

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт нефти и газа  
Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.Н. Сокольников  
«14» июня 2017 г.

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

«Техническое перевооружение резервуарного парка ООО «Байкалнефтецентр»

Руководитель

к.т.н., доцент

*Верещ*  
14.06.17

В.И.Верещагин

Выпускник

13.06.17

*Игнатьев*

Н.А. Игнатьев

Красноярск 2017

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме  
«Техническое перевооружение резервуарного парка ООО «Байкалнефтецентр».

Консультанты по  
разделам:

Экономическая часть

3.06.17г. 

И.В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

6.06.17г. 

Д.А. Едимичев

Нормоконтролер

14.06.17г. 

О.Н. Петров

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Техническое перевооружение резервуарного парка ООО «Байкалнефтецентр» содержит 78 страниц текстового документа, 45 использованных источников, 6 листов графического материала.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ, РЕЗЕРВУАРНЫЙ ПАРК, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА.

Объект ВКР: резервуарный парк ООО «Байкалнефтецентр».

Цель ВКР:

- увеличение товарооборота предприятия путём подбора оборудования, необходимого для технического перевооружения резервуарного парка;
- обеспечение возросших потребностей в ГСМ г. Ангарска.

В технологической части выпускной квалификационной работы разработана конструкция основного оборудования резервуарного парка.

В экономической части работы произведён расчёт производства перевооружения резервуарного парка.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» решены задачи обеспечения пожарной безопасности объекта, предусмотрены мероприятия по охране труда и безопасности жизнедеятельности.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Общая характеристика резервуарного парка предприятия .....	7
1.1 Краткая характеристика предприятия.....	7
1.2 Устройство резервуарного парка.....	9
2 Модернизация технологической схемы резервуарного парка .....	12
2.1 Подбор оборудования.....	12
3 Конструктивные решения .....	49
4 Экономический расчёт затрат на проведение перевооружения.....	51
4.2 Затраты на остальное оборудование резервуарного парка .....	59
4.3 Расчёт амортизационных отчислений на содержание резервуарного парка .....	64
5 Безопасность жизнедеятельности.....	66
5.1 Мероприятия по устранению вредных и опасных производственных факторов.....	66
5.2 Пожарная безопасность .....	69
Заключение .....	72
Список сокращений .....	73
Список использованных источников .....	74

## ВВЕДЕНИЕ

Резервуарный парк – неотъемлемая часть любого нефтеперерабатывающего предприятия. Резервуарный парк является достаточно сложным и опасным объектом. Во многом это связано с таким фактором, как высокая степень взрыво- и пожароопасности веществ, хранимых в одном месте. Это обязывает предприятие содержать оборудование резервуарного парка в работоспособном состоянии, проводить качественное техническое обслуживание и текущий ремонт, что обеспечит высокую степень его надёжности. Принятие этих мер позволит избежать ситуаций, в которых при выходе оборудования из строя возрастёт пожарная опасность резервуарных парков, возникнет вероятность потери нефтепродуктов и загрязнения окружающей среды.

Рано или поздно любое успешное предприятие предпринимает меры по увеличению своей прибыли, улучшению качества продукта и объёмов его производства. В случае с нефтеперерабатывающими предприятиями эта ситуация приводит к потребности в расширении резервуарного парка, увеличению количества возможных направлений транспортировки продукта, а также к замене старого, изношенного оборудования на новое, более высокотехнологичное, надёжное и безопасное.

Ангарск – молодой, развивающийся город, и потребности в горюче-смазочных материалах постоянно растут с ростом населения. В этом городе находится большое количество различных нефтехимических предприятий, а нефтеперерабатывающая промышленность – одна из основных видов деятельности в Ангарске, что подразумевает под собой как высокий уровень конкуренции, так и высокую потребительскую способность города.

Целью этой выпускной квалификационной работы является увеличение товарооборота предприятия путём подбора оборудования, необходимого для технического перевооружения резервуарного парка конкретного предприятия.

Слив и отпуск нефтепродуктов осуществляются на существующих пунктах слива-налива железнодорожных и автомобильных цистерн. В ходе перевооружения планируется возведение новых пунктов слив-налива нефтепродуктов в автомобильные и железнодорожные цистерны.

В проекте необходимо предусмотреть сооружения, перечисленные ниже:

- резервуарный парк с резервуарами вертикальными стальными объёмом  $V = 2000 \text{ м}^3$  для хранения дизельного топлива;
- пункт слива-налива автоцистерн;
- пункт слива-налива железнодорожных цистерн;
- трубопроводы для транспортировки нефтепродуктов между оборудованием резервуарного парка с арматурой;
- насосную.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- изучение перечня оборудования, используемого в резервуарных парках, такого как насосная станция, пункты слива-налива автоцистерн, пеногенераторы и другие;
- выделения оборудования, подлежащего замене или модернизации (реконструкции);
- изучение современного оборудования для резервуарных парков, представленного на рынке, удовлетворяющего потребности предприятия;
- подбор оборудования из полученного списка вариантов.

# 1 Общая характеристика резервуарного парка предприятия

## 1.1 Краткая характеристика предприятия

ООО «Байкалнефтецентр» зарегистрировано по адресу Иркутская область, г.Ангарск, нп.Второй промышленный, квартал.35-й, к.83, 665800.

Основным видом деятельности компании является хранение и складирование нефти и продуктов ее переработки. Также предприятие работает еще по 12 направлениям.

Режим работы – в одну смену (по 12 часов), 365 дней в году.

Слив и налив нефтепродуктов производится только в светлое время суток.

Грузооборот по топливу и объем хранения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Грузооборот по топливу и объем хранения

Наименование нефтепродукта	Марка	ГОСТ, ТУ	Объем хранения (вновь проектируемых резервуаров), м <sup>3</sup> (т)
Дизельное топливо	Л (летнее)	ГОСТ 305-2013 [1]	3x2000 (4284)
	З (зимнее)		

По виду хранимых продуктов склад относится – к складу хранения светлых и темных нефтепродуктов.

По суммарной емкости хранения в соответствии с СП 155.13130.2014 объект относится к категории ШБ [2].

Данный объект согласно приложению 1 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» ФЗ-116 [3] относится к категории опасных производственных объектов по следующему признаку: на нем хранятся, транспортируются горючие жидкости, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Количество опасных веществ на объекте (4284 т), что составляет более 1000 т, но менее 50000 т, указанных в приложении 2 таблице 2 к ФЗ-116 [3], с изм. от 04.03.2013, данный объект относится к III классу опасности.

Дизельное топливо «летнее», «зимнее» поступающее на склад, по физико-химическим показателям должно соответствовать требованиям соответствующих стандартов.

Качественные характеристики дизельного топлива [1] представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Качественные характеристики дизельного топлива

Наименование показателя	ГОСТ 305-2013	
	Норма для марки	
	Л	З
1. Цетановое число, не менее	45	45
2. Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280
96 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °С, не выше	360	340
3. Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	3,0-6,0	1,8-5,0
4. Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны: - умеренной - холодной	минус 10 -	минус 35 минус 45
5. Содержание механических примесей	Отсутствие	
6. Содержание воды	Отсутствие	
7. Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	840
8. Данные о пожаровзрывоопасности		
8.1 Температура вспышки, °С, не ниже	40	30
8.2 Температура самовоспламенения, °С	300	310



## Окончание таблицы 2

8.3 Концентрационный предел распространения пламени, % по объему	2,0-3,0
8.4 Пожаровзрывоопасность вещества	Легковоспламеняющаяся жидкость
8.5 Категория и группа взрывоопасной смеси по ПУЭ (7-е изд.)	IIВ- Т3
9. Класс опасности	4 (вещество малоопасное)

## 1.2 Устройство резервуарного парка

Состав сооружений склада представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав сооружений склада

Наименование	Назначение	Техническая характеристика	Примечание
Насосная	Для размещения насосов перекачки дизельного топлива из ЖДЦ и АЦ в резервуары парка и из резервуаров в АЦ и ЖДЦ .	Насосы марки КМ 100-80/170Е – 2 шт. Подача $Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , напор $H = 25 \text{ м}$ .	Вновь проектируемая
Пункт слива-налива АЦ	Для слива-налива дизельного топлива из/в АЦ	Рассчитан на слив-налив одной АЦ, объемом $40 \text{ м}^3$ . 1 одиночный стояк для налива топлива АСН-100А. Муфта сливная УС-80А У1 для слива топлива из АЦ.	Вновь проектируемый

Продолжение таблицы 3

Пункт слива-налива ЖДЦ	Для слива-налива дизельного топлива из/в ЖДЦ	Рассчитан на единовременный слив-налив одной ЖДЦ 15-1566-06. Установка нижнего слива УСН-100, устройство налива АСН-100А (Операции слива-налива осуществляются закрытым способом)	Вновь проектируемый
Емкость дренажная Е-1	Для сбора остатков нефтепродуктов из емкостного оборудования и трубопроводов.	Резервуар подземный металлический, объемом 14,5 м <sup>3</sup> .	Вновь проектируемая
Резервуар противопожарного запаса воды	Для хранения неприкосновенного запаса воды для пожаротушения	Подземный 2-х секционный железобетонный секция по 500 м <sup>3</sup> каждая	Существующий
Пункт слива-налива ЖДЦ	Для слива-налива дизельного топлива из/в ЖДЦ	Рассчитан на единовременный слив-налив одной ЖДЦ 15-1566-06. Установка нижнего слива УСН-150, установка переносная для верхнего аварийного слива УПВС-80, устройство налива из комплекта АСН-5М «Дельта». (Операции слива-налива осуществляются закрытым способом.)	Существующий

