность 2500 м³/ч и предназначена для охлаждения элементов печей и технологического оборудования. В состав системы водоохлаждения входят насосная станция, эжекционные градирни, циркуляционные водоводы, водоводы подпитки, камера переключения, водоприемный резервуар. Схема системы представлена в Приложении А.

Принцип действия обратного водоснабжения следующий: после охлаждения печей и технологического оборудования нагретая до 40 °С вода по двум сливным водоводам, расположенным в грунте на глубине 3,3 м, самотеком поступает в двухсекционный приемный резервуар насосной станции. Далее с помощью пяти центробежных насосов типа 1Д800-56 с электродвигателями 4АМ315М4У3 (рис. 7) нагретая вода поступает в два магистральных напорных водовода, которые выполняются в две нитки из стальных труб диаметром 630 мм и прокладываются на лежневых опорах.

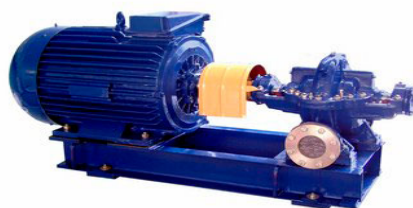


Рисунок 7 – Центробежный насос типа 1Д800-56

Далее тёплая вода поступает в водоводы из стальных труб диаметром 426 мм, выполненные также в две нитки, и подаётся на охлаждение в эжекционные градирни, изображенные на рисунке 8.



Рисунок 8 – Эжекционные градирни

Для обеспечения возможности отключения градирен устанавливаются фланцевые задвижки диаметром 400 мм. Охлаждение нагретой воды производится на трёх градирнях производительностью 1000 м³/ч каждая. После охлаждения на градирнях до температуры 30 °С вода по двум магистральным водоводам диаметром 530 мм, проложенным в грунте на глубине 2,7 м подается в цеха.

Настоящая схема охлаждения предусматривает возможность подачи дифференцированных расходов воды в случае ремонта или остановки некоторых печей, что достигается установкой пяти рабочих насосов, трех градирен и подачи воды по двум ниткам водоводов. Система задвижек, расположенных в отдельно стоящих камерах, позволяет осуществить вывод в ремонт любой градирни или магистральной нитки.

Для исключения перелива из водоприемного резервуара выполняется переливная труба диаметром 325 мм. Для осуществления ремонта резервуара предусматривается устройство опорожнения по трубопроводу диаметром 108мм. Отвод воды осуществляется в ливневую канализацию.

Потери воды в системе водоохлаждения происходят за счет испарения, капельного уноса воды в градирнях, случайных протечек, плановых опорожнений. Подпитка системы предусматривается из существующих водоводов: хозпитьевого напорного и производственного. Водоводы подпитки проложены в грунте на глубине 2,7 м, выполняются из стальных труб

диаметром 108 мм из стали марки ВСтЗсп5 согласно ГОСТ 8732-78 [18]. Для учета количества воды на водоводах подпитки устанавливаются расходомеры «Взлет» (УРСВ-010М-01).

2.2 Анализ противоаварийной защиты насосной станции оборотного водоснабжения

Противоаварийная защита трубопроводов и оборудования насосной станции направлена на предотвращение аварий вследствие вибрационных и гидравлических ударных нагрузок, а также вынужденных колебаний и резонансных явлений в трубопроводах и представлена устройством аварийного отключения насосов и обратными клапанами, установленными около насосов.

Кроме того, минимизировать гидравлический удар можно за счет медленного открытия и закрытия запорной арматуры, что прописано в должностных инструкциях персонала. Однако для более полного представления о необходимости усиления противоаварийной защиты трубопроводов от гидравлического удара следует провести расчёты трубопровода на гидравлический удар при различных технологических режимах.

2.3 Расчет трубопровода на гидравлический удар при регулировании потока жидкости задвижкой

Расчёт проведём согласно «Руководству по расчету средств защиты водоводов от гидравлических ударов» [19]. Гидравлический удар при быстром закрытии или открытии задвижки считается самым опасным. Повышение давления при гидравлическом ударе определяется по формуле:

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot v \quad (4)$$

где Δp – повышение давления при гидравлическом ударе, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³ (для воды $\rho=1000$ кг/м³);

c – скорость распространения ударной волны, м/с;

v – скорость течения воды в трубопроводе до удара ($v = 4$ м/с).

Величина скорости распространения ударной волны зависит от внутреннего диаметра трубы, толщины ее стенок и коэффициента упругости материала трубы. Примем $D = 530$ мм, $E_T = 2,06 \cdot 10^5$ МПа, $E_{ж} = 2060$ МПа, $\delta = 10$ мм.

Гидростатическое давление в трубе, когда задвижка открыта, равно 4 атм (напор перед задвижкой – 40 м вод. ст.).

Находим скорость распространения ударной волны по формуле (3):

$$c = \frac{1435}{\sqrt{1 + 0,01 \cdot \frac{530}{10}}} = 1160 \text{ м/с.}$$

По формуле (4) определяем повышение давления при гидравлическом ударе:

$$\Delta p = 1000 \cdot 1160 \cdot 4 = 4640000 \text{ Па} = 4,64 \text{ МПа} = 47,3 \text{ кгс/см}^2.$$

Определим напряжение, испытываемое стенками трубы от гидростатического давления до удара по формуле (5):

$$\sigma_r = \frac{p \cdot D}{\delta \cdot 2}, \quad (5)$$

где p – гидростатическое давление в трубе, когда задвижка открыта (4 кгс/см^2).

$$\sigma_r = \frac{4 \cdot 530}{10 \cdot 2} = 106 \text{ кгс/см}^2.$$

Напряжение непосредственно от самого гидравлического удара

$$\sigma_y = \frac{47,3 \cdot 530}{10 \cdot 2} = 1253,45 \text{ кгс/см}^2.$$

Полное напряжение, возникающее в трубопроводе при гидравлическом ударе:

$$\sigma_{\Pi} = \sigma_r + \sigma_y = 106 + 1253,45 = 1359,45 \text{ кгс/см}^2 = 133316503,425 \text{ Па} = 133,3 \text{ МПа.}$$

Согласно СП 33.13330.2012 «Расчет на прочность стальных трубопроводов» [20] коэффициент запаса прочности для стальных труб

подземной прокладки составляет 1,2. Следовательно, полное напряжение с учётом коэффициента запаса прочности составит

$$133,3 \text{ МПа} \cdot 1,2 = 159,96 \text{ МПа} \approx 160 \text{ МПа.}$$

Сравнивая значения полного напряжения и допустимого для стали ВСтЗсп5 напряжения на разрыв – 147 МПа [21], получаем, что гидравлический удар при такой скорости течения жидкости угрожает целостности трубы.

2.4 Расчет трубопровода на гидравлический удар при пуске центробежного насоса

Пуск автоматизированных центробежных насосов типа 1Д800-56 в условиях существующей станции водоохлаждения цеха № 6, осуществляется при постоянно открытой задвижке на напорной линии. Насосы 1Д800-56 имеет напор 0,56 МПа (57 м вод. ст.) согласно паспорту изделия. Электродвигатели 4АМЗ15М4УЗ (напряжение 380 В, мощность 200 кВт) с частотой вращения 1450 об/мин, вследствие чего насосы быстро набирают обороты, развивая максимальное давление, пока жидкость ещё не начала двигаться по всему трубопроводу. Насос некоторый короткий промежуток времени фактически качает воду, как бы на закрытую задвижку, которой является сама жидкость в трубе, и заполняет так называемую упругую ёмкость трубы, т.е. пространство, образующееся при сжатии жидкости и расширении стенок трубы под действием давления. В этих условиях, т.е. при почти нулевом расходе, максимальный напор насоса может существенно превысить рабочий напор, как это непосредственно следует из характеристики насоса Q–H. По этой же причине напор при пуске во всех случаях не может превышать наибольший напор по характеристике насоса.

Для предварительной оценки величины напора при гидравлическом ударе при пуске насоса воспользуемся уравнением (1):

$$H = 57 + \frac{1160 \cdot 4}{9,81} = 530 \text{ м вод. ст.} = 5,2 \text{ МПа.}$$

Сравнивая с допустимым для стали напряжением на разрыв – 147 МПа [22], получаем, что гидравлический удар при пуске насоса не угрожает целостности трубы.

2.5 Расчёт трубопровода на гидравлический удар при выключении насоса

Расчёт гидравлического удара производится согласно методическим указаниям [19]. Гидравлические удары при выключении насосов представляют наибольшую опасность для водоводов, оборудованных обратными клапанами. На насосной станции оборотного водоснабжения установлены насосы со следующими техническими характеристиками:

- подача $Q = 800 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- напор $H = 57 \text{ м}$;
- частота вращения агрегата $n = 1400 \text{ об/мин}$;
- КПД агрегата $\eta = 0,83$.

Привод к насосам принят от электродвигателей мощностью 200 кВт. Момент инерции ротора двигателя $GD^2 = 3,8 \text{ тм}^2$. Каждый насос подает воду в отдельный стальной трубопровод диаметром 630 мм, толщиной 10 мм. Скорость движения воды в трубопроводе $v = 4 \text{ м/с}$, скорость распространения волны гидравлического удара $c = 1160 \text{ м/с}$. Длина трубопровода $L = 800 \text{ м}$. Безразмерная характеристика трубопровода по формуле:

$$2P = \frac{cv}{gH}. \quad (6)$$

$$2P = \frac{1160 \cdot 4}{9,81 \cdot 57} = 8,3.$$

Длительность фазы гидравлического удара

$$t = \frac{2L}{c}. \quad (7)$$

$$t = \frac{2 \cdot 800}{1160} = 1,4 \text{ с}.$$

Принимая $CD_{\text{арп}}^2 = 1,2 \cdot CD^2$, получим:

$$CD_{\text{арп}}^2 = 1,2 \cdot 3,8 = 4,56 \text{ тм}^2.$$

При этом:

$$K_1 = \frac{1800 \cdot Q \cdot H}{CD_{\text{арп}}^2 \cdot n^2 \cdot \eta} \quad (7)$$

$$K_1 = \frac{1800 \cdot 8 \cdot 57}{4,56 \cdot 1400^2 \cdot 0,83} = 0,2.$$

Полное значение:

$$K_{1t} = 0,2 \cdot 1,4 = 0,28.$$

Согласно графикам зависимости для $2P = 8,3$ и $K_{1t} = 0,28$ (рис. 9) [7] коэффициент понижения напора будет составлять 94 %, а коэффициент повышения – 42 %, что в абсолютных величинах дает:

$$H_{\text{пов}} = 57 \cdot 0,42 = 24 \text{ м вод.ст.}$$

$$H_{\text{пон}} = 56 \cdot 0,94 = 53,6 \text{ м вод.ст.}$$

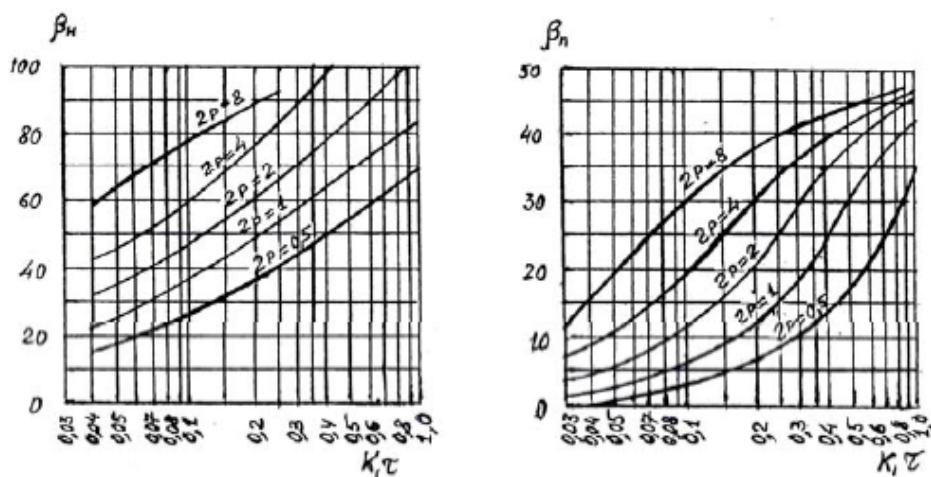


Рисунок 9 – Графики для определения максимальных и минимальных значений понижения и повышения напора у насосов

При повышении и понижении давления в трубопроводе значения их будут составлять:

$$H_{\text{max}} = H + H_{\text{пов}} = 57 + 24 = 81 \text{ м вод.ст.} = 0,8 \text{ МПа};$$

$$H_{\text{min}} = H - H_{\text{пон}} = 56 - 53,6 = 3,4 \text{ м вод.ст.} = 0,03 \text{ МПа.}$$

Полученные значения не угрожают целостности трубы, не приводят к разрывам сплошности потока.