Продолжение таблицы 3

Емкости для сбора дождевых стоков Ел-1,Ел-2	Для приема промышленных и дождевых стоков и воды от тушения пожара	Подземный металлический резервуар объемом 60 м <sup>3</sup> .	Вновь проектируемые
Депо для стоянки тепловозов	Для отстоя и ремонта тепловозов	Одноэтажное здание $S = 162 \text{ м}^2$	Демонтаж
Резервуарный парк 1	Для хранения нефтепродуктов	Вертикальные резервуары $V = 250 \text{ м}^3 - 3 \text{ шт}$	Существующий
Резервуарный парк 2	Для хранения нефтепродуктов	Вертикальные резервуары $V = 250 \text{ м}^3 - 3 \text{ шт}$	Существующий
Насосная станция	Для размещения насосов перекачки нефтепродуктов	Три установки перекачки и учёта нефтепродуктов ЛЖ-100	Существующая
Противопожарный резервуар	Для хранения неприкосновенного запаса воды для пожаротушения	2 подземных железобетонных резервуара по 250 м <sup>3</sup> каждый	Существующий
Резервуарный парк	Для приема, хранения и отпуска дизельного топлива	Наземные вертикальные резервуары объемом: 2000 м <sup>3</sup> – 3 шт., $D = 15200\text{мм}, H = 12000\text{мм}.$	Вновь проектируемый
Электроцех			Существующие
Здания			
Металлическое нежилое здание 1			Существующее
Металлическое нежилое здание 2			Существующее

### Окончание таблицы 3

Здание операторной, РУ		Одноэтажное здание	Существующее
Офисное здание		Одноэтажное здание	Существующее
Операторная	Централизованный контроль и управление технологическим процессом. Размещение щитов КИП.	Одноэтажное здание	Существующая
КПП	Для предотвращения несанкционированного проникновения на территорию объекта.	Одноэтажное здание	Существующий

## 2 Модернизация технологической схемы резервуарного парка

### 2.1 Подбор оборудования

#### 2.1.1 Насосная

Открытая насосная предназначена для размещения насосного оборудования. Перекачка дизельного топлива из железнодорожных и автомобильных цистерн в резервуарный парк и из резервуарного парка к пунктам слива-налива ЖДЦ и слива-налива АЦ предусматривается насосами Н-1-Н-5 типа КМ 100-80/170Е.

Для ограждения по периметру насосной выполнен монолитный железобетонный бортик высотой 200 мм, с размерами в плане – 6000х6000 мм.

Габариты насосной назначены исходя из рационального размещения технологического оборудования и с учетом возможности его обслуживания.

Покрытие в насосной водонепроницаемое бетонное с обогревом и имеет уклон 1 % к приемке для сбора аварийных проливов и случайных утечек, из которого предусмотрен выпуск к резервуару–сборнику дождевых стоков через ливневый водопровод.

Насосы устанавливаются на монолитные фундаменты с рамой, предусмотренной под их габаритные размеры.

Проектом предусмотрено устройство навеса насосной. Профлист закрепляется на стойках каркаса и предназначен для защиты установленного технологического оборудования от атмосферных осадков.

### **2.1.2 Пункт слива-налива АЦ**

Площадка под АЦ выполнена из монолитного железобетона с бортиками высотой 200 мм. Размеры в плане 21200x4400мм.

Фундаменты под колонны столбчатые железобетонные монолитные.

Каркас изготовлен из металлопроката и обшит профлистом.

### **2.1.3 Дренажная емкость (Е-1)**

Подземная металлическая емкость, объемом 25 м<sup>3</sup>.

Емкость устанавливается в короб с подпорными стенками, изготовленными из монолитного железобетона В15. По верху монолитного короба уложен асфальт с уклоном 30...50 мм.

### **2.1.4 Резервуарный парк для ДТ**

В существующем резервуарном парке имеется два фундамента под вертикальные резервуары. Фундаменты согласно инструментальному

обследованию № 1714/12-1-ИО выполненных ООО «Иркутскстройизыскания» можно использовать для установки на него резервуара. В резервуарном парке будут размещены два вертикальных резервуара объемом 2000 м<sup>3</sup> каждый. Резервуарный парк представляет собой открытую площадку с водонепроницаемым бетонным покрытием с размерами в плане 79900x29200 мм, огражденный по периметру монолитными железобетонными стенами (бортиками) высотой 1,0 м. Для входа в резервуарный парк предусмотрены стальные переходные мостики с противоположных сторон парка.

Для сбора ливневых стоков и воды от пожаротушения покрытие парка спланировано с уклоном к приемку, из которого жидкость через колодец с задвижкой направляются в емкость для сбора дождевых стоков. Направление стока в парке принято с учетом рельефа площадки, а также целесообразности размещения подземной емкости Ел-1.

Произведем расчёт резервуаров для хранения дизельного топлива.

Все исходные данные для расчета и проектирования сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета

Наименование показателя	Значение
Номинальный объем резервуара, м <sup>3</sup>	2000
Тип резервуара	РВС
Наименование хранимого продукта	Дизельное топливо
Плотность хранимого продукта при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	840...860
Район эксплуатации	г. Ангарск
Избыточное давление (Р <sub>изб</sub> ), кПа	2
Вакуум, кПа	0,25
Метод изготовления стенки	Рулонирование
Форма крыши	Коническая
Конструкция лестницы	Шахтная
Молниеприемники	В резервуарных парках
Сталь	09Г2С

Для определения расчетных данных необходимо задаться температурой нефтепродукта. Температура жидкости будет равна температуре окружающей среды или температуре окружающего воздуха. Согласно заданию на проектирование для г. Ангарск принимаем температуру самой холодной пятидневки и абсолютно максимальную температуру соответственно по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» [4]

$$T_{\min} = -33^{\circ}\text{C} = 240\text{ K} ,$$

$$T_{\max} = +37^{\circ}\text{C} = 310\text{ K} .$$

Для начала рассчитаем вязкость нефти. Расчет вязкости проводится при  $T_{\min}$  и  $T_{\max}$  района проектирования. Применяется формула Рейнольда-Филанова

$$\nu = \nu_* \cdot e^{-u(T-T^*)} , \tag{1}$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость при расчетной температуре  $T$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$\nu_*$  – кинематическая вязкость при известной температуре  $T^*$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$u$  – коэффициент крутизны вискограммы, определяемый по зависимости

$$u = \frac{1}{T_1 - T_2} \cdot \ln \frac{\nu_2}{\nu_1} , \tag{2}$$

где  $\nu_1$  – известное значение вязкости нефти при температуре  $T_1$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$\nu_2$  – известное значение вязкости нефти при температуре  $T_2$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Определяем показатели для нефтепродукта по формулам (1) и (2)

$$\nu_1 = \nu_{20} = 0,40\text{ cSt}.$$

$$v_2 = v_{15} = 0,49 \text{ cCm}.$$

$$u = \frac{1}{20-15} \cdot \ln \frac{0,49}{0,4} = 0,0176.$$

$$v_{-33} = 0,4 \cdot e^{-0,0176(-33-20)} = 1,016 \text{ cCm}.$$

$$v_{+37} = 0,4 \cdot e^{-0,0176(37-20)} = 0,3 \text{ cCm}.$$

Следующим параметром определим плотность. Плотность нефтепродуктов в зависимости от химического состава и температуры изменяется в пределах от 700 до 1100 кг/м<sup>3</sup>. Перерасчет плотности произведем по формуле Менделеева

$$\rho_T = \frac{\rho_{293}}{1 + \beta_p(T - 293)}, \quad (3)$$

где  $\rho_T$  – плотность нефтепродукта при температуре  $T$ , кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{293}$  – плотность нефтепродукта при температуре 293 К, кг/м<sup>3</sup>;

$\beta_p$  – коэффициент объемного расширения, К<sup>-1</sup>.

При  $\rho_{293} = 840$  кг/м<sup>3</sup> и  $\beta_p = 0,000891$  К<sup>-1</sup> получим следующие результаты

$$\rho_{-43} = \frac{840}{1 + 0,000891(-33 - 20)} = 881,6 \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_{+38} = \frac{860}{1 + 0,000891(37 - 20)} = 847,2 \text{ кг/м}^3.$$



Также необходимо определить давление насыщенных паров  $P_s$ , Па, которое для нефтепродуктов при температуре  $T_{\max}$  (что является наихудшим условием) определяется по формуле Рыбакова

$$P_s = P_{38} \cdot 10^{\left(4,6 - \frac{1430}{309}\right)}, \quad (4)$$

где  $P_{38}$  – давление насыщенных паров по Рейду, Па.

Давление для ДТ по Рейду принимаем 1333,3 Па [5]. Производим подстановку в формулу (4)

$$P_s = 1333,3 \cdot 10^{\left(4,6 - \frac{1430}{309}\right)} = 1244 \text{ Па.}$$

Для дальнейшего проектирования резервуара необходимо предварительно выбрать материал, из которого он будет изготовлен. Так как резервуар является стальным, марку стали берем, исходя из температуры эксплуатации (по минимальной температуре). Так как в данных условиях эксплуатации достаточно низкая минимальная температура окружающей среды, необходимо выбрать низколегированную сталь. Оптимальным вариантом является сталь 09Г2С.

Выбранная марка стали – 09Г2С. Ее состав представлен в таблице 5 [6].

Таблица 5 – Химический состав стали 09Г2С, %

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Cr</i>	<i>N</i>	<i>Cu</i>	<i>As</i>
0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Также необходимо привести определенные параметры стали:

- предел текучести  $\sigma_T = 325$  МПа [6];
- временное сопротивление разрыву  $\sigma_B = 470$  МПа [6].

Углеродный эквивалент стали с пределом текучести 390 МПа и ниже не должен превышать 0,43. Проверяем данное условие по формуле

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (5)$$

где  $Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P$  – процентное содержание химических элементов стали, %.

$$C_{\text{экв}} = 0,12 + \frac{1,3}{6} + \frac{0,5}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0}{14} + \frac{0,035}{2} = 0,405.$$

Условие выполняется.

Для начала рассчитаем оптимальную высоту резервуара

$$H_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\gamma_c \cdot R_y \cdot \Delta}{\gamma_j \cdot \rho \cdot g}}, \quad (6)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы стенки резервуара, принимаем равный 0,8;

$\gamma_j$  – коэффициент надежности по нагрузке для гидростатического давления, принимаем равный 1,1;

$\Delta$  – приведенная толщина стенки и кровли, принимаем равной 0,9 см;

$\rho$  – плотность нефтепродукта, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление материала, МПа.

При данном расчете берем максимальную плотность – 881,6 кг/м<sup>3</sup>.

Определим расчетное сопротивление материала  $R_y$ , МПа по следующий зависимости

$$R_y = \frac{R_{yn} \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t}{\gamma_m \cdot \gamma_n}, \quad (7)$$

где  $R_{yn}$  – нормативный предел текучести, МПа;

$\gamma_t$  – коэффициент, учитывающий температуру эксплуатации, принимаем 1;

$\gamma_n$  – коэффициент, учитывающий уровень ответственности, принимаем 1,05, согласно классу опасности;

$\gamma_m$  – коэффициент надежности по материалу;

$\gamma_c$  – то же, что и в формуле (6).

Коэффициент надежности по материалу выбираем в зависимости от предела текучести. Если  $R_{yn} < 380$  МПа, принимаем 1,05.

По формуле (7)

$$R_y = \frac{325 \cdot 0,8 \cdot 1}{1,05 \cdot 1,05} = 236 \text{ МПа.}$$

По формуле (6):

$$H_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{0,8 \cdot 236 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 10^{-2}}{1,1 \cdot 881,6 \cdot 9,81}} = 13,36 \text{ м.}$$

Следующим шагом определяем размеры листов. Согласно РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1 – 04 размеры листов для резервуаров можно принять 1,5×6, с учетом скоса кромок берем 1,49×5,98 [7]. Рассчитаем количество поясов  $N_i$  по формуле

$$N_i = \frac{H_{\text{опт}}}{H_{\text{л}}}, \quad (8)$$

где  $H_{\text{онт}}$  – то же, что и в формуле (6);

$H_{\text{л}}$  – высота листа, м.

$$N_i = \frac{13,36}{1,49} = 8,9 \approx 9 \text{ поясов.}$$

Определим высоту стенки  $H_{\text{ст}}$ , м с помощью формулы

$$H_{\text{ст}} = N_i \cdot H_{\text{л}}, \quad (9)$$

где  $N_i$  – то же, что и в формуле (8);

$H_{\text{л}}$  – то же, что и в формуле (8).

$$H_{\text{ст}} = 9 \cdot 1,49 = 13,41 \text{ м.}$$

Рассчитываем радиус резервуара  $r$ , м по зависимости

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot H_{\text{ст}}}}, \quad (10)$$

где  $V$  – номинальный объем резервуара, м<sup>3</sup>;

$H_{\text{ст}}$  – то же, что и в формуле (9).

$$r = \sqrt{\frac{2000}{\pi \cdot 13,41}} = 6,89 \text{ м.}$$

Определяем длину пояса  $L_{\text{п}}$ , м по формуле

$$L_{\text{п}} = 2\pi \cdot r, \quad (11)$$

где  $r$  – то же, что и в формуле (10).

$$L_{\text{п}} = 2\pi \cdot 6,89 = 43,27 \text{ м.}$$

Далее определим количество листов в поясе  $N_{\text{л}}$  по формуле

$$N_{\text{л}} = \frac{L_{\text{п}}}{L_{\text{л}}}, \quad (12)$$

где  $L_{\text{п}}$  – то же, что и в формуле (11);

$L_{\text{л}}$  – ширина листа, м.

$$N_{\text{л}} = \frac{43,27}{5,98} = 7,2 \approx 8 \text{ листов.}$$

Теперь произведем корректировку длины рулона  $L_{\text{р}}$ , м по формуле

$$L_{\text{р}} = N_{\text{л}} \cdot L_{\text{л}}, \quad (13)$$

где  $N_{\text{л}}$  – то же, что и в формуле (12);

$L_{\text{л}}$  – то же, что и в формуле (12).

$$L_{\text{р}} = 8 \cdot 5,98 = 47,84 \text{ м.}$$

Корректировка радиуса резервуара  $r$ , м проводится по формуле

$$r = \frac{L_p}{2\pi}, \quad (14)$$

где  $L_p$  – то же, что и в формуле (13).

$$r = \frac{47,84}{2\pi} = 7,62 \text{ м.}$$

Фактический объём резервуара  $V_\phi$ ,  $\text{м}^3$  вычисляется с помощью формулы

$$V_\phi = \pi \cdot r^2 \cdot H_{\text{ст}}, \quad (15)$$

где  $r$  – то же, что и в формуле (14);

$H_{\text{ст}}$  – то же, что и в формуле (9).

$$V_\phi = \pi \cdot 7,62^2 \cdot 13,41 = 2446,2 \text{ м}^3.$$

Для дальнейших расчетов необходимо определить толщину стенки резервуара. Наименьшая толщина каждого пояса стенки резервуара выбирается из сортаментного ряда таким образом, чтобы разность толщины стенки и минусового допуска на прокат была бы не меньше максимума из трех величин.

$$t - \Delta \geq (t_c + C; t_g; t_k), \quad (16)$$

где  $\Delta$  – минусовой допуск на прокат, принимаем 0,45;

$t_c$  – минимальная толщина стенки при условиях эксплуатации, мм;

$t_g$  – толщина стенки при условиях гидроиспытания, мм;

$t_k$  – минимальная конструктивная необходимая толщина стенки, мм;

$C$  – припуск на коррозию, мм.

Припуск на коррозию определяется умножением скорости коррозии на срок службы резервуара. Определяя скорость коррозии 0,1 мм/год, а срок службы 20 лет, получаем, что припуск на коррозию равен 2 мм.

Минимальная толщина стенки при условиях эксплуатации  $t_c$ , мм вычисляется по формуле

$$t_c = \frac{g \cdot \rho \cdot (H_{вз} - Z) \cdot r + 1,2 \cdot P_{изб}}{R_y \cdot \gamma_c}, \quad (17)$$

где  $R_y$  – то же, что и в формуле (7);

$r$  – то же, что и в формуле (14);

$\gamma_c$  – то же, что и в формуле (6);

$\rho$  – то же, что и в формуле (6);

$g$  – то же, что и в формуле (6);

$Z$  – высота пояса стенки резервуара, м;

$P_{изб}$  – избыточное давление, кПа;

$H_{вз}$  – высота взлива, м.

Высота взлива определяется как 95 % от высоты стенки резервуара. поэтому примем  $H_{вз} = 0,95 \cdot 13,41 = 12,74$  м.

Найдем значения минимальной толщины стенки при условиях эксплуатации для каждого из поясов резервуара. по формуле (17)

$$t_{c1} = \frac{9,81 \cdot 881,6 \cdot (12,74 - 0) \cdot 7,62 + 1,2 \cdot 2000}{236 \cdot 10^6 \cdot 0,7} = 5,1 \text{ мм.}$$

$$t_{c2} = \frac{9,81 \cdot 881,6 \cdot (13,23 - 1,99) \cdot 7,62 + 1,2 \cdot 2000}{236 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 3,9 \text{ мм.}$$

$$t_{c3} = 3,4 \text{ мм.}$$

Методика расчета понятна, поэтому ниже приведены полученные результаты для всех оставшихся поясов.

$$t_{c4} = 2,9 \text{ мм}, t_{c5} = 2,4 \text{ мм}, t_{c6} = 1,9 \text{ мм}, t_{c7} = 1,3 \text{ мм}, t_{c8} = 0,8 \text{ мм}, t_{c8} = 0,8 \text{ мм.}$$

Далее определим величины толщины стенки при условиях гидроиспытания  $t_g$ , м для каждого из поясов по формуле

$$t_g = \frac{g \cdot \rho_B \cdot (H_{B3} - Z) \cdot r}{R_y \cdot \gamma_c}, \quad (18)$$

где  $\rho_B$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$R_y$  – то же, что и в формуле (7);

$r$  – то же, что и в формуле (14);

$\gamma_c$  – то же, что и в формуле (6);

$g$  – то же, что и в формуле (6);

$Z$  – то же, что и в формуле (17);

$P_{изб}$  – то же, что и в формуле (17);

$H_{B3}$  – то же, что и в формуле (17).