2.6 Выводы по главе 2

Из приведенных расчетов видно, что опасность гидравлического удара на насосной станции существует при регулировании потока жидкости задвижкой, что подтверждает литературные данные [17–19].

Чтобы защитить трубопровод от гидравлических ударов, на объекте защиты используются следующие меры:

- плавное и медленное открывание/закрывание запорных элементов;
- использование труб большого диаметра;
- плавное снижение/увеличение скорости вращения насосов;
- обратные клапаны;
- устройства блокировки насосов при нарушениях технологического процесса.

Гидравлический удар нанесёт значительный материальный ущерб и повлечет за собой дорогостоящие ремонтно-восстановительные работы. Кроме того, волны повышенного ударного давления, возникающие при гидравлическом ударе в насосе, распространяющиеся по сети трубопроводов, могут вызвать значительные забросы давления даже в местах, удаленных от источника гидравлического удара, и быть причиной шума и выхода из строя гидроаппаратуры (задвижек, вентилей). Таким образом, существует необходимость защиты трубопровода от гидравлического удара.

3 Расчеты и аналитика

3.1 Защита трубопровода от гидравлического удара

3.1.1 Описание проектного решения

Для предупреждения гидравлических ударов разработаны надёжные противоударные приспособления, а для водоводов большого диаметра – комплексы противоударных мероприятий. Анализ различных противоударных устройств и мероприятий с точки зрения применимости их для напорных водоводов систем оборотного водоснабжения показал [19], что наиболее целесообразны воздушно-гидравлические колпаки с устройствами для сохранения в них воздуха, поршневые клапаны-гасители, разрывные мембраны. Приведём расчёты основных параметров данного оборудования.

3.1.2 Расчет воздушно-гидравлического колпака

Расчёт воздушно-гидравлического колпака производится согласно методическим указаниям [22]. Объём воздушно-гидравлических колпаков должен быть рассчитан на случаи пуска и остановки насосов. От насосной станции второго подъёма запроектирован водовод в две нити диаметром 530 мм из стальных труб по ГОСТ 8732-78 [18] из стали марки ВСтЗсп5 длиной $L=100$ м.

Максимальный расход, подаваемый насосной станцией:

- напор $H_0=49$ м;
- статический абсолютный напор $H_{pca} = 49 + 10 = 57$ м;
- из расчётных таблиц: $v_0=1,66$ м/с, $1000i=7,37$ м/с.

Рассчитаем потери напора в водоводе:

$$h_{\Pi} = 1,1 \cdot 1000 \cdot i \cdot L. \quad (8)$$

$$h_{\Pi} = 1,1 \cdot 7,37 \cdot 6 = 48,6 \text{ м.}$$

Рабочий напор в водоводе: $H_{pc}=57-48,6=8,4$ м.

Рабочий абсолютный напор: $H_{pca}=8,4$ м.

Во избежание утечек из труб максимальный допустимый абсолютный напор (H_{pc}) желательно иметь приблизительно равным рабочему абсолютному напору, т.е. $H_{max}=8,4$ м.

Определим объём воздушно-гидравлического колпака, по условиям внезапной остановки насоса. По графикам (рисунок 10) колпаки рассчитываются в такой последовательности: во-первых, определяются безразмерные параметры:

$$\bar{h}_{\Pi} = \eta_0 \cdot \frac{h_{\Pi}}{H_{0a}} \quad (9)$$

$$\bar{h}_{\Pi} = 0,6 \cdot \frac{48,6}{57} = 0,5.$$

$$\bar{Z}_{max} = \frac{Z_{max}}{H_{0a}} = \frac{H_{pc} - H_0}{H_{0a}}. \quad (10)$$

$$\bar{Z}_{max} = \frac{8,4 - 1}{57} = 0,13.$$

где η_0 – коэффициент, учитывающий частичное восстановление потерь напора ($\eta_0=0,5\div 0,7$);

H_{0a} – абсолютный статический напор, м;

h_{Π} – потери напора, м;

Z_{max} – максимально допустимое повышение напора над статическим, м.

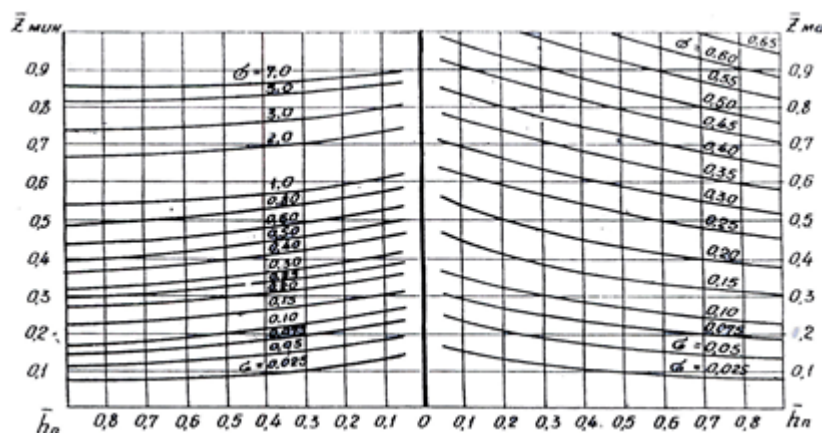


Рисунок 10 – График для определения объёма воздушно-гидравлических колпаков

По правой части графика, изображенного на рисунке 10, при известных \bar{h}_Π и \bar{Z}_{max} определяется характеристический параметр $\sigma=0,05$. Тогда объем воздуха в колпаке, необходимый по условиям гашения удара до максимально допустимого напора, приведённый к статическому давлению, определяется по формуле:

$$V_{c0} = \frac{L \cdot \omega \cdot U_0^2}{2 \cdot g \cdot H_{0a} \cdot \sigma}; \quad (11)$$

где L – длина трубопровода, м;

ω – площадь живого сечения труб водовода, м²;

g – ускорение свободного падения, $g=9,81$ Н/кг

$$V_{c0} = \frac{100 \cdot 500 \cdot 1,66^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 57 \cdot 0,05} = 2,5 \text{ м}^3.$$

Размеры колпака обычно определяются объемом воздуха в нём при его расширении V_{max} , и должен быть примерно на 30% больше, чем при минимальном напоре. Для этого при известных значениях \bar{h}_Π и σ по левой части графика на рисунке 10 определяется относительный минимальный напор $Z_{мин}$.

Объем колпака должен быть примерно на 30% больше V_c :

$$V_k = 30\% \cdot V_{max}. \quad (12)$$

$$V_k = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ м}^3.$$

По левой части диаграммы на рисунке 10 при известных \bar{h}_Π и σ определяем относительный минимальный напор $\bar{Z}_{мин}=0,15$.

В таком случае:

$$Z_{мин} = \bar{Z}_{мин} \cdot H_{0a} \quad (13)$$

$$Z_{мин} = 0,15 \cdot 57 = 8,55.$$

$$H_{мин-a} = H_{0a} - Z_{мин} \quad (14)$$

$$H_{мин-a} = 57 - 8,55 = 48,5$$

При этом в колпаке не должен возникать вакуум. Предполагается изотермическое расширение воздуха в колпаке; тогда максимальный объем воздуха в нём равен:

$$V_{\text{макс}} = \frac{V_{\text{со}} \cdot H_{0a}}{H_{\text{мин-а}}} \quad (15)$$

$$V_{\text{макс}} = \frac{2,5 \cdot 57}{48,5} \approx 3$$

Для того чтобы воздух не прорывался в напорную линию, должно соблюдаться условие:

$$V_k > V_{\text{макс}}$$

Ёмкость колпака V_k насоса вычисленная по формуле (12) удовлетворяет данному условию, следовательно, принимаем:

$$V_k = 3,25 \text{ м}^3.$$

При окончательно установленной ёмкости колпака высота его определится по формуле:

$$h_k = \frac{V_k}{S_k}; \quad (16)$$

Принимаем диаметр сечения $d = 1,6$ м, тогда площадь его поперечного сечения $S_k = 2 \text{ м}^2$.

Высота колпака:

$$h_k = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ м}.$$

В Приложении Б приведена схема воздушно-гидравлического колпака.

3.1.3 Расчет поршневого клапана-гасителя

Определим основные размеры поршневого клапана, предназначенного для установки в насосной станции водоохлаждения 6 цеха, на магистрали диаметром $D = 530$ мм, длиной $L = 100$ м. Скорость установившегося течения $v_0 = 1,66$ м/с, рабочий напор у насосной станции $H_p = 56$ м, статический напор $H_0 = 57$ м. Максимальный допустимый напор при гидравлическом ударе $H_{pc} = 75,6$ м. Скорость распространения ударной волны $c = 32,3$ м/с. Ожидаемый максимальный напор при гидравлическом ударе по расчёту $H_{уд}$, при условии тупиковой ветки, т.е. на закрытую задвижку $H_{уд} = H_{pc} \cdot 2 = 75,6 \cdot 2 = 151$ м.

1. Диаметр клапана в седле определяют по формуле:

$$d_c = 0,85 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{v_0 - \frac{g \cdot h_{\text{пр}}}{c}}{\sqrt{H_{\text{рс}}}}}, \quad (17)$$

где D – диаметр трубопровода, м;

g – ускорение свободного падения, $g=9,81$ Н/кг;

$H_{\text{рс}}$ – допустимый избыточный напор в трубопроводе, м;

$h_{\text{пр}}$ – превышение расчётного напора $H_{\text{рс}}$ над рабочим напором $H_{\text{р}}$ м.

$$h_{\text{пр}} = H_{\text{рс}} - H_{\text{р}}. \quad (18)$$

$$h_{\text{пр}} = 75,6 - 56 = 19,6 \text{ м.}$$

$$d_c = 0,85 \cdot 530 \cdot \sqrt{\frac{1,66 - \frac{9,81 \cdot 19,6}{32,2}}{\sqrt{75,6}}} = 174,5 \text{ мм.}$$

Принимаем $d_c = 175$ мм.