В данном расчете коэффициент условий работы стенки резервуара  $\gamma_c$  принимаем равным 0,9.

$$t_{g1} = \frac{9,81 \cdot 1000 \cdot (12,74 - 0) \cdot 7,62}{236 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 4,5 \text{ мм.}$$

$$t_{g2} = 4 \text{ мм}, t_{g3} = 3,4 \text{ мм}, t_{g4} = 2,9 \text{ мм}, t_{g5} = 2,4 \text{ мм}, t_{g6} = 1,9 \text{ мм}, t_{g7} = 1,3 \text{ мм},$$

$$t_{g8} = 0,8 \text{ мм}, t_{g7} = 0,3 \text{ мм.}$$



Минимальную необходимую толщину стенки выбираем по таблице, исходя из диаметра резервуара и вида исполнения. Для резервуаров объёмом 2000 м<sup>3</sup> минимальная толщина стенки составляет 5 мм [7]. Произведем уточнение расчетных данных по формуле (16).

$$t_1 - 0,45 \geq (5,1 + 2; 4,5; 5),$$

$$t_1 \geq 7,55, \quad t_1 = 8 \text{ мм.}$$

$$t_2 - 0,45 \geq (3,9 + 2; 4; 5),$$

$$t_2 \geq 6,35, \quad t_2 = 6,5 \text{ мм.}$$

$$t_3 - 0,45 \geq (3,4 + 2; 3,4; 5),$$

$$t_3 \geq 5,85, \quad t_3 = 6 \text{ мм.}$$

Для остальных поясов результаты следующие:  $t_{4,9} = 5,5$  мм.

Полное расчетное значение снеговой нагрузки определяется по формуле

$$S = S_g \cdot \mu, \tag{19}$$

где  $S_g$  – расчетное значение веса снега на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, к

$\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке, равен 0,85.

$$S = 1,2 \cdot 10^3 \cdot 0,85 = 1,02 \text{ кПа.}$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки на высоте  $Z$  над поверхностью земли  $W_m$ , кПа следует определять

$$W_m = W_0 \cdot k \cdot c, \quad (20)$$

где  $W_0$  – нормативное значение ветрового давления, кПа, принимаем  $W_0 = 0,38$  кПа [4];

$k$  – коэффициент, учитывающий изменения ветрового давления по высоте, принимаем 0,85;

$c$  – аэродинамический коэффициент, принимаем 0,6.

$$W_m = 0,53 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \cdot 0,6 = 0,194 \text{ кПа}.$$

Обязательным пунктом при расчетах для проектирования резервуара входят расчеты на прочность. Проверочный расчет на прочность для каждого пояса стенки резервуара производится следующим образом

$$\sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2} \leq \frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}, \quad (21)$$

где  $\sigma_1$  – меридиональное напряжение, МПа;

$\sigma_2$  – кольцевое напряжение, МПа;

$\gamma_c$  – то же, что и в формуле (6);

$\gamma_n$  – то же, что и в формуле (7);

$R_y$  – тоже, что и в формуле (7).

Меридиональное напряжение  $\sigma_1$ , МПа определяется по формуле

$$\sigma_1 = \frac{(1,05 \cdot G_m + 0,95 \cdot (1,05 \cdot G_0 + 1,25 \cdot G_y))}{2\pi \cdot r \cdot t_i} + \frac{(0,9 \cdot 1,4 \cdot S - 0,95 \cdot 1,2 \cdot P_{\text{изб}}) \cdot r}{2 \cdot t_i}, \quad (22)$$

где  $G_m$  – вес металлоконструкции выше расчетной точки, Н;

$G_0$  – вес стационарного оборудования, Н;

$G_y$  – вес утеплителя, принимаем равным нулю;

$t_i$  – толщина пояса, мм;

$S$  – тоже, что и в формуле (19);

$r$  – то же, что и в формуле (14);

$P_{\text{изб}}$  – то же, что и в формуле (17).

Вес металлоконструкции выше расчетной точки  $G_m$ , Н определяется по зависимости

$$G_m = G_{\text{ст}} + G_{\text{м.кр}} \quad (23)$$

где  $G_{\text{ст}}$  – вес стенки, Н;

$G_{\text{м.кр}}$  – вес крыши резервуара, Н.

Вес пояса резервуара  $G_{\text{м.пояса } i}$ , Н вычисляется по формуле

$$G_{\text{м.пояса } i} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot H_{\text{л}} \cdot t_i \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot g, \quad (24)$$

где  $t_i$  – то же, что в формуле (22)

$\rho_{\text{ст}}$  – удельный вес стали, кг/м<sup>3</sup>;

$r$  – то же, что и в формуле (14);

$H_{\text{л}}$  – то же, что и в формуле (8);

$g$  – то же, что и в формуле (6).

$$G_{\text{м.пояса } 1} = 2 \cdot \pi \cdot 7,62 \cdot 1,49 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 \cdot 9,81 = 43926,8 \text{ Н},$$

$$G_{\text{м.пояса } 2} = 2 \cdot \pi \cdot 7,62 \cdot 1,49 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 \cdot 9,81 = 35690,52 \text{ Н},$$

$$G_{\text{м.пояса } 3} = 2 \cdot \pi \cdot 7,62 \cdot 1,49 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 \cdot 9,81 = 32945,1 \text{ Н},$$

$$G_{\text{м.поясов } 4-9} = 2 \cdot \pi \cdot 7,62 \cdot 1,49 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 \cdot 9,81 = 30199,67 \text{ Н}.$$

Вес стенки резервуара  $G_{\text{ст}}$ , Н определяется как сумма всех ее поясов

$$G_{\text{ст}} = \sum_{i=1}^n G_{\text{м.пояса } i}, \quad (25)$$

где  $G_{\text{м.пояса } i}$  – то же, что и в формуле (24).

$$G_{\text{ст}} = 293760,5 \text{ Н}.$$

Масса крыши и оборудования берутся стандартные.

По формуле (23)

$$G_{\text{м}} = 293760,5 + 135770,4 = 429530,9 \text{ Н}.$$

Считаем меридиональные напряжения  $\sigma_1$ , МПа для каждого из поясов по формуле (22)

$$\sigma_{1.1} = \frac{1,05 \cdot 429530,9 + 0,95 \cdot (1,05 \cdot 50240)}{2\pi \cdot 7,62 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} + \frac{(0,9 \cdot 1,4 \cdot 1020 - 0,95 \cdot 1,2 \cdot 2000) \cdot 7,62}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 0,84 \text{ МПа}.$$

Далее поочередно вычитаем массы предыдущих поясов. Например, для второго пояса берем массу металлической конструкции не всю, а только семи поясов.

Таким образом, остальные меридиональные напряжения будут равны

$$\sigma_{1.2} = 0,88 \text{ МПа}, \sigma_{1.3} = 0,82 \text{ МПа}, \sigma_{1.4} = 0,77 \text{ МПа}, \sigma_{1.5} = 0,65 \text{ МПа}, \\ \sigma_{1.6} = 0,52 \text{ МПа}, \sigma_{1.7} = 0,4 \text{ МПа}, \sigma_{1.8} = 0,28 \text{ МПа}, \sigma_{1.9} = 0,16 \text{ МПа}.$$

Рассчитаем кольцевое напряжение  $\sigma_2$ , МПа по формуле

$$\sigma_2 = \frac{(g \cdot \rho \cdot (H_{вз} - Z) + 1,2 \cdot P_{изб}) \cdot r}{t_1}, \quad (26)$$

где  $r$  – то же, что и в формуле (14);

$\rho$  – то же, что и в формуле (6);

$g$  – то же, что и в формуле (6);

$Z$  – то же, что и в формуле (17);

$P_{изб}$  – то же, что и в формуле (17);

$H_{вз}$  – то же, что и в формуле (17);

$t_1$  – то же, что и в формуле (22).

$$\sigma_{2.1} = \frac{(9,81 \cdot 881,6 \cdot (12,74 - 0) + 1,2 \cdot 2000)}{8 \cdot 10^{-3}} \cdot 7,62 = 107,23 \text{ МПа}.$$

Аналогично для других поясов

$$\sigma_{2.2} = 116,87 \text{ МПа}, \sigma_{2.3} = 110,24 \text{ МПа}, \sigma_{2.4} = 102,42 \text{ МПа}, \sigma_{2.5} = 84,56 \\ \text{МПа}, \sigma_{2.6} = 66,71 \text{ МПа}, \sigma_{2.7} = 48,86 \text{ МПа}, \sigma_{2.8} = 31 \text{ МПа}, \sigma_{2.9} = 13,15 \text{ МПа}.$$

Далее проверим вторую часть формулы (21)

$$\frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n} = \frac{236 \cdot 0,8}{1,05} = 179,8 \text{ МПа.}$$

Теперь необходимо проверить соблюдение условия для каждого из поясов. В случае его несоблюдения, необходимо увеличить толщину стенки.

Для первого пояса

$$\sqrt{1,54^2 - 1,54 \cdot 107,2 + 107,2^2} \leq 179,8,$$

$$106,8 \leq 179,8.$$

Условие выполняется.

Для второго пояса

$$\sqrt{1,01^2 - 1,01 \cdot 116,87 + 116,87^2} \leq 179,8,$$

$$116,43 \leq 179,8.$$

Условие выполняется.

Для остальных поясов условие также выполняется.

При расчете данного параметра необходимо провести проверку соотношений

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{a_1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{a_2}} \leq 1, \tag{27}$$

где  $\sigma_{a_1}$  – меридиональное критическое напряжение, МПа;

$\sigma_{a_2}$  – кольцевое критическое напряжение, МПа.

Определим величину  $\sigma_{a_1}$ , МПа по формуле

$$\sigma_{a_1} = C_i \cdot E \cdot \frac{t_{\min}}{r}, \quad (28)$$

где  $C_i$  – коэффициент, зависящий от радиуса толщины стенки резервуара;

$E$  – модуль Юнга, принят  $2 \cdot 10^5$  МПа;

$t_{\min}$  – минимальная толщина стенки резервуара, м;

$r$  – то же, что и в формуле (14).

Коэффициент  $C_i$  выбирается из соотношения радиуса к стенке резервуара. Примем  $C_i = 0,082$ .

По формуле (28)

$$\sigma_{a_1} = 0,082 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{7,62} = 11,84 \text{ МПа.}$$

Определим величину  $\sigma_{a_2}$ , МПа по следующей формуле

$$\sigma_{a_2} = 0,55 \cdot E \cdot \left( \frac{r}{H_r} \right) \cdot \left( \frac{t_{\min}}{r} \right)^{1,5}, \quad (29)$$

где  $H_r$  – редуцированная высота, м.

$E$  – то же, что и в формуле (28);

$t_{\min}$  – то же, что и в формуле (28);

$r$  – то же, что и в формуле (14).

Редуцированная высота  $H_r$ , м определяется по формуле

$$H_r = \sum H_{\text{л}} \cdot \left( \frac{t_{\text{min}}}{t_i} \right)^{2,5}, \quad (30)$$

где  $t_{\text{min}}$  – то же, что и в формуле (28);

$H_{\text{л}}$  – то же, что и в формуле (8);

$t_i$  – то же, что и в формуле (22).

$$H_r = 11,7 \text{ м.}$$

По формуле (29)

$$\sigma_{a_2} = 0,55 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \left( \frac{7,62}{11,7} \right) \cdot \left( \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{7,62} \right)^{1,5} = 1,39 \text{ МПа.}$$

Рассчитаем значение кольцевого напряжения при расчете на устойчивость  $\sigma_2$ , МПа по формуле

$$\sigma_2 = (0,95 \cdot 1,2 \cdot P_{\text{вак}} + 0,95 \cdot 0,5 \cdot W_m) \cdot \frac{r}{t_i}, \quad (31)$$

где  $P_{\text{вак}}$  – давление вакуума, Па;

$W_m$  – то же, что и в формуле (20);

$r$  – то же, что и в формуле (14);

$t_i$  – то же, что и в формуле (22).

$$\sigma_2 = (0,95 \cdot 1,2 \cdot 250 + 0,95 \cdot 0,5 \cdot 194) \cdot \frac{7,62}{0,0055} = 0,5 \text{ МПа.}$$

Проверяем условие (27)



$$\frac{0,84}{11,84} + \frac{0,5}{1,39} \leq 1,$$

$$0,43 \leq 1.$$

Условие выполняется.

Так как основная нагрузка приходится на первый пояс, проверяем данное условие лишь по отношению к нему.

Исходя из установленных норм и правил проектирования резервуара, номинальная толщина кольцевых окроек  $t_{\text{окр}}$ , мм должна быть не меньше величин, определяемой по следующей формуле

$$t_{\text{окр}} = 0,77 \cdot t_1, \quad (32)$$

где  $t_1$  – то же, что и в формуле (25), мм.

$$t_{\text{окр}} = 0,77 \cdot 8 = 6 \text{ мм.}$$

Окрайка днища должна проверяться на прочность от воздействия изгибающего момента краевого эффекта.

В основу определения внутренних усилий в зоне краевого эффекта (в месте сопряжения стенки с днищем) положена основная система метода сил с двумя неизвестными.

Канонические уравнения метода сил выглядят следующим образом

$$\left( \delta_{11}^{\text{ст}} + \delta_{11}^{\text{дн}} \right) \cdot M_0 + \left( \Delta_{1p}^{\text{ст}} + \Delta_{1p}^{\text{дн}} \right) = 0, \quad (33)$$

где  $\delta_{11}^{\text{ст}}, \delta_{11}^{\text{дн}}$  – коэффициенты канонического уравнения;

$\Delta_{1p}^{\text{ст}}, \Delta_{1p}^{\text{дн}}$  – свободные члены канонического уравнения;

$M_0$  – изгибающий момент, Н·м.

Коэффициент  $\delta_{11}^{ст}$  вычисляется по зависимости

$$\delta_{11}^{ст} = \frac{2\beta_{ст}^3}{K_{ст}}, \quad (34)$$

где  $\beta_{ст}$  – коэффициент деформации стенки,  $m^{-1}$ ;

$K_{ст}$  – коэффициент постели стенки,  $H/m^3$ .

Коэффициент деформации стенки  $\beta_{ст}$ ,  $m^{-1}$  вычисляется по формуле

$$\beta_{ст} = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot (1 - \nu^2)}{r^2 \cdot t_1^2}}, \quad (35)$$

где  $\nu$  – коэффициент Пуассона;

$r$  – то же, что и в формуле (14);

$t_1$  – то же, что и в формуле (32).

Коэффициент постели стенки  $K_{ст}$ ,  $H/m^3$  вычисляется по формуле

$$K_{ст} = \frac{E \cdot t_1}{r^2}, \quad (36)$$

По формуле (35)

$$\beta_{ст} = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot (1 - 0,3^2)}{7,62^2 \cdot 0,008^2}} = 5,2 \text{ } m^{-1}.$$

По формуле (36)

$$K_{\text{ст}} = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,008}{7,62^2} = 27,55 \text{ МН/м}^3.$$

По формуле (9.3)

$$\delta_{11}^{\text{ст}} = \frac{2 \cdot 5,2^3}{27,55 \cdot 10^6} = 10,2 \cdot 10^{-6} \text{ Н}^{-1}.$$

Далее определим  $\delta_{11}^{\text{дн}}$

$$\delta_{11}^{\text{дн}} = \frac{4\beta_{\text{дн}}^3}{K_{\text{дн}}}, \quad (37)$$

где  $\beta_{\text{дн}}$  – коэффициент деформации днища,  $\text{м}^{-1}$ ;

$K_{\text{дн}}$  – коэффициент постели днища,  $\text{Н/м}^3$ .

Коэффициент деформации днища  $\beta_{\text{дн}}$ ,  $\text{м}^{-1}$  определим по формуле

$$\beta_{\text{дн}} = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot K_{\text{дн}} \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot t_{\text{окр}}^2}}, \quad (38)$$

где  $\nu$  – то же, что и в формуле (35);

$K_{\text{дн}}$  – то же, что и в формуле (33);

$E$  – то же, что и в формуле (28);

$t_{\text{окр}}$  – то же, что и в формуле (32).

$$\beta_{\text{дн}} = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot 9,8 \cdot 10^8 \cdot (1 - 0,3^2)}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,006^2}} = 4,39 \text{ м}^{-1}.$$

По формуле (37)

$$\delta_{11}^{\text{дн}} = \frac{4 \cdot 4,39^3}{9,8 \cdot 10^8} = 34,5 \cdot 10^{-8} \text{ Н}^1.$$

Рассчитаем величину свободного члена канонического уравнения  $\Delta_{1p}^{\text{ст}}$  по формуле

$$\Delta_{1p}^{\text{ст}} = \frac{P_{\text{изб}} \cdot \beta_{\text{ст}} - P'}{K_{\text{ст}}}, \quad (39)$$

где  $P'$  – давление на днище с учетом налива нефтепродукта, МПа;

$P_{\text{изб}}$  – то же, что и в формуле (17);

$\beta_{\text{ст}}$  – то же, что и в формуле (35);

$K_{\text{ст}}$  – то же, что и в формуле (36).

Давление на днище с учетом налива нефтепродукта  $P'$ , МПа определим по формуле

$$P' = \frac{P_{\text{и}} - P_{\text{изб}}}{H_{\text{вз}}}, \quad (40)$$

где  $P_{\text{изб}}$  – то же, что и в формуле (17);

$H_{\text{вз}}$  – то же, что и в формуле (17);

$P_{\text{и}}$  – давление на днище, Па.