2. Диаметр тарельчатого клапана:

$$d_k = d_c + 2m \quad (19)$$

где d_c – по формуле (17);

m – ширина опорной части седла, $m=7 \dots 10$, принимаем $m=8$

$$d_k = 175 + 2 \cdot 8 = 191 \text{ мм}$$

Высота тарельчатого клапана:

$$H_{\text{кл}} = 0,4 \cdot d_k \quad (20)$$

$$H_{\text{кл}} = 0,4 \cdot 191 = 76,4.$$

Диаметр поршня:

$$d_{\text{п}} = 1,12 \cdot d_c \quad (21)$$

$$d_{\text{п}} = 1,12 \cdot 175 = 196.$$

Расход жидкости сбрасываемый через клапан при гидравлическом ударе:

$$q_c = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left[v_0 - \frac{g \cdot (H_{\text{рс}} - H_0)}{c} \right]; \quad (22)$$

$$q_c = \frac{3,14 \cdot 500^2}{4} \cdot \left[1,66 - \frac{9,81 \cdot (75,6 - 57)}{32,2} \right] = 3,2 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Высоту подъема тарелки клапана в момент гашения гидравлического удара вычисляют по формуле

$$h_{\text{кл}} = \frac{q_c}{\mu_k \cdot \pi \cdot d_k \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{рс}}}}; \quad (23)$$

где μ – коэффициент расхода ($\mu=0,2 \dots 0,4$), принимаем $\mu=0,4$,

$$h_{\text{кл}} = \frac{3,2}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,19 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 75,6}} = 0,35 \text{ м} = 348 \text{ мм}.$$

Силу, действующую снизу, на тарельчатый клапан и пружину определяют по формуле:

$$P_{\text{н}} = P_{\text{р}} \cdot \omega_{\text{п}} + P_{\text{т}}; \quad (24)$$

$$P_{\text{н}} = 5,6 \cdot 30,2 + 49 = 218 \text{ Н};$$

где $P_{\text{р}}$ – рабочее давление, Па ($P_{\text{р}}=5,6$ Па);

$$\omega_{\text{п}} \text{ – площадь поршня, м}^2; \omega_{\text{п}} = 0,785 \cdot d_{\text{п}}^2;$$

$$\omega_{\text{п}} = 0,785 \cdot 196^2 = 30,2 \text{ м}^2.$$

$P_{\text{т}}$ – сила тяжести пружины, поршня и жидкости в цилиндре клапана, рассчитывается по формуле (25):

$$P_{\text{т}} = G \cdot g; \quad (25)$$

$$P_{\text{т}} = 5 \cdot 9,81 = 49 \text{ Н}.$$

где G – масса пружины, поршня и жидкости в цилиндре клапана.

Силу, действующую на пружину сверху вниз, вычисляют по формуле:

$$P_{\text{в}} = \rho \cdot g \cdot H_0 \cdot \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} + G \cdot g \quad (26)$$

$$P_{\text{в}} = 32,2 \cdot 9,81 \cdot 57 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,196^2}{4} + 5 \cdot 9,81 = 89,5 \text{ Н}.$$

Необходимую жесткость пружины определяют по формуле

$$a_{\text{ж}} = \frac{P_{\text{н}} - P_{\text{в}}}{h_{\text{кл}}} \quad (27)$$

$$a_{\text{ж}} = \frac{218 - 89,5}{348} = 0,37.$$

Диаметр выливного отверстия $d_{\text{в}} = 175$ мм, диаметр импульсной трубки $d_{\text{тр}} = 19$ мм. Отверстие в диафрагме, вставленной внутрь трубки $d_{\text{д}} = 1,9$ мм.

В Приложении В приведена схема поршневого клапана-гасителя.

3.1.4 Сброс воды через насос

На станции водоохлаждения цеха №6 возможно применение только обратных медленно закрывающихся клапанов [3]. Через медленно закрывающийся обратный клапан часть воды сбрасывается через насос, что снижает ударные давления в трубопроводе.

На станции для предотвращения гидроудара для каждого насоса установлены обратные клапаны DVC10S07-08. Обратные клапаны (нержавеющая сталь) предназначены для монтажа между фланцами и использования в условиях циклических потоков. Использование центральной направляющей диска гарантирует более долгий срок службы клапана по сравнению с обычными обратными клапанами.

Это так называемые безударные обратные клапаны диаметром 400 мм. В этих клапанах ось закрывающегося диска несколько смещена относительно середины корпуса, вследствие чего посадка диска на седло отчасти замедляется и смягчается. Следует иметь в виду, что подобные безударные клапаны применять в качестве самостоятельных защитных устройств можно только в тех случаях, когда сброс воды через медленно закрывающийся клапан не приведёт к чрезмерному повышению давления и не вызовет недопустимого реверса насоса.

3.1.5 Впуск и заземление воздуха

Впуск и заземление воздуха для гашения гидравлического удара применяются особенно эффективно в тех случаях, когда в трубопроводе в процессе неустановившегося движения образуется разрыв сплошности потока. После заполнения каверн (разрыва) и особенно при соударении колонн разошедшейся воды повышение давления может достигать значительных величин. Впущенный в места разрыва сплошности потока воздух играет роль

амортизатора, смягчает гидравлический удар, поэтому повышенного давления в трубах не возникает.

При остановке насосов наиболее вероятное место образования разрыва сплошности потока – в водоводе непосредственно около насоса. В зависимости от профиля водовода разрывы сплошности потока могут часто наблюдаться и в точках резкого перелома профиля, там где статические напоры небольшие, например, в пределах 10–15 м. Наиболее эффективно снижают ударное давление выпуск и заземление воздуха в нескольких точках по длине трубопровода, когда поток воды впущенным воздухом разбивается на несколько колонн. Как мера защиты от недопустимого повышения давления клапаны для выпуска и заземления воздуха оказываются тем эффективнее, чем меньше статический напор в месте их установки.

Для предварительной оценки эффективности клапанов можно воспользоваться графиком, приведённым на рисунке 11 [22].

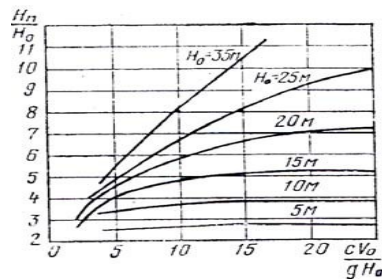


Рисунок 11 – График для ориентировочного определения напора при заземлении воздуха в местах образования разрыва сплошности потока

Вода подаётся от насоса в насосной станции в систему охлаждения печей цеха №6. Определим возможное повышение давления после выпуска и заземления воздуха.

В данном случае выполняется условие, при котором возможен разрыв сплошности потока:

$$\frac{c \cdot u_0}{g} > H_0 + H_{\text{ВМ}}. \quad (28)$$

где $H_{\text{ВМ}}$ – максимально возможный вакуум в трубах, м; теоретически $H_{\text{ВМ}}=10$ м, обычно $H_{\text{ВМ}}=8$ м, в нашем случае:

$$\frac{32,2 \cdot 1,66}{9,81} = 89,3 > H_0 + H_{\text{ВМ}} = 56 + 8 = 64 \text{ м};$$

то есть в трубопроводе возможны разрывы сплошности потока.

Наиболее подходящими местами впуска воздуха является переломная точка А, схемы водовода изображенной на рисунке 12. В этой точке и просчитаем необходимость при размещении клапана для впуска и заземления воздуха.

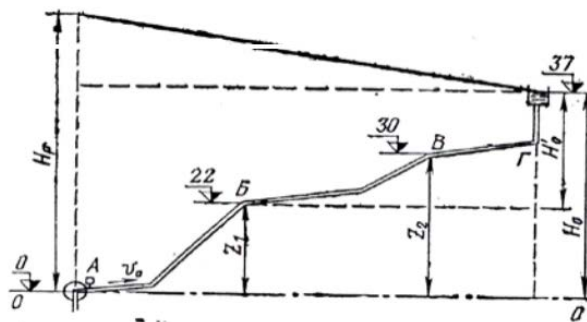


Рисунок 12 – Схема водовода

Точка А расположена на отметке – 148,46 (14,8м).

Статический напор в точке А равен

$$H'_0 = H_0 - Z_1. \quad (29)$$

$$H'_0 = 56 - 15 = 41.$$

Тогда

$$\frac{c \cdot v_0}{g \cdot H'_0} = \frac{32,2 \cdot 1,66}{9,81 \cdot 41} = 0,13.$$

По этим данным по графику на рисунке 11 находим $\frac{H_{\text{п}}}{H'_0}$. По данным графика это соотношение не имеет смысла, так как заземление при таком статическом напоре не существует.

Таким образом, в нашем случае использование обратных клапанов для впуска воздуха нецелесообразно.

3.1.6 Расчёт предохранительной разрывной мембраны

Диаметр мембраны и отводного трубопровода D_M определяется по расходу воды, который необходимо обеспечить на сбросе для гашения гидравлического удара. Этот расход для самого невыгодного случая – прямого удара – приближённо определяется по формуле

Водовод диаметром $D_T = 400$ мм из стальных труб, при выключении насоса предполагается защитить от гидравлических ударов разрывной мембраной, установленной на отводном трубопроводе перед обратным клапаном в здании насосной станции.

Разрушающий мембранный напор, исходя из прочности стальных труб, принимаем равным $H_{\text{раз}} = 90$ м ($H_{\text{раз}} \approx 0,90$ МПа).

Необходимый диаметр мембраны равен:

$$D_M = D \cdot \sqrt{\frac{v_0 - \frac{g}{c} \cdot (H_{\text{раз}} - H_p)}{\mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}}}; \quad (29)$$

где $\mu \approx 0,5$.

$$D_M = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{1,66 - \frac{9,81}{32,2} \cdot (90 - 56)}{0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 90}}} = 0,09 \text{ м};$$

принимаем $D_M = 0,1$ м.

Для изготовления мембран принята лента из неотожженного титана:

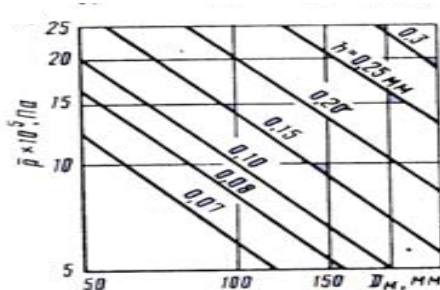


Рисунок 13 – Графики для подбора мембран; титан ВТ 1-0

По графику на рисунке 13 для титана при $D_M = 100$ мм.

$\bar{P}_{\text{раз}} = \bar{P} = 9,0 \cdot 10^5 \text{ Па (0,90 МПа)}$ толщину ленты ориентировочно принимаем $h = 0,07 \text{ мм}$.

В Приложении Г приведена схема разрывной мембраны.

3.1.7 Комбинированная защита от гидравлического удара

На насосной станции в качестве средств защиты от гидравлического удара установлены обратные клапана, которые при запаздывании в закрытии сами создают гидравлические удары. Впущенный таким образом воздух будет способствовать движению колонны воды ниже клапана с увеличенной обратной скоростью и вызывать повышение давления при ударе столба воды о задвижку.

Для более полного снижения ударного давления предлагается разделять водовод на участки перед обратными клапанами для того, чтобы в пределах каждого участка статические напоры были бы небольшими. При этом предполагается, что использование разрывных мембран окажется ещё более эффективным [23]. Схема возможной комбинированной установки противоударного клапана и мембран показана на рисунке 14. Возможно размещение одной или двух (для полной гарантии) мембран параллельно.

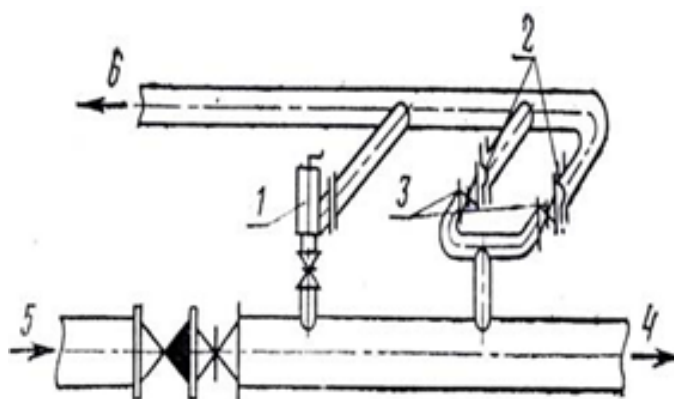


Рисунок 14 – Схема комбинированной защиты трубопровода от гидравлического удара клапаном и разрушающимися мембранами:

1 – клапан-гаситель; 2 – предохранительные разрывные мембраны; 3 – задвижки с гидроприводом или с ручным управлением; 4 – в сеть; 5 – от насосов; 6 – в резервуар

Таким образом, будет снижена нагрузка на фланцы действующих задвижек и предотвращена опасность гидроудара.

3.2 Выводы по главе 3

В главе 3 изложено проектное решение по защите водовода от гидравлического удара. Анализ различных противоударных устройств и мероприятий с точки зрения применимости их для напорных водоводов систем обратного водоснабжения показал, что наиболее целесообразны воздушно-гидравлические колпаки с устройствами для сохранения в них воздуха, поршневые клапаны-гасители, разрывные мембраны. Приведём расчёты основных параметров данного оборудования.

Приведены расчёты:

- воздушно-гидравлического колпака с параметрами – ёмкость колпака $V_k = 3,25 \text{ м}^3$, высота колпака – 1,5 м;

- поршневого клапана-гасителя с параметрами – диаметр выливного отверстия $d_v = 175 \text{ мм}$, диаметр импульсной трубки $d_{\text{ТР}} = 19 \text{ мм}$. Отверстие в диафрагме, вставленной внутрь трубки $d_d = 1,9 \text{ мм}$;

- разрывной мембраны с параметрами – диаметр мембраны равен $D_M = 0,1 \text{ м}$, толщина ленты $h = 0,07 \text{ мм}$; для изготовления мембран принята лента из неотожженного титана.

Предложена схема возможной комбинированной установки противоударного клапана и мембран.

Разработанные в проектном решении меры позволят снизить вероятность аварии при гидравлическом ударе.

4.1 Определение величины возможного прямого ущерба

Объектом исследования является насосная станция оборотного водоснабжения Юргинского ферросплавного завода. Необходимо определить максимально возможную величину ущерба объекту экономики при ЧС, связанной с разрывом трубопровода вследствие разрушения труб системы водоснабжения на циркулярных водоводах при гидравлическом ударе.

Исходные данные для расчета ущерба, нанесенного объекту экономики (ОЭ): в результате аварии в окружающую среду вышло 10 т воды. Время эксплуатации ОЭ до аварии $T_{\phi} = 15$ лет. ОЭ представляет собой производственное здание железобетонной конструкции длиной $l = 130$ м, шириной $b = 80$ м. ОЭ имеет подвальные помещения подо всей его площади, высота которого $h = 2$ м. Количество производственного персонала в здании $R_{\text{шт}}$ = 120 человек. Расстояние от места аварии до ОЭ составляет 10 м. Балансовая стоимость здания и технологического оборудования $C_{зб} = C_{\text{тоб}} = 1,5$ млн. руб, коммунально-энергетических систем (КЭС) $C_{\text{кэс}} = 0,36$ млн. руб, стоимость оборотных средств $C_{\text{ос}} = 0,2$ млн.руб.

Величина прибыли в единице товарной продукции $\Pi' = 5$ %. Норматив штрафов за недопоставку единицы товарной продукции $R_{\text{шт}} = 0,1$ тыс. руб. Ставка банковского кредита $C_k = 40$ %/год. Нормы амортизации: здания $N_{\text{аз}} = 3$ %/год, технологического оборудования $N_{\text{ато}} = 6$ %/год, КЭС – $N_{\text{акэс}} = 5$ %/год.

Нормы выработки при ведении восстановительных работ:

- по ремонту зданий $P_z = 25$ тыс.руб/чел.год;
- технологического оборудования $P_{\text{то}} = 30$ тыс.руб/чел/год,
- КЭС $P_{\text{кэс}} = 30$ тыс.руб/чел/год.

Суточный выпуск товарной продукции $N_c = 7$ ед, цена единицы товарной продукции $C_{тп} = 10$ тыс. руб.

Одним из следствий ЧС является ущерб, который наносится водопроводной сети и ОЭ в целом. При этом размер ущерба тем значительней, чем менее они устойчивы к действию поражающих факторов [24].

Определим величину возможного прямого ущерба:

$$Y_{\text{пmax}} = C_{зб} \cdot \left(1 - \frac{H_{аз} \cdot T_{\phi}}{100}\right) \cdot G_з + C_{тоб} \cdot \left(1 - \frac{H_{ато} \cdot T_{\phi}}{100}\right) \cdot G_{то} + \\ + C_{кэсб} \cdot \left(1 - \frac{H_{акэс} \cdot T_{\phi}}{100}\right) \cdot G_{кэс} + C_{ос} \cdot G_{ос}, \quad (30)$$

Принимаем относительную величину ущерба, причиняемого зданию, равной $G_з = 0,4$, технологическому оборудованию – $G_{то} = 0,3$, КЭС – $G_{кэс} = 0,25$ и оборотным средствам – $G_{ос} = 0,15$ от их остаточной стоимости.

$$Y_{\text{пmax}} = 1,5 \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot 15}{100}\right) \cdot 0,4 + 1,5 \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 15}{100}\right) \cdot 0,3 + \\ + 0,36 \cdot \left(1 - \frac{5 \cdot 15}{100}\right) \cdot 0,25 + 0,2 \cdot 0,15 = 0,43 \text{ млн. руб.}$$

4.2 Определение возможного косвенного ущерба

Необходимое количество рабочей силы для ведения восстановительных работ [25]:

$$R = \frac{C_{зб} \cdot G_з}{P_з} + \frac{C_{то} \cdot G_{то}}{P_{то}} + \frac{C_{кэс} \cdot G_{кэс}}{P_{кэс}}. \quad (31)$$

$$R = \frac{1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4}{25} + \frac{1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3}{30} + \frac{0,36 \cdot 10^3 \cdot 0,25}{20} = 42 \text{ чел.}$$

Количество производственного персонала, который может быть привлечен к восстановительным работам после аварии:

$$R' = 120 - 42 = 78 \text{ чел.}$$

Время восстановления ОЭ:

$$t_{в} = \frac{T \cdot R}{R'}. \quad (32)$$

$$t_B = \frac{12 \cdot 42}{78} = 6,5 \text{ мес.}$$

Стоимость восстановления ОЭ:

$$C_B = (C_{зб} \cdot G_3 + C_{то} \cdot G_{то} + C_{кэс} \cdot G_{кэс}) \cdot \left(\frac{C_K}{100}\right) \cdot t_B. \quad (33)$$

$$C_B = (1,5 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,3 + 0,36 \cdot 0,25) \cdot \left(\frac{40}{100}\right) \cdot 6,5 \approx 3 \text{ млн. руб.}$$

Утраченная величина прибыли за время восстановления производства:

$$C_{\Pi} = \frac{\Pi}{100} \cdot C_{\text{ТП}} \cdot N_c \cdot t_B. \quad (34)$$

$$C_{\Pi} = \frac{5}{100} \cdot 10 \cdot 6,5 \cdot 7 = 22,75 \text{ млн. руб.}$$

Величина штрафов за невыполнение договорных обязательств:

$$C_{\text{ш}} = R_{\text{ш}} \cdot V. \quad (35)$$

где V – объем недопоставки товарной продукции ($V=1360$ шт).

$$C_{\text{ш}} = 0,1 \cdot 1360 = 136,0 \text{ тыс. руб} = 0,136 \text{ млн. руб.}$$

Определяем затраты на ведение разведки:

$$C_p = C_{\text{зпч}} \cdot \left(n' \cdot \frac{N_{\text{рз}}}{N'_{\text{рз}} \cdot t}\right), \text{ млн.руб;} \quad (36)$$

где $C_{\text{зпч}}$ – средняя часовая заработная плата разведчика, руб./ч ($C_{\text{зпч}} = 3000$ руб.) [24];

t – время, в течение которого должна быть проведена первоначальная разведка, равное времени готовности к проведению спасательных работ, $t=5$ ч;

$$n = n' \cdot \frac{N_{\text{рз}}}{N'_{\text{рз}}} \cdot t \text{ – количество человек, необходимое для проведения}$$

разведки в течение времени t , чел;

$N_{\text{рз}}$ – количество разрушенных и поврежденных зданий в очаге поражения, ($N_{\text{рз}}=5$ ед.);

$N'_{\text{рз}}$ – нормативное количество зданий, которое может осмотреть разведывательный дозор за 1 час работы, ($N'_{\text{рз}}=1$ ед/ч);

n' – нормативное количество человек в дозоре, ($n' = 2$ чел).

Тогда получаем:

$$C_p = 3000 \cdot \left(2 \cdot \frac{5}{1 \cdot 5}\right) = 6000 = 0,006 \text{ млн.руб.}$$

Затраты на отключение КЭС рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{окэс}} = C_{\text{зпч}} \cdot \left(m \cdot \frac{p \cdot N_{\text{рз}}}{N'_{\text{рз}} \cdot t_0} \right), \text{ млн.руб}; \quad (37)$$

где $C_{\text{зпч}}$ – средняя часовая заработная плата рабочего аварийной группы, руб./ч [26];

m – нормативное количество человек в аварийной группе, чел.;

p – количество отключенных разрушенных участков сетей, ед.;

n_c – количество сетей в здании, ед.;

$N_{\text{рз}}$ – количество зданий, получивших средние, сильные и полные разрушения, ед.;

t_0 – нормативное время отключения аварийной группой разрушенного участка, ч/уч.

$$C_{\text{окэс}} = 5000 \cdot \left(10 \cdot \frac{2 \cdot 25}{2 \cdot 4} \right) = 0,312 \text{ млн.руб.}$$

Определяем затраты на ликвидацию ЧС:

$$C_{\text{лчс}} = C_p + C_{\text{окэс}}, \text{ млн.руб}; \quad (38)$$

$$C_{\text{лчс}} = 0,006 + 0,312 = 0,318 \text{ млн.руб.}$$

Максимальная величина косвенного ущерба:

$$Y_{\text{кmax}} = C_v + C_{\text{п}} + C_{\text{ш}} + C_{\text{лчс}}, \text{ млн.руб}; \quad (39)$$

$$Y_{\text{кmax}} = 3 + 22,75 + 0,136 + 0,318 = 26,204 \text{ млн.руб.}$$

Максимальная величина полного ущерба:

$$Y_{\text{max}} = 0,43 + 26,204 = 26,634 \text{ млн.руб.}$$

4.3 Расчет затрат на ремонт и восстановление после аварии

Затраты на ремонт и восстановление водопроводной сети включают в себя капитальные вложения, цену антикоррозийного покрытия и монтажные работы [27]:

$$Z_{\text{рем}} = C_{\text{рем}} \cdot L, \text{ млн.руб}; \quad (40)$$

где $C_{\text{рем}}$ – цена ремонта одного метра водопроводной сети, ($C_{\text{рем}}=54000$ руб.);

L – длина аварийного участка (L=10 м).

$$Z_{\text{рем}} = 54000 \cdot 10 = 540000 \text{ руб.}$$

4.4 Выводы по главе 4

Наибольшие разрушения могут возникнуть при аварии (порыве) на магистральном трубопроводе, образуя значительную территорию затопления и нанося значительный ущерб объекту экономики.

В данной главе был проведен анализ по определению возможного ущерба, нанесенного объекту экономики при ЧС, связанной с разрывом магистрального трубопровода насосной станции и расчет затрат на ремонт и восстановление в результате аварии.

Величина рассчитанного прямого ущерба составила 0,43 млн. руб., косвенного – 26,204 млн.руб. Общая сумма ущерба складывается из суммы прямого и косвенного ущерба, которая составила 26,634 млн.руб. В результате расчета затраты на ремонт трубы после аварии составляют 540 тыс.руб.