Давление на днище  $P_{\text{и}}$ , Па считается по формуле

$$P_{\text{и}} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot H_{\text{вз}} - P_{\text{изб}}, \quad (41)$$

где  $\rho$  – то же, что и в формуле (6);

$g$  – то же, что и в формуле (6);

$H_{\text{вз}}$  – то же, что и в формуле (17);

$P_{\text{изб}}$  – то же, что и в формуле (17).

$$P_{\text{и}} = 1,1 \cdot 881,6 \cdot 9,81 \cdot 12,74 - 2000 = 119200 \text{ Па.}$$

По формуле (40)

$$P' = \frac{119200 - 2000}{12,74} = 9199,37 \text{ Па.}$$

По формуле (39)

$$\Delta_{\text{1р}}^{\text{ст}} = \frac{-119200 \cdot 5,2 - 9199,37}{27,55 \cdot 10^6} = -0,02.$$

Определим значение коэффициента  $\Delta_{\text{1р}}^{\text{дн}}$  по формуле

$$\Delta_{\text{1р}}^{\text{дн}} = -2 \frac{\beta_{\text{дн}}}{K_{\text{дн}}} \cdot (q \cdot \beta_{\text{дн}} - 2P_{\text{изб}}), \quad (42)$$

где  $q$  – нагрузка на единицу дуги стенки от собственного веса стенки, покрытия и снега на нем, МПа;

$\beta_{\text{дн}}$  – то же, что и в формуле (38);

$K_{\text{дн}}$  – то же, что и в формуле (38);

$P_{\text{изб}}$  – то же, что и в формуле (17).

Нагрузка на единицу дуги стенки от собственного веса стенки, покрытия и снега на нем  $q$ , кг/м<sup>3</sup> определим по формуле

$$q = q_{\text{ст}} + q_{\text{кр}} + q_{\text{сн}}, \quad (43)$$

где  $q_{\text{ст}}$  – нагрузка на единицу дуги стенки от ее собственного веса, кг/м<sup>3</sup>;

$q_{\text{кр}}$  – нагрузка на единицу дуги стенки от веса покрытия, кг/м<sup>3</sup>;

$q_{\text{сн}}$  – нагрузка на единицу дуги стенки веса снега, кг/м<sup>3</sup>.

Нагрузка на единицу дуги стенки от ее собственного веса  $q_{\text{ст}}$ , кг/м<sup>3</sup> считается по формуле

$$q_{\text{ст}} = \frac{g_{\text{ст}} \cdot V \cdot g}{2\pi \cdot r}, \quad (44)$$

где  $g_{\text{ст}}$  – масса элементов стенки на единицу объема, кг/м<sup>3</sup>.

$r$  – то же, что и в формуле (14);

$g$  – то же, что и в формуле (6);

$V$  – то же, что и в формуле (15).

$$q_{\text{ст}} = \frac{10,38 \cdot 2000 \cdot 9,81}{2\pi \cdot 7,62} = 4,2 \text{ кН/м}.$$

Нагрузка на единицу дуги стенки от веса покрытия  $q_{\text{кр}}$ , кг/м<sup>3</sup> определяется по выражению

$$q_{кр} = \frac{g_{кр} \cdot V \cdot g}{2\pi \cdot r}, \quad (45)$$

где  $g_{кр}$  – масса элементов покрытия на единицу объема, кг/м<sup>3</sup>;

$r$  – то же, что и в формуле (14);

$g$  – то же, что и в формуле (6);

$V$  – то же, что и в формуле (15).

$$q_{кр} = \frac{4,38 \cdot 2000 \cdot 9,81}{2\pi \cdot 7,62} = 1,8 \text{ кН/м.}$$

Нагрузка на единицу дуги стенки веса снега  $q_{сн}$ , кг/м<sup>3</sup> считается по выражению

$$q_{сн} = \frac{S_g \cdot \mu \cdot r}{2}, \quad (46)$$

где  $S_g$  – то же, что и в формуле (19);

$\mu$  – то же, что и в формуле (19);

$r$  – то же, что и в формуле (14).

$$q_{сн} = \frac{1,2 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \cdot 7,62}{2} = 3,9 \text{ кН/м.}$$

По формуле (43):

$$q = 4,2 + 1,8 + 3,9 = 9,9 \text{ кН/м.}$$

По формуле (42):

$$\Delta_{1p}^{\text{дн}} = -2 \frac{4,39}{9,8 \cdot 10^8} \cdot (9900 \cdot 4,39 - 2 \cdot 119200) = 0,0017.$$

Итак, определив все параметры, произведем необходимые подстановки в формулу (33)

$$(0,00001 + 0,00000034) \cdot M_0 + (-0,02 + 0,0017) = 0,$$

$$M_0 = 0,182 \text{ кН}.$$

Далее проверим на прочность окрайку днища по зависимости

$$\sigma_{\text{окр}} = \frac{4 \cdot M_0}{t_{\text{окр}}^2} \leq \gamma_c \cdot \gamma_{\text{кр}} \cdot R_y, \quad (47)$$

где  $\gamma_{\text{кр}}$  – коэффициент условия работы стенки резервуара в зоне краевого эффекта, принимаем 1,2;

$M_0$  – то же, что и в формуле (33);

$t_{\text{окр}}$  – то же, что и в формуле (33);

$R_y$  – то же, что и в формуле (7);

$\gamma_c$  – то же, что и в формуле (6).

$$\sigma_{\text{окр}} = \frac{4 \cdot 182}{0,006^2} \leq 0,8 \cdot 1,2 \cdot 236 \cdot 10^6,$$

$$20,2 \leq 226,6 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.



Заключительным этапом расчетов является расчет на опрокидывание. Опрокидывающий момент, действующий на резервуар в результате ветрового воздействия  $M_w$ , Н·м определяются по следующей формуле

$$M_w = \gamma_m \cdot (M_{ws} + M_{wr}) \cdot \frac{W_m}{W_0}, \quad (48)$$

где  $M_{ws}$  – опрокидывающий момент от действия ветра на стенку резервуара, Н·м;

$M_{wr}$  – опрокидывающий момент от действия ветра на крышу резервуара, Н·м;

$W_T$  – то же, что и в формуле (20);

$W_0$  – то же, что и в формуле (20);

$\gamma_m$  – то же, что и в формуле (7).

Опрокидывающий момент от действия ветра на стенку резервуара  $M_{ws}$ , Н·м рассчитаем по формуле

$$M_{ws} = F \cdot b, \quad (49)$$

где  $F$  – сдвигающая сила от действия ветра на стенку, Н;

$b$  – координата приложения равнодействующей силы, м.

Сдвигающая сила от действия ветра на стенку  $F$ , Н вычисляется по формуле

$$F = 0,575 \cdot D \cdot W_m \cdot \left(1 - 0,705 \cdot \left(\frac{H_{ст}}{10}\right)^3 + 4,642 \cdot \left(\frac{H_{ст}}{10}\right)^2 + 4,815 \cdot \left(\frac{H_{ст}}{10}\right)\right), \quad (50)$$

где  $D$  – диаметр резервуара, м;

$W_m$  – то же, что и в формуле (20);

$H_{ст}$  – то же, что и в формуле (9).

$$F = 0,575 \cdot 15,24 \cdot 194 \cdot (1 - 0,705 \cdot \left(\frac{13,41}{10}\right)^3 + 4,642 \cdot \left(\frac{13,41}{10}\right)^2 + 4,815 \cdot \left(\frac{13,41}{10}\right)) = 23,9 \text{ Н.}$$

Координата приложения равнодействующей силы  $b$ , м зависит от высоты резервуара и определяется по следующей формуле

$$b = 2,5 + 0,57(H_{ст} - 5), \quad (51)$$

где  $H_{ст}$  – то же, что и в формуле (9).

$$b = 2,5 + 0,57(13,41 - 5) = 7,3 \text{ м.}$$

Таким образом, по формуле (49)

$$M_{ws} = 23,9 \cdot 7,3 = 175 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Далее определяем опрокидывающий момент от действия ветра на крышу резервуара  $M_{вр}$ , Н по формуле

$$M_{вр} = 0,72 \cdot S_r \cdot X_r, \quad (52)$$

где  $S_r$  – площадь вертикальной проекции крыши,  $\text{м}^2$ ;

$X_r$  – расстояние от днища до центра тяжести крыши резервуара, м.

Площадь вертикальной проекции крыши  $S_r$ ,  $\text{м}^2$  вычисляется по формуле

$$S_r = h \cdot r, \quad (53)$$

где  $h$  – высота образующей крыши, м;

$r$  – то же, что и в формуле (14).

Высота образующей крыши  $h$ , м определяется по формуле

$$h = \operatorname{tg} \alpha \cdot r, \quad (54)$$

где  $\alpha$  – угол между основанием крыши и ее образующей, принимаем  $6^\circ$ ;

$r$  – то же, что и в формуле (14).

$$h = \operatorname{tg} 6 \cdot 7,62 = 0,8 \text{ м.}$$

Подставляем в формулу (53)

$$S_r = 0,8 \cdot 7,62 = 6,09 \text{ м}^2.$$

Расстояние от днища до центра тяжести крыши резервуара  $X_c$ , м

$$X_r = X'_r + H_{\text{ст}}, \quad (55)$$

где  $X'_r$  – расстояние от основания крыши до ее центра тяжести, м;

$H_{\text{ст}}$  – то же, что и в формуле (9).

Расстояние от основания крыши до ее центра тяжести  $X'_r$ , м вычислим по формуле

$$X'_r = \frac{1}{4} h = \frac{0,8}{4} = 0,2 \text{ м.}$$

По формуле (55)

$$X_r = 0,2 + 13,41 = 13,61 \text{ м.}$$

Подставляем значения в формулу (52)

$$M_{wr} = 0,72 \cdot 6,09 \cdot 13,61 = 59,67 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Итоговая подстановка в формулу (48)

$$M_w = 1,05 \cdot (175 + 59,67) \cdot \frac{194}{380} = 125,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Теперь необходимо определить максимальную расчетную нагрузку на фундаментное кольцо  $q_{\max}$ , Н по следующей формуле

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{2\pi \cdot r} + \frac{M_w}{\pi \cdot r^2}, \quad (56)$$

где  $Q_{\max}$  – максимальная асимметричная нагрузка, действующая на фундамент резервуара, Н.

$M_w$  – то же, что и в формуле (48);

$r$  – то же, что и в формуле (14).

Максимальная асимметричная нагрузка, действующая на фундамент резервуара  $Q_{\max}$ , Н определяется по формуле

$$Q_{\max} = 1,05 \cdot G_{s+r} + 0,95 \cdot 1,05 \cdot G_{s0+r0} + (0,9 \cdot F_{sk} \cdot S_g + 0,95 \cdot 1,2 \cdot P_{\text{вак}}) \cdot \pi \cdot r^2, \quad (57)$$

где  $G_{s+r}$  – вес стенки и крыши резервуара, Н;

$G_{s0+r0}$  – вес оборудования резервуара, Н;

$F_{sk}$  – коэффициент, учитывающий форму крыши, принимаем 1;

$S_g$  – то же, что и в формуле (19);

$P_{\text{вак}}$  – то же, что и в формуле (31);

$r$  – то же, что и в формуле (14).

$$Q_{\text{max}} = 1,05 \cdot 429530,9 + 0,95 \cdot 1,05 \cdot 50240 + (0,9 \cdot 1 \cdot 1,2 + 0,95 \cdot 1,2 \cdot 250) \cdot \pi \cdot 7,62^2 = 553 \text{ кН}.$$

Найдем значение  $Q_{\text{min}}$ , кН по формуле

$$Q_{\text{min}} = G_{s+r} + 0,95 \cdot G_{s0+r0} - 0,95 \cdot 1,2 \cdot P_{\text{вак}} \cdot \pi \cdot r^2, \quad (58)$$

где  $G_{s+r}$  – то же что и в формуле (57);

$G_{s0+r0}$  – то же что и в формуле (57);

$P_{\text{вак}}$  – то же, что и в формуле (31);

$r$  – то же, что и в формуле (14).

$$Q_{\text{min}} = 429530,9 + 0,95 \cdot 50240 - 0,95 \cdot 1,2 \cdot 250 \cdot \pi \cdot 7,62^2 = 425,3 \text{ кН}.$$

Таким образом, по формуле (56)

$$q_{\text{max}} = \frac{553}{2\pi \cdot 7,62} + \frac{125,8}{\pi \cdot 7,62^2} = 12,2 \text{ кН/м}.$$

Нагрузки на центральную часть днища определяются исходя из величины внутреннего избыточного давления, максимального проектного уровня налива

и плотности продукта или воды. Данную нагрузку определяют по следующим формулам:

- для условий эксплуатации  $P_F$ , МПа

$$P_F = (\rho \cdot H_{вз} + \rho_{ст} \cdot t_g) \cdot 0,001 \cdot g + 1,2 \cdot P_{вак}, \quad (59)$$

где  $t_g$  – толщина днища резервуара, мм;

$\rho$  – то же, что и в формуле (6);

$g$  – то же, что и в формуле (6);

$H_{вз}$  – то же, что и в формуле (17);

$\rho_{ст}$  – то же, что и в формуле (24);

$P_{вак}$  – то же, что и в формуле (31).

- для гидравлических испытаний  $P_F$ , МПа

$$P_F = (\rho_b \cdot H_{вз} + \rho_{ст} \cdot t_g) \cdot 0,001 \cdot g + 1,2 \cdot P_{вак}, \quad (60)$$

где  $\rho_b$  – то же, что и в формуле (18);

$g$  – то же, что и в формуле (6);

$H_{вз}$  – то же, что и в формуле (17);

$t_g$  – то же, что и в формуле (59);

$\rho_{ст}$  – то же, что и в формуле (24);

$P_{вак}$  – то же, что и в формуле (31).

По формуле (59)

$$P_F = (881,6 \cdot 12,74 + 7850 \cdot 8 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,001 \cdot 9,81 + 1,2 \cdot 250 = 410,8 \text{ Н/м}.$$

По формуле (60)

$$P_F = (1000 \cdot 12,74 + 7850 \cdot 8 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,001 \cdot 9,81 + 1,2 \cdot 250 = 425,6 \text{ Н/м}.$$

Резервуар считается устойчивым к опрокидыванию, если момент от вертикальных удерживающих сил, действующих на пустой резервуар, превышает момент сил, вызванных ветровым воздействием. Установка анкеров требуется, если выполняется следующее условие

$$M_w \geq (Q_{\min} - F_{wr}) \cdot r, \quad (61)$$

где  $F_{wr}$  – подъемная сила действия ветра на крышу, Н;

$M_w$  – то же, что и в формуле (48);

$Q_{\min}$  – то же, что и в формуле (58);

$r$  – то же, что и в формуле (14).

Подъемная сила действия ветра на крышу  $F_{wr}$ , Н определяется по формуле

$$F_{wr} = 0,72 \cdot \pi \cdot r \cdot \frac{W_m}{W_0}, \quad (62)$$

где  $W_m$  – то же, что и в формуле (20);

$W_0$  – то же, что и в формуле (20);

$r$  – то же, что и в формуле (14).

$$F_{wr} = 0,72 \cdot \pi \cdot 7,62 \cdot \frac{194}{380} = 8,8 \text{ кН}.$$

По формуле (61)

$$125,8 \geq (425,3 - 8,8) \cdot 7,62,$$

$$125,8 \geq 3173,73.$$

Условие не выполняется, поэтому установка анкеров не требуется. Резервуар устойчив к опрокидыванию.

На вертикальные цилиндрические резервуары в зависимости от назначения рекомендуется устанавливать следующее оборудование, отвечающее требованиям стандартов и предназначенное обеспечить надежную эксплуатацию резервуаров и снижение потерь нефти и нефтепродуктов от испарения [7]:

- дыхательные и предохранительные клапаны;
- огневые предохранители;
- приборы контроля и сигнализации (уровнемеры, сниженные приборы ПСР, сигнализаторы уровня, манометры для контроля давления в газовой сфере);
- хлопушки;
- противопожарное оборудование;
- оборудование для подогрева;
- приемо-раздаточные патрубки;
- очистной патрубков;
- вентиляционные патрубки;
- люки-лазы;
- люк световой;
- люк замерный.

Для нормальной работы вертикального стального резервуара объёмом 2000 м<sup>3</sup> необходимо оборудование, представленное в таблице 6 [4, 8].

Таблица 6 – Оборудование резервуара

Наименование оборудования	Количество, шт
Генератор пены средней кратности ГПСС-600	3



Клапан дыхательный КДС 1500К/150	3
Кран сифонный КС-80	1

Окончание таблицы 6

Пробоотборник ПСР-11	1
Люк замерный ЛЗ-150	1
Механизм управления хлопушкой МУ-1	2
Хлопушка ХП-150	2
Люк-лаз Ду 600	1
Люк-лаз 600х900	1
Люк световой Ду 500	1

Также резервуары будут оснащены кольцевыми площадками на крыше, доступ к которым будет осуществляться с помощью шахтных лестниц.

### **3 Конструктивные решения**

Вновь проектируемые объекты размещаются с соблюдением технологических норм проектирования в соответствии с требованиями СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [2], ВУП СНЭ «Ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливноналивных эстакад легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов» [9].

Технологическая схема предусматривает следующие операции:

- слив из железнодорожных цистерн;
- слив из автоцистерн;
- перекачка топлива по технологическим трубопроводам;
- хранение в резервуарах парка;
- налив в железнодорожные цистерны;
- налив в автоцистерны.

На пункте слива-налива автоцистерны будет установлен стояк верхнего налива «АСН-100АС» и одно устройство нижнего слива «МС-80 УХЛ1».

Пункт слива-налива рассчитан на одновременный слив-налив одной автоцистерны.

Для перекачки топлива из железнодорожных и автомобильных цистерн в резервуары хранения и из резервуаров в железнодорожные и автомобильные цистерны предусмотрены насосы Н-1, Н-2 типа КМ 100-80/170Е. Насос Н-2 является резервным.