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места машиниста насосных установок

Рабочее место машиниста насосных установок расположено в помещении насосной станции оборотного водоснабжения ОСП «ЮФЗ» АО «КФ». Размеры машинного зала: длина 20,0 м; ширина 10,0 м; высота 6,0 м. На рабочем месте машиниста насосных установок работают пять человек, из них все женщины. Используемое оборудование – насосное оборудование, градирни, сырьё и материалы – канцелярские принадлежности. Рабочее место машиниста насосных установок для обеспечения производственной деятельности оборудуется креслом с регулируемым наклоном спинки и высотой сиденья и соответствует эргономическим требованиям, приведённым в ГОСТ 12.2.032-78 [28]. Распорядок рабочего времени машиниста насосных установок: восьмичасовой рабочий день, перерыв на обед 1 ч, практически 100 % рабочего времени сотрудник находится внутри помещения.

В помещении комбинированное освещение – естественное за счёт оконных проёмов и искусственное (люминесцентные лампы Philips 18 Вт G13 4000 К). Отопление водяное. Вентиляция осуществляется естественным путём через оконные проёмы. Стены и пол – керамическая плитка, потолок оштукатурен и окрашен водоэмульсионной краской.

В типовой инструкции по охране труда для машиниста насосных установок ТИ-074-2002 [29] официально признан факт наличия профессионального риска повреждения здоровья при осуществлении сотрудниками трудовых функций и приведен перечень отдельных вредных и (или) опасных производственных факторов: движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; внезапные разрушения запорной арматуры, прокладок соединений и трубопровода; повышенный уровень шума; общая вибрация; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Учитывая специфику рассматриваемого объекта согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы» [28], рассмотрим также инфразвук, производственный микроклимат и освещённость на рабочем месте машиниста насосных установок.

По результатам специальной оценки условий труда на анализируемом рабочем месте (карта № 2-288), по шуму установлен класс условий труда 3.1, по инфразвуку – 2, по параметрам световой среды – 2, по тяжести трудового процесса – 2, по напряжённости трудового процесса – 1, итоговый класс условий труда – 3.1. Эффективность СИЗ не оценивалась. Работнику предоставляются следующие гарантии и компенсации:

- повышенная оплата труда (ст. 147, гл. 21, разд. 6 ТК РФ [30]);
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск;
- проведение медицинских осмотров (Приказ Минздрава РФ от 28.01.2021 N 29Н [31]).

5.2 Анализ выявленных вредных факторов

5.2.1 Шум

5.2.1.1 Характеристика шума на объекте

Шум – совокупность звуков различной силы и высоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих неприятные субъективные ощущения. Шум возникает вследствие упругих колебаний как машины в целом, так и отдельных ее деталей. СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [33] устанавливает нормируемые параметры, допустимые и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, порядок выбора и применения различных методов и средств для снижения расчетных или фактических уровней шума до требований санитарных норм. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [34] устанавливает классификацию шума,

характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах, общие требования к защите от шума на рабочих местах, шумовым характеристикам оборудования и измерениям шума.

Шум уровня до 65 дБ вызывает раздражение, при работах, требующих внимания, при увеличении уровня шума с 65 до 85 дБ имеет место снижение производительности труда на 30 % [30]. Воздействие шума уровня 85 дБ и выше приводит к нарушениям органа слуха. В таблице 2 представлены результаты замеров шума в машинном зале согласно данным СОУТ, а также их превышение над допустимыми уровнями.

Таблица 2 – Результаты замеров шума и его допустимые уровни

Место замера	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									Уровень звука, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочее место	110	95	98	110	105	104	96	98	80	82
Допустимые уровни звукового давления, дБ	107	94	87	82	78	75	73	71	70	80

Анализ данных таблицы 2 показывает, что наблюдается превышение уровня шума. Для снижения шума существуют следующие методы: снижение шума в источнике; изменение направленности излучения; рациональная планировка производственного помещения; уменьшение шума на пути его распространения; акустическая обработка помещения. На рабочих местах, где не удастся добиться снижения шума до допустимых уровней техническими средствами, следует применять средства индивидуальной защиты от шума (СИЗ): наушники, вкладыши (многократного и однократного действия), шлемы.

В карте № 2-288 СОУТ приводятся рекомендации по своевременному техническому осмотру оборудования, использованию наушников противозумных или вкладышей типа «Беруши».

5.2.1.2 Расчёт снижения шума при установке звукопоглощающей облицовки

Требуемая ограждающая конструкция (стены, перегородки, перекрытия) выбирается из таблицы 3 в зависимости от требуемой звукоизолирующей способности ограждения.

Таблица 3 – Звукоизолирующая способность стен и перегородок акустически однослойной конструкции, дБ

Материал конструкции	Толщина, мм	Средняя поверхностная плотность ограждения, кг/м ²	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Гипсобетонная (гипсолитовая) плита	80	115	–	28	33	37	39	44	44	42
	95	135	–	32	37	37	42	48	53	–
Газобетонная Плита	240	270	–	39	42	51	56	54	52	–
Пемзобетонная панель, оштукатуренная с двух сторон	130	255	–	37	34	46	50	60	65	–
Шлакобетонная панель	250	400	–	30	45	52	59	64	64	–
	140	250	–	–	41	45	49	51	51	–
Древесностружечная плита	20	12	–	23	26	26	26	26	26	23
Шлакоблок, оштукатуренный с двух сторон	220	360	–	42	42	48	54	60	63	–
Армированная силикатобетонная панель	140	300	–	34	41	48	55	59	59	–
Фанера	3	2,4	7	11	14	19	23	26	27	26
	4	3,2	8	12	16	20	24	27	27	27
	5	4	9	12	17	21	25	27	27	29
	8	6,4	12	16	20	24	27	27	28	32
	10	8	13	17	21	25	28	28	29	33
Стеклопластик	3	5,1	9	13	17	21	25	29	31	32
	5	8,5	12	16	20	24	28	31	31	34
	8	13,6	15	19	23	27	30	31	33	37
	10	17	17	21	25	28	31	31	34	38

Целесообразной считается конструкция, звукоизолирующая способность которой в каждой частотной полосе не ниже требуемой. Допускается превышение требуемой по расчету звукоизолирующей способности, но не более 3 дБ и только в одной октавной частоте. Если по таблицам не удастся подобрать конструкцию, обладающую требуемой звукоизолирующей способностью, необходимо ее запроектировать на основании расчета (таблица 4). Объем помещения составляет 18 м³.

Таблица 4 – Определение требуемой звукоизолирующей способности ограждающей конструкции

Исходные и расчетные величины	Значения исходных и расчетных величин при среднегеометрической частоте октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звукового L_{pk} , дБ	95	98	110	105	104	96	98	80
Допустимый уровень звукового давления $L_{доп}$, дБ	94	87	82	78	75	73	71	70
Количество элементов ограждения n	3							
$10 \lg n$	5							
Частотный множитель μ	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
Постоянная помещения $B_u = \mu V / 1,5$	9,6	9	8,4	9,6	12	16,8	21,6	30
$10 \lg B_u$	9,8	9,5	9,2	9,8	10,8	12,3	13,3	14,8
Площадь ограждающей конструкции S_j , м ²	21							
$10 \lg S_i$	13,22							
Расстояние от источника шума до расчетной точки r_k , м	10							
$20 \lg r_k$	20							
$L_k = L_{pk} - 20 \lg r_k - 8$	67	70	82	77	76	68	70	52
$L_{сум} = 10 \lg \sum_{k=1}^m 10^{0,1L_k}$	67	70	82	77	76	68	70	52
R_{mp_i}	-9,3	2,9	17,2	21,7	25,7	16,2	17,1	0,7

R_{mp_i} рассчитываем по формуле:

$$R_{mp_i} = L_{сум} + 10\lg S_i - 10\lg B_u + 6 - L_{дон} + 10\lg n \quad (41)$$

Сравнивая полученные значения $R_{тр}$ с данными таблицы 3, в качестве ограждающей конструкции для снижения уровня шума на рабочем месте машиниста насосной станции предлагаем установить звукопоглощающие плиты Isoplaat, изготовитель – ОАО «Тихий Дом» (г. Новосибирск). Схема монтажа звукопоглощающих плит приведена на рис. 15.

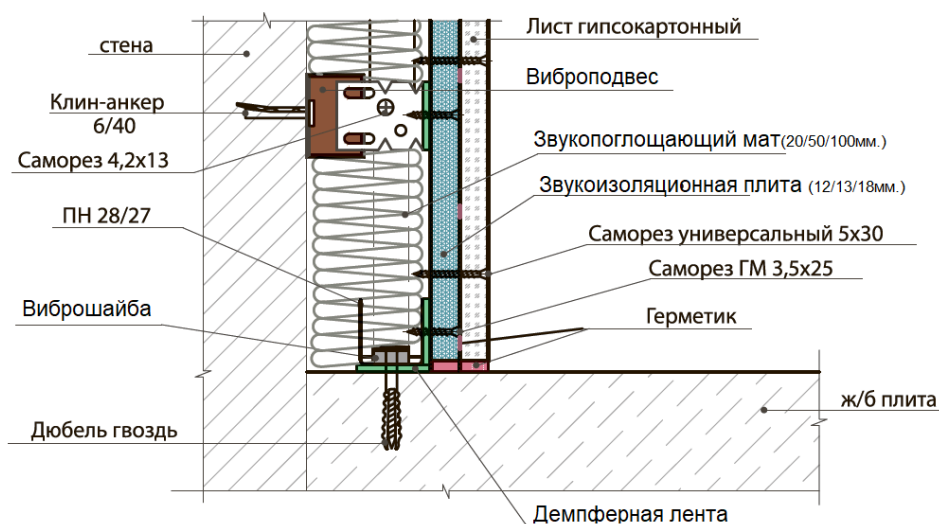


Рисунок 15 – Схема монтажа звукопоглощающих плит

Применение звукопоглощающей плит согласно паспорту позволяет снизить уровень звука в расчетных точках на рабочих местах – на 4–5 дБ.

5.2.2 Повышенный уровень вибрации

Причиной вибрации являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. Их источниками могут быть возвратно-поступательные движущиеся системы, неуравновешенные вращающиеся массы, ударные процессы. Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к поражениям центральной нервной системы и, в конечном счете, к вибрационной болезни. Вибрация бывает местной – воздействующей на отдельные части организма работающего, и общей – воздействующей на весь организм. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность».

Общие требования» [34]. Требования к индивидуальным средствам защиты регламентируются ГОСТ 12.4.002-97 «Средства защиты рук от вибрации» [35]. Нормативные значения и замеры уровня вибрации на рабочем месте машиниста насосной станции указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Нормативные значения и замеры уровня вибрации на рабочем месте

Среднегеометрическая частота, Гц	Значения уровня виброскорости, дБ	
	Рабочее место машиниста насосной станции	Норматив
2	108	108
4	97	99
8	93	93
16	91	92
31,5	91	92
63	92	92

При замерах уровня вибрации на рабочем месте машиниста насосной станции и сравнении его с нормативными значениями было выявлено, что уровень вибрации не превышает допустимые значения. При превышении допустимых значений применяются: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, а также СИЗ (защитные перчатки, рукавицы, прокладки, вкладыши, защитная обувь, стельки и подметки).

5.2.3 Микроклимат рабочей зоны

Вредное воздействие параметров микроклимата проявляется в повышенной или пониженной температуре воздуха рабочей зоны, повышенной или пониженной влажности воздуха, повышенной или пониженной подвижности воздуха. Состояние воздушной среды производственного помещения в значительной степени определяет условия труда. Обеспечение метеорологических условий обуславливается:

- ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [36];

- СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [37].

Насосы являются источниками тепла в помещении, т.к. некоторые части насосной установки (электродвигателя) нагреты постоянно свыше 100 °С, что достаточно серьезно влияет на производственный микроклимат.

Производственная деятельность машиниста связана с проведением операций по управлению насосами, физическим напряжением (перемещение в пространстве, перемещение мелких изделий или предметов при выполнении работ как сидя, так и стоя), что соответствует категории работы Па. В таблице 6 представлены результаты анализа замера параметров микроклимата и допустимые значения.

Таблица 6 – Результаты замера параметров микроклимата и допустимые значения

Место замера	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	
	Летом	Зимой	Летом	Зимой
Рабочее место машиниста насосной станции	25	18	65	60
Допустимое значение	21–28	20–24	15–75	15–75

Как видно из таблицы, температура воздуха как в тёплый, так и в холодный период не превышает допустимых значений. Требуемое состояние микроклимата рабочей зоны обеспечено устройством вентиляции и отопления, а также применением СИЗ – спецодежды и спецобуви.

5.2.4 Освещенность рабочей зоны

Вредное воздействие данного производственного фактора проявляется в отсутствии или недостатке естественного света, а также недостаточной освещенности рабочей зоны. Для нормализации параметров освещенности

необходимо четкое соблюдение требований СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [38].

Освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы. Увеличение освещенности рабочей поверхности улучшает видимость объектов за счет повышения их яркости, увеличивает скорость различения деталей, что сказывается на росте производительности труда, однако имеется предел, при котором дальнейшее увеличение освещенности почти не дает эффекта, поэтому необходимо улучшать качественные характеристики освещения. Чистка стекол световых проемов должна проводиться не реже 2 раз в год для помещений с незначительным выделением пыли, а для светильников 4–12 раз в год, в зависимости от характера запыленности производственного помещения. В таблице 7 представлены результаты замера параметров освещенности машинного зала и допустимые значения в соответствии с санитарными нормами и правилами.

Таблица 7 – Параметры освещенности машинного зала и допустимые значения

Место замера	Освещённость, лк
Рабочее место машиниста насосной станции	200
Допустимые значения	200

Таким образом, значение освещённости соответствует нормативному.

5.3 Опасные производственные факторы

5.3.1 Поражение электрическим током

Электрический ток, проходя через организм, оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие. Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов и других тканей. Электролитическое действие выражается в разложении крови и других органических жидкостей, что вызывает значительные

нарушения их физико-химических составов. Биологическое действие выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, в результате могут возникнуть различные нарушения в организме, в том числе нарушение и прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения. Действующим нормативным документом, регламентирующим опасность поражения электрическим током, является ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» [39]. Для составления локальной документации пользуются положениями Приказа Минтруда России от 15.12.2020 N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» [40].

Основными мерами защиты от поражения током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, от случайного соприкосновения;

- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, путём применения малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и др.;

- применение специальных электротехнических средств – переносных приборов и приспособлений;

- применение средств индивидуальной защиты;

- организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Все меры защиты присутствуют в полном объеме на насосной станции второго подъема.

5.3.2 Пожарная безопасность

Возгорание на рассматриваемом объекте может возникнуть вследствие нарушения правил техники безопасности, целостности электрической проводки, поломки электроприборов. С целью уменьшения риска

возникновения пожара на объекте разработан ряд мероприятий. К организационным мероприятиям относятся: проведение инструктажей, обучение пожарно-техническому минимуму, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности. К эксплуатационным мероприятиям относятся правильная эксплуатация электрооборудования, профилактические ремонты, осмотры и испытания оборудования и устройств, в том числе систем безопасности. К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных норм и правил при устройстве и установке систем безопасности, подвода электропроводки, защитного заземления. К режимным мероприятиям относится запрещение курения в неустановленных местах.

Для уменьшения риска возникновения пожара по причине нарушения целостности электропроводки в помещениях насосной станции состояние электропроводки проверяется один раз в полгода согласно ведомственному приказу в соответствии с установленным графиком. Электропроводка выполнена кабелем с оболочкой из материала, не распространяющего горение.

В целях обеспечения пожарной безопасности имеется инструкция о порядке действий на случай возникновения пожара, электрический фонарь, средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от токсичных продуктов горения (газодымозащитный противогаз «Шанс» с временем защиты от продуктов горения не менее 60 мин) по количеству сотрудников наибольшей рабочей смены.

В помещении насосной станции имеется один эвакуационный выход. Пути эвакуации не загромождены. Высота эвакуационного выхода составляет 2,3 м; ширина 0,96 м согласно требованиям СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [41].

Помещение оборудовано системой автоматической пожарной сигнализации на базе приемно-контрольного прибора «Сигнал–20П» с использованием дымовых пожарных извещателей. Для оповещения персонала о пожаре во всех помещениях (с постоянным или временным присутствием

людей) установлены светозвуковые оповещатели «Свирель-2». Принятые решения соответствуют требованиям НПБ 110–03 [42], НПБ 104–03 [43].

Анализируемый объект оснащён первичными средствами пожаротушения в соответствии с нормами, установленными НПБ 166-97 «Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации» [44]. Учитывая пожарную нагрузку, в помещении возможны классы пожара А (горение твёрдых веществ, сопровождающееся тлением) и Е (горение электрооборудования, находящегося под напряжением). Руководствуясь требованиями Правил противопожарного режима в Российской Федерации [45], в помещении установлено три порошковых огнетушителя марки ОП-3(з) (производитель – ООО «Ярпожинвест», г. Ярославль). Огнетушители промаркированы, на них заведены паспорта, заведен журнал учета наличия, проверки и состояния первичных средств пожаротушения.

5.4 Охрана окружающей среды

На рабочем месте машиниста насосной станции образуется небольшое количество твёрдых бытовых отходов разных видов – пищевые, пластик, бумага, загрязнённый маслами обтирочный материал (содержание масел 15 % и более), мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный), отходы потребления на производстве, подобные коммунальным – смёт с территории и др. Отходы принадлежат к IV–V классам опасности согласно Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ [46]. Отходы накапливаются в контейнере и вывозятся на спецмашинах для захоронения на полигоне твёрдых бытовых отходов согласно договору. Насосная станция присоединена к централизованной системе канализации, куда сливаются образующиеся жидкие бытовые отходы.

Люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак утилизируются отдельно согласно нормативной документации.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

К потенциальным чрезвычайным ситуациям (ЧС) природного характера, возможным в г. Юрга, относятся: землетрясения, ураганы, наводнения. ГУ МЧС России по Кемеровской области–Кузбассу своевременно информирует объекты о ЧС. На анализируемом объекте разработан план мероприятий по обеспечению безопасности сотрудников в условиях ЧС.

Вероятность землетрясения на территории Юргинского городского округа, на которой расположен исследуемый объект, согласно данным центра наблюдений Алтай-Саянского филиала Геофизической службы Сибирского Отделения РАН [47], при интенсивности, не превышающей 6 баллов, составляет 0,39 за период 100 лет. Вероятность землетрясения более 6 баллов за этот же период составляет 0,0175. Таким образом, вероятностью землетрясения можно пренебречь.

Наводнения и паводки на территории Юргинского городского округа носят сезонный характер и причиной их возникновения являются заторы и зажоры на реках. Критическим уровнем воды в р. Томь для города Юрги является отметка 1024 см [48]. Учитывая географическое положение объекта, вероятностью его затопления также можно пренебречь.

Кроме того, на рассматриваемом объекте могут возникнуть ЧС техногенного характера (внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах снабжения).

С целью защиты работников и территории от ЧС природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий предприятие создаёт и содержит в постоянной готовности необходимые защитные сооружения гражданской обороны в соответствии с федеральными законами РФ от 21.12.1994 N 68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера» [49], от 12.02.1998 N 28 «О гражданской обороне» [50].

5.6 Охрана труда машиниста насосной станции

Для того чтобы оградить себя от несчастных случаев, машинист насосной станции второго подъема должен соблюдать технику безопасности при работе с насосными установками, что прописано в локальной документации предприятия. К самостоятельной работе в качестве машиниста насосных установок допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие:

- профессиональное обучение и имеющие соответствующее удостоверение по профессии и удостоверение о присвоении ему группы по электробезопасности (II группа);
- предварительный медицинский осмотр и получившие заключение о пригодности к данной профессии;
- вводный инструктаж по безопасности труда, пожарной безопасности и оказанию первой помощи пострадавшему;
- первичный инструктаж на рабочем месте и обученные безопасным методам и приемам выполнения работ.

Машинист насосных установок обязан проходить:

- периодические медицинские осмотры;
- повторный инструктаж по безопасности труда – не реже одного раза в полугодие;
- обучение безопасным методам и приемам работ и проверку их знаний в объеме программы, утвержденной администрацией предприятия, – один раз в год;
- внеплановый и целевой инструктаж по безопасности труда – по мере необходимости.

Машинист насосных установок с признаками явного недомогания, в состоянии алкогольного или наркотического опьянения к работе не допускается. Машинист насосных установок без полагающихся по условиям производства спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты и предохранительных приспособлений к выполнению работ не

допускается. Администрация предприятия должна обеспечивать машиниста насосных установок средствами индивидуальной защиты в соответствии с действующими отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты:

- костюм хлопчатобумажный с водоотталкивающей пропиткой – 1 комплект на год;
- сапоги резиновые – 1 пара на год;
- рукавицы комбинированные – 6 пар на год.

В случае возникновения в процессе работы каких-либо вопросов, связанных с ее безопасным выполнением, необходимо немедленно обратиться к работнику, ответственному за безопасное производство работ (мастеру или начальнику смены). В течение всей рабочей смены следует соблюдать установленный администрацией режим труда и отдыха. Отдыхать и курить разрешается только в специально отведенных местах. Для питья следует использовать воду только из сатураторов, питьевых фонтанчиков, питьевых бачков. Использовать другие (случайные) источники не допускается.

5.7 Выводы по главе 5 «Социальная ответственность»

Результаты проведённого анализа вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте машиниста насосной станции свидетельствуют, что они в целом соответствуют нормативам.

Для обеспечения безопасной жизнедеятельности на объекте приняты следующие меры:

- уровень шума на рабочем месте превышен, приводятся рекомендации по своевременному техническому осмотру оборудования, использованию наушников противозумных или вкладышей типа «Беруши», проведён расчёт снижения уровня шума при использовании звукопоглощающей облицовки;
- уровень вибрации не превышает допустимые значения, средства защиты не требуются;

- параметры микроклимата не превышают нормируемых показателей.
Для поддержания допустимых значений предусмотрено: водяное отопление, естественная вентиляция;

- фактические значения параметров освещённости не превышают нормативные, система освещения не требует модернизации;

- для предотвращения опасности поражения электрическим током применяется защитное заземление аппаратуры;

- на объекте установлена автоматическая пожарная сигнализация, объект обеспечен первичными средствами пожаротушения согласно нормам;

- анализируемый объект не оказывает значительного вредного воздействия на окружающую среду;

- на предприятии приняты меры охраны труда машиниста насосной станции.

Заключение

В результате решения поставленных задач была достигнута цель дипломной работы. Рассмотрены общие сведения о водоводах и дано представление о гидравлическом ударе. Установлено, что повышение давления при гидравлическом ударе определяется расчётом, на основании которого принимаются меры защиты от гидравлического удара. Произведены расчёты, определена причина гидравлического удара.

Анализ различных противоударных устройств и мероприятий с точки зрения применимости их для напорных водоводов систем обратного водоснабжения показал, что наиболее целесообразны воздушно-гидравлические колпаки с устройствами для сохранения в них воздуха, поршневые клапаны-гасители, разрывные мембраны. Предложена схема возможной комбинированной установки противоударного клапана и мембран.

Проведен анализ по определению возможного ущерба, нанесенного объекту экономики при ЧС, расчеты затрат на ремонт трубы после аварии. Результаты изучения вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте машиниста насосной станции свидетельствуют, что они в целом соответствуют нормативам. Предложено оборудовать рабочее место машиниста звукопоглощающими плитами.

Список использованных источников

1. Вахлер, Б.Л. Водоснабжение и водоотведение на металлургических предприятиях: Справочник / Б. Л. Вахлер – Москва: 1977. – 320 стр.
2. Строительство в России. 2020: / статистический сборник – Москва: Росстат, 2020. – 113 с. ISBN978-5-89476-493-1.
3. Малышев, И.А. Российский рынок стальных труб / И.А. Малышев // Итоги 2020 г. и перспективы развития на 2021 г. Текст : электронный // – Фонд развития трубной промышленности : [сайт] 2020 – 15 декаб. – URL: <https://frtp.ru/docs/2190> (дата обращения: 09.02.2020).
4. Бартова, Л.В. Водоснабжение и водоотведение многофункциональных комплексов / Л.В. Бартова, Н.В. Бушмакина, Е.О. Петухова. – Текст: электронный // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodosnabzhenie-i-vodootvedenie-mnogofunktsionalnyh-kompleksov> (дата обращения: 16.03.2021).
5. Россия в цифрах. 2019: Текст : электронный / Краткий статистический сборник – Москва: Росстат, 2019 г. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/rus19.pdf> (дата обращения 10.03.2021).
6. Поручение Президента РФ : официальное издание : опубликованы 6 июля 2019 г. № ПР-1479 – Текст: электронный // kremlin.ru [сайт] – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/items/topic/33/desc/page/2> (дата обращения 03.03.2021).
7. Твардовская, Н.В. Гидравлический удар в напорных трубопроводах водоотведения: дис. ... канд. техн. наук / Твардовская Надежда Владимировна; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – СПб., 2015. – 151 с.
8. Павлинова, И.И. Водоснабжение и водоотведение : учебник и практикум для среднего профессионального образования / И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И. Г. Губий. – Текст: электронный // 5-е изд., перераб. и доп. –

Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 380 с. ISBN 978-5-534-00813-5. – URL: <https://avidreaders.ru/book/vodosnabzhenie-i-vodootvedenie-5-e-izd-1.html> (дата обращения 18.03.2021).

9. Пестунов, В.А. Противоаварийная система защиты трубопроводов и оборудования от гидроударов / В.А. Пестунов. – Текст : электронный // Инженерная практика (glavteh.ru) [сайт]. – 2015 – №11 – URL: <https://glavteh.ru> (дата обращения 20.03.2021).

10. Проскурякова, Л.Н. Водохозяйственный комплекс: глобальные вызовы и долгосрочные тенденции инновационного развития / Л.Н. Проскурякова, О.Г. Саритас, С.Б. Сиваев // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2015. – 84 стр. ISBN 978-5-7598-1329-3.

11. ГОСТ 9583-75 Трубы чугунные, напорные, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья : дата введения 01.01.1977. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003069> (дата обращения 10.03.2021) – Текст : электронный.

12. Харламов С.Н. Избранные главы к курсу лекций «Основы гидравлики» : учебное пособие / С.Н. Харламов – Текст : электронный // portal.tpu.ru [сайт] – URL : https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Method_material/Tab/OSN_Gidravliki.pdf дата обращения 25.03.2021).

13. Аксенов, В.И. Промышленное водоснабжение: учебное пособие / В.И. Аксенов, Ю.А. Галкин, В.Н. Заслоновский. – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – 221 с. – ISBN 978-5-321-01818-7.

14. Твардовская, Н.В. Гидравлический удар в напорных трубопроводах водоотведения : дис. ... канд. тех. наук / Твардовская Наталья Владимировна ; Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург, 2005. – 361 с.

15. ГОСТ Р 54086-2010 Стабилизаторы давления : дата введения 01.06.2011. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082852> (дата обращения 05.04.2021) – Текст : электронный.

16. Санитарные правила Пожарная безопасность зданий и сооружений (СП 112.13330.2011) : официальное издание : утверждены Минстроем России от 13.02.1997 : введены в действие 01.01.1998г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001022> (дата обращения 22.03.20210).

17. Санитарные правила Магистральные трубопроводы (СП 36.13330.2012). Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* (с Изменениями N 1, 2) : официальное издание : утверждены приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. : введены в действие 01.07.2013г – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103173> (дата обращения 21.03.2021) – Текст : электронный.

18. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные : дата введения 01.01.1979. – URL: https://aksvil.by/upload/gost/gost_8732-78.pdf (дата обращения 21.03.2021) – Текст : электронный.

19. Руководство по расчету средств защиты водоводов от гидравлических ударов / справочные материалы : дата актуализации 01.01.2021. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293763/4293763017.htm> (дата обращения 10.03.2021) – Текст : электронный.

20. Расчет на прочность стальных трубопроводов. Свод правил : СП 33.13330.2012 : официальное издание: утверждены приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. N 621 : введен в действие 01.01.2013 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092599> (дата обращения 10.04.2021) – Текст : электронный.

21. Юрьев, А.М. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы на системах водоснабжения / А.М. Юрьев – Текст : электронный // elibrary.ru [сайт] – 2008 – №3 – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?issueid=1025871> (дата обращения 25.03.2021).

22. Татура, Е. А. Гидравлический удар в напорных водоводах и защита от него : Методические указания / Е.А Татура, С. А. Гоголев – URL:

<http://amac.md/Biblioteca/data/25/17/07/20.2.pdf> (дата обращения 10.04.2021) – Текст : электронный.

23. . Дикаревский, В. С. Особенности защиты напорных трубопроводов водоотведения от гидравлических ударов. / Дикаревский, В. С., Твардовская Н. В. // Водоснабжение и санитарная техника – 2006 – № 6 – с. 12 – 13.

24. Октябрьский, Р.Д. Надежность систем жизнеобеспечения: Аварии и катастрофы. – М.: Ассоциация строительных ВУЗов, 1998 г. – С.165.

25. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций : Постановление правительства : утверждено 30.12.2003 № 794 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901884206> (дата обращения 21.04.2021) – Текст : электронный.

26. Об утверждении Порядка создания нештатных аварийно-спасательных формирований : Приказ МЧС России : дата издания 23.12.2003 № 999 – URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/733> (дата обращения 22.04.2021) – Текст : электронный.

27. Инструкция по капитальному ремонту тепловых сетей : Инструкция N 220 : Утверждена приказом Минжилкомхоза РСФСР : введена 20.04.1985 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200074816> (дата обращения 20.04.2021) – Текст : электронный.

28. ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования : дата введения 01.01.1979 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения 25.04.2021) – Текст : электронный.

29. Типовая инструкция по охране труда для машиниста насосных установок (ТИ-074-2002) : дата введения 31.10.2017 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071122> (дата обращения 23.04.2021) – Текст : электронный.

30. Трудовой кодекс Российской Федерации : Статья 147. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда : введен в действие 30.12.2001г. N 197-ФЗ (ТК РФ) – URL:

<http://base.garant.ru/12125268/841c239a7d721ff98311abe881e21169/> (дата обращения 25.04.2021) – Текст : электронный.

31. Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры. Приказ Минздрава России : дата ввода 28.01.2021 N 29н – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375353/ (дата обращения 26.04.2021) – Текст : электронный.

32. Свод правил. Защита от шума. : (СП 51.13330.2011) : официальное издание : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28.12.2010 г. N 825 : введен в действие с 20.01.2011 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097> (дата обращения 23.04.2021) – Текст : электронный.

33. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. : дата введения 01.07.1984 – URL: https://docs.cntd.ru/document/5200291_ (дата обращения 08.05.2021) – Текст : электронный.

34. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. : дата введения 01.07.2008 – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200059881_ (дата обращения 21.04.2021) – Текст : электронный.

35. ГОСТ 12.4.002-97 Система стандартов безопасности труда. средства защиты рук от вибрации. : дата введения 01.07.2008 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901704682> (дата обращения 24.04.2021) – Текст : электронный.

36. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. : дата введения

01.01.1998 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения 22.04.2021) – Текст : электронный.

37. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда : (СП 2.2.3670-20) : официальное издание : утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 02.12.2020 N 40 : введены в действие 01.01.2021 – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372741/e1c5080b696d46e71737523c0d78042b92455882/ (дата обращения 10.05.2021) – Текст : электронный.

38. Естественное и искусственное освещение : (СП 52.13330.2016) : официальное издание : утверждены приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7.11.2016 г. N 777/пр : введен в действие 8.05.2017 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 07.05.2021) – Текст : электронный.

39. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление : дата введения 01.07.1992 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200289> (дата обращения 10.05.2021) – Текст : электронный.

40. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок : приказ Минтруда России от 15.12.2020 N 903н : введен в действие 30.12.2020 – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372952/ (дата обращения 10.05.2021) – Текст : электронный.

41. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» : [СП 5.13130.2009] : утвержден приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 25.03.2009 : введен в действие 01.05.2009 – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200071148> / (дата обращения: 20.04.2021). Текст: электронный.

42. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией : (НПБ 110–03) : утверждены Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 18.06.2003 года N 315 : введены 01.01.2021 (с изменениями) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901866575> (дата обращения 22.04.2021) – Текст: электронный.

43. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях : (НПБ 104-03) : утверждены Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 20.06.2003 года N 323 : введены 07.02.2008 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901866573> (дата обращения 07.05.2021) – Текст: электронный.

44. Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации : (НПБ 166-97) : утверждены приказом ГУГПС МВД России 31.12.1997 г. № 84 : введены в действие 31.12.1997 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003407> (дата обращения 12.04.2021) – Текст: электронный.

45. Правил противопожарного режима в Российской Федерации : постановление Правительства РФ от 16.09.2020 года N 1479 : введено 01.01.2021 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565837297?marker=6520IM> (дата обращения 20.04.2021) – Текст: электронный.

46. Федеральный закон. Об отходах производства и потребления : федеральный закон от 30 декабря 2008 года N 309-ФЗ (с изменениями) : принят Государственной Думой 22.05.1998 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901711591> (дата обращения 21.04.2021) – Текст: электронный.

47. Геофизическая служба СО РАН – Текст: электронный // sbras.ru [сайт] – URL: <https://www.sbras.ru/ru/organization/2274> (дата обращения: 28.04.2021). – Режим доступа: свободный.

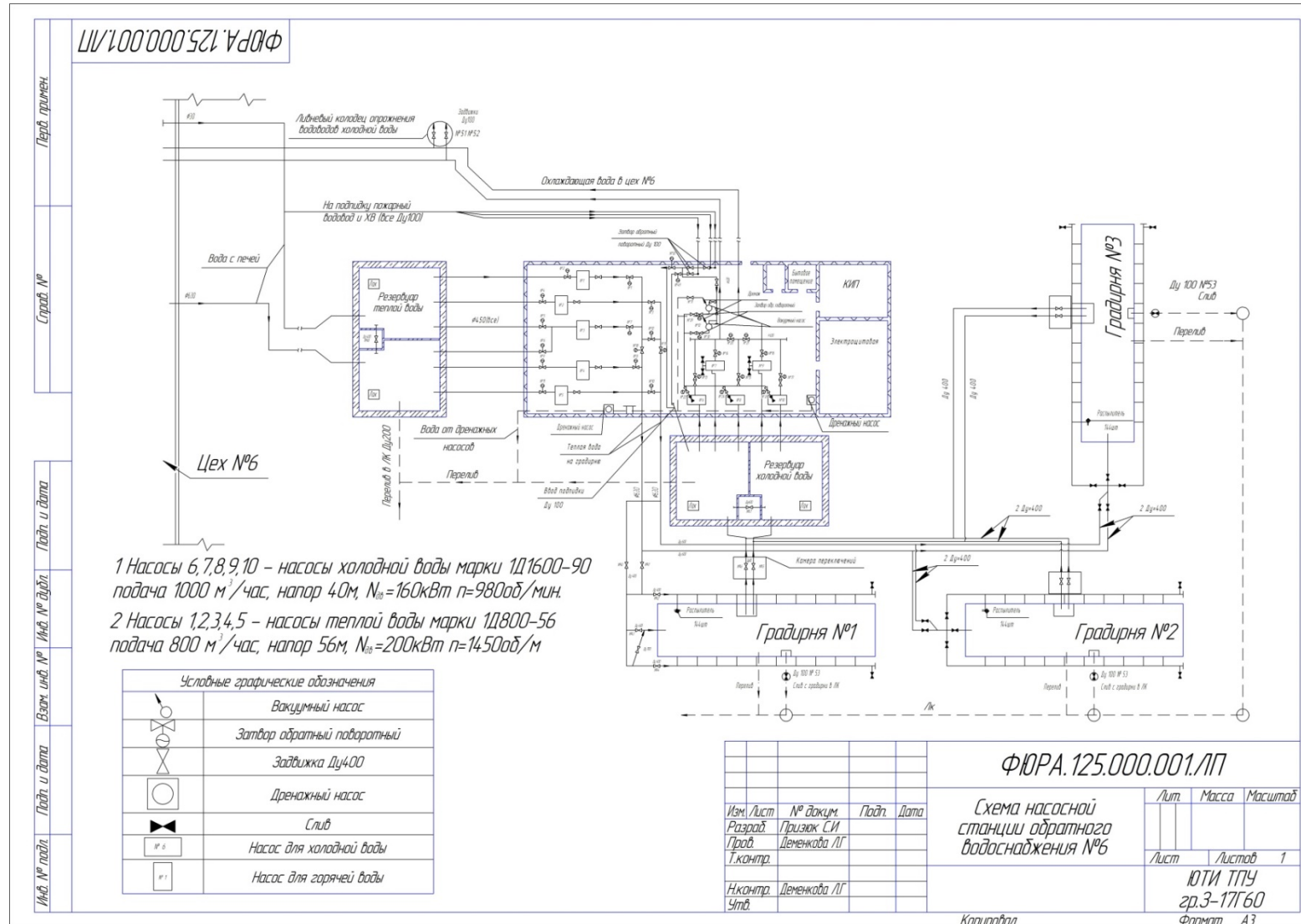
48. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса : доклад Министерство природных ресурсов и экологии кузбасса – Текст: электронный // kuzbasseco.ru [сайт] – URL: http://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2021/04/doklad_2020.pdf (дата обращения 25.04.2021) – Режим доступа: свободный.

49. Федеральный закон. Об отходах производства и потребления : федеральный закон 21 декабря 1994 года N 68-ФЗ : вступил в силу 01.01.1994 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9009935> (дата обращения 25.04.2021) – Текст: электронный.

50. Федеральный закон. О гражданской обороне : федеральный закон 12.02.1998 года N 28-ФЗ : принят Государственной думой 26.12.1996 – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_17861/ (дата обращения 10.05.2021) – Текст: электронный.

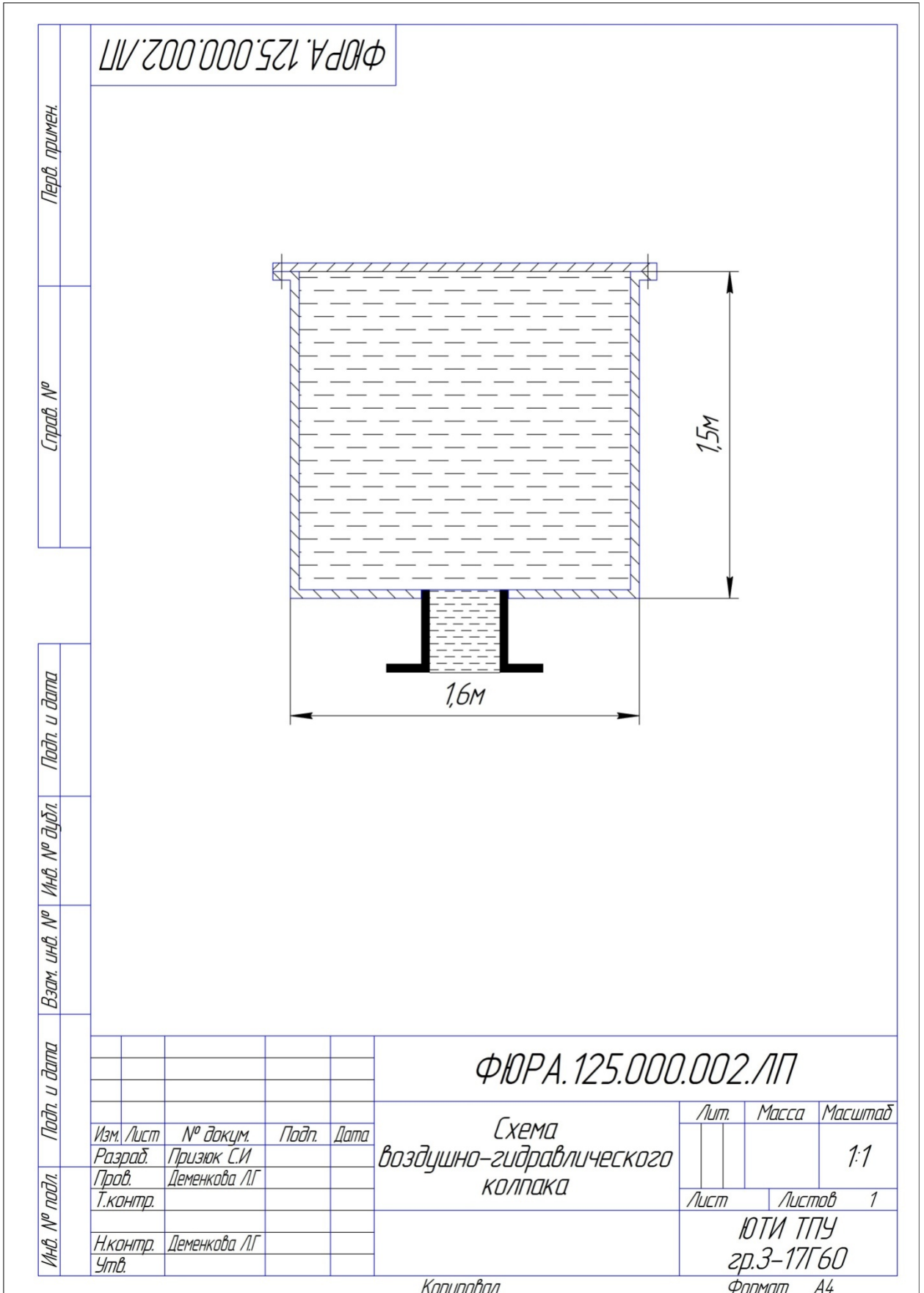
Приложение А

Схема насосной станции обратного водоснабжения



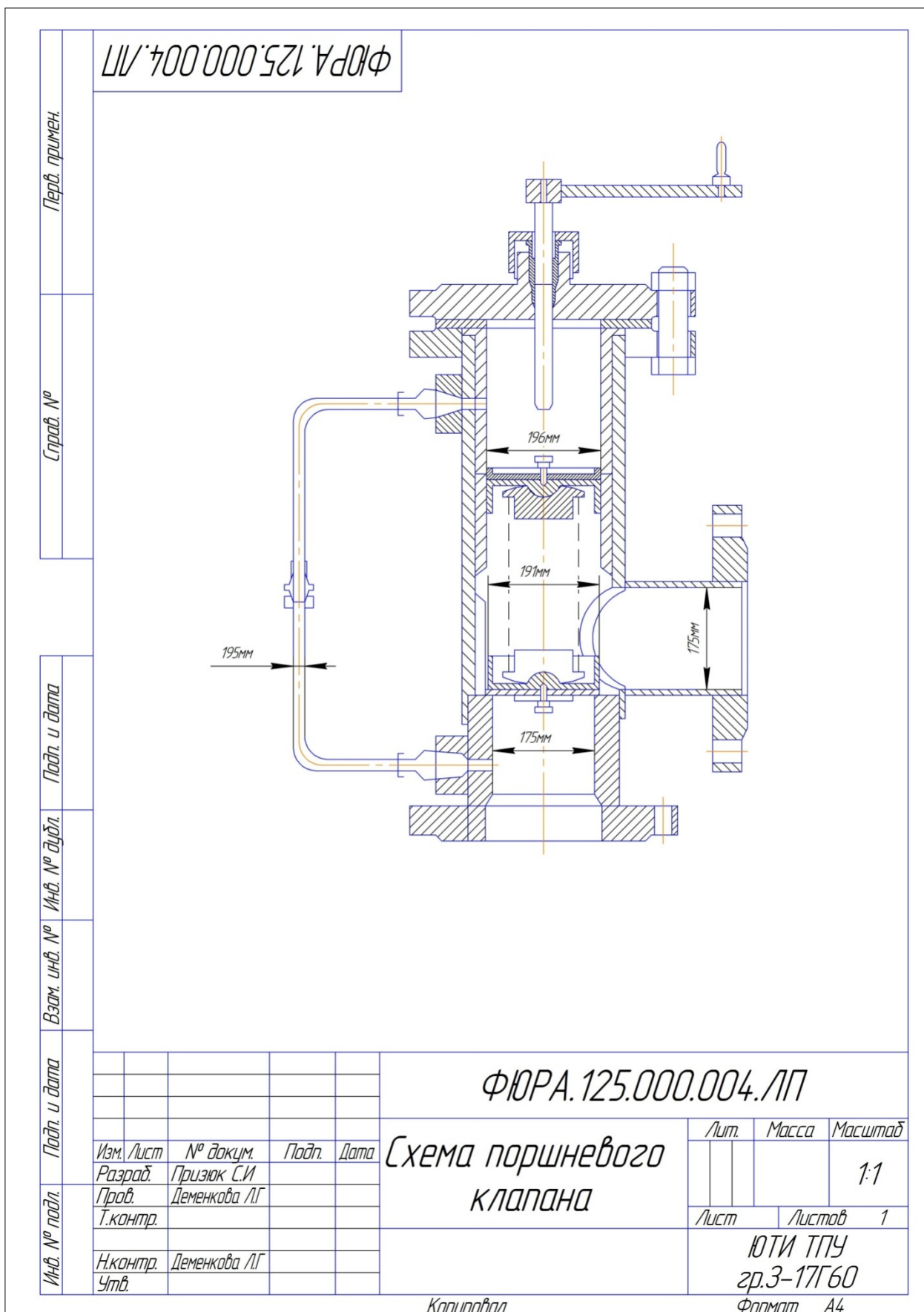
Приложение Б

Схема воздушно-гидравлического колпака



Приложение В

Схема поршневого клапана



Приложение Г

Схема разрывной мембраны

Перв. примен.	ФЮРА.125.000.003.ЛП												
Справ. №													
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Инв. №	Подп. и дата									
Подп. и дата	<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">ФЮРА.125.000.003.ЛП</p>												
Инв. № подл.	Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата									
И.контр.	Разраб.	Прозв.	Т.контр.	Утв.									
		Деменкова ЛГ											
		Деменкова ЛГ											
<p style="font-size: 1.5em; margin: 0;">Схема разрывной мембраны</p>				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Лит.</td> <td style="width: 20%;">Масса</td> <td style="width: 60%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1:1</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td>Листов</td> <td>1</td> </tr> </table>	Лит.	Масса	Масштаб			1:1	Лист	Листов	1
Лит.	Масса	Масштаб											
		1:1											
Лист	Листов	1											
<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">ЮТИ ТПУ зр.3-17Г60</p>				<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">Формат А4</p>									
Копировал													