Управление насосами осуществляется как по месту установки, так и с дистанционным отключением из операторной.

Хранение дизельного топлива предусматривается во вновь проектируемых вертикальных резервуарах общим объемом 6000 м<sup>3</sup>.

Технологической схемой предусмотрена возможность перекачки топлива из резервуара в случае его разгерметизации в аварийный резервуар Р1 парка насосом Н-2.

Для локализации возможных аварийных проливов и исключения загрязнения почвы нефтепродуктом в зонах слива-налива автоцистерны, в насосной, в местах расположения арматуры резервуарного парка, в резервуарном парке выполнено твердое непроницаемое покрытие с бортиками по периметру площадок.

Для защиты обслуживающего персонала, оборудования, приборов от атмосферных осадков и солнечной радиации пункт слива-налива автоцистерны и открытая насосная, оборудованы навесами.

Обвязка оборудования трубопроводами обеспечивает гибкость технологической схемы.

При необходимости использования резервуаров под другую марку нефтепродукта они должны быть предварительно зачищены и промыты.

При подготовке к ремонту проектом предусматривается пропарка резервуаров, насосов и трубопроводов от передвижной парогенераторной установки ППУ. Продувка азотом предусмотрена из баллонов ( $P = 0,8$  МПа).

Сброс продуктов пропарки трубопроводов, насосов и фильтров, сброс стоков от смыва проливов с отбортованных площадок осуществляется во вновь

проектируемую подземную дренажную емкость Е-1 с последующим вывозом загрязненных нефтепродуктами стоков на утилизацию.

Проезд пожарной техники предусмотрен круговым проездом по периметру резервуарного парка. Резервуар противопожарного запаса воды расположен на нормативном расстоянии от парка.

#### **4 Экономический расчёт затрат на проведение перевооружения**

В экономической части дипломного проекта рассчитываются затраты на техническое перевооружение резервуарного парка ООО «Байкалнефтецентр».

В настоящее время предприятие обладает резервуарным парком, максимально возможный товарооборот которого не удовлетворяет растущим потребностям предприятия.

В дипломном проекте предлагается увеличить количество резервуаров для хранения нефтепродукта, а также оснастить резервуарный парк оборудованием для слива и налива нефтепродукта в и из железнодорожных и автоцистерн.

##### **4.1 Расчёт стоимости строительства резервуаров для дизельного топлива**

В ходе перевооружения резервуарного парка ООО «Байкалнефтецентр» будут возведены 2 резервуара для хранения дизельного топлива.

Перечень строительно-монтажных работ, а также их трудоёмкость  $H_{вр}$ , чел./ч (таблица 7) составим в соответствии с Едиными нормами и расценками на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы [10].

Таблица 7 – Трудоёмкость строительно-монтажных работ

Наименование работ	Трудоёмкость, чел./час
--------------------	------------------------

Площадка обслуживания под задвижки, патрубки	150
Внутреннее антипожарное покрытие	784
Наружная покраска	3466

#### Окончание таблицы 7

Монтаж стенки, кровли, днища	474
Испытание резервуара	23
Установка лестниц	13,5
Установка оборудования	
- Люк-лаз Ду 600	12
- Люк 600x900	12
- Люк световой Ду 500	12
- Люк замерный ЛЗ-150	12
- Кран сифонный КС-80	12
- Пробоотборник ПСР-11	12
- Клапан дыхательный КДС 1500К/150	12
- Хлопушка ХП-150 с механизмом управления МУ-1	16
- ГПСС-600	21,5
Установка ограждений на крыше резервуара	10
Установка молниеотводов	4
Установка ПРП	106
Итого:	5152

Работы будут производиться бригадой работников, состав которой будет формироваться в соответствии с перечнем работ, представленным в таблице 7. Наименование профессий и количество работников представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Состав работников

Наименование профессии	Количество
Мастер участка	1
Сварщик	3
Газорезчик	3

Слесарь	5
Бульдозерист	1
Автокрановщик	1
Водитель автокрана	1

Окончание таблицы 8

Экскаваторщик	1
Водитель автотранспорта	1
Стропальщик	4
Геодезист	2
Итого:	23

Итого количество работников составит  $K_{\text{раб}} = 23$  чел.

Далее производим расчёт количества смен  $K_{\text{см}}$ , необходимых для проведения работ. Расчёт производится исходя из трудоёмкости работ по сооружению резервуара, продолжительности смены ( $t_{\text{см}} = 8$  ч) и количества работников по формуле

$$K_{\text{см}} = \frac{H_{\text{вр}}}{t_{\text{см}} \cdot K_{\text{раб}}} \quad (63)$$

$$K_{\text{см}} = \frac{5152}{8 \cdot 23} = 28 \text{ смен.}$$

Следующим шагом будет расчёт фонда оплаты труда. Оплата труда будет складываться из следующих частей

$$W_{\text{зарп.}} = W_{\text{мес.}} + W_{\text{мес.}} \cdot k_{\text{районный}} + W_{\text{мес.}} \cdot k_{\text{надбавка}}, \quad (64)$$

где  $D_{\text{мес}}$  – заработная плата месячная, руб.;

$k_{\text{районный}}$  – выравнивающий районный коэффициент, для г. Ангарск  $k_{\text{районный}} = 0,2$  [11];

$k_{\text{надбавка}}$  – процентная надбавка, для г. Ангарск  $k_{\text{надбавка}} = 0,3$  [11].

Строительство будет производиться с рабочей сменой по 8 часов пять дней в неделю. Итоговая заработная плата по каждому наименованию профессии  $W_{\text{итог}}$ , руб. будет рассчитываться по формуле

$$W_{\text{итог}} = \frac{W_{\text{зарп.}} \cdot K_{\text{см}}}{K_{\text{раб.д.}}} \cdot n, \quad (65)$$

*и*

где  $W_{\text{зарп.}}$  – то же, что в формуле (64);

$K_{\text{см}}$  – то же, что в формуле (63);

$n$  – количество месяцев в году,  $n = 12$ ;

$K_{\text{раб.д.}}$  – количество рабочих дней в году, для 2017 года  $K_{\text{раб.д.}} = 247$ ;

$n$  – количество работников рассматриваемого наименования профессии.

Страховые взносы составляют 30 % от фонда оплаты труда. Используя формулы (63), (64) и (65), вычислим размер фонда оплаты труда и запишем полученные данные в таблицу 9.

Таблица 9 – Оплата труда производственного персонала

Наименование профессии	Количество	Зарботная плата (месячная), руб.	Итоговая заработная плата $W_{\text{итог}}$ , руб.
Мастер участка	1	50000 [12]	102024,3
Сварщик	3	30000 [13]	183643,7
Газорезчик	3	30000 [14]	183643,7
Слесарь	5	24000 [15]	244858,3
Бульдозерист	1	30000 [12]	61214,6
Автокрановщик	1	20000 [14]	40809,7

Водитель автокрана	1	25000 [16]	51012,1
Экскаваторщик	1	30000 [12]	61214,6
Водитель автотранспорта	1	30000 [12]	61214,6

#### Окончание таблицы 9

Стропальщик	4	25000 [17]	204048,6
Геодезист	2	30000 [17]	122429,1
		Итого:	1316113,4
		Итого за 2 резервуара:	2632226,7
Страховые взносы			789668,02

Общая стоимость оборудования без НДС  $C_{\text{общ.}}$ , руб. определяется по формуле

$$C_{\text{общ.}} = \frac{C_{\text{перв.}} \cdot k_{\text{об.}}}{1,18}, \quad (66)$$

где  $C_{\text{перв.}}$  – стоимость оборудования за единицу с НДС, руб.;

$k_{\text{об.}}$  – количество оборудования.

Амортизацию основных средств  $H_a$  рассчитаем по формуле

$$H_a = \frac{100}{T_{\text{ср.сл.}}}, \quad (67)$$

где  $T_{\text{ср.сл.}}$  – срок полезного использования, год.

Сооружение резервуара будет производиться в течении  $K_{\text{см}} = 28$  смен, что соответствует количеству календарных дней  $K_{\text{к.д.}} = 40$  дней. Учитывая этот фактор, амортизационные отчисления  $A$ , руб. за период перевооружения определяются по формуле

$$A = \frac{C_{\text{общ.}} \cdot H_a \cdot K_{\text{к.д.}}}{100 \cdot Z_{\text{г.}}}, \quad (68)$$

где  $C_{\text{общ.}}$  – то же, что и в формуле (66);

$H_a$  – то же, что и в формуле (67);

$K_{\text{к.д.}}$  – количество календарных дней, в течении которых используется оборудование;

$Z_{\text{г.}}$  – количество дней в году,  $Z_{\text{г.}}=365$ .

Произведём расчёты по формулам (66), (67) и (68) для каждого наименования оборудования. Полученные результаты сведём в таблицу 10.

Таблица 10 – Амортизационные отчисления по основному оборудованию за период перевооружения

Наименование	Кол-во	Стоимость ед., руб	Общая стоимость без НДС, руб.	Срок службы	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Сварочный аппарат	3	124600 [18]	373800	7	14,29	4959,37
Экскаватор	1	9580000 [19]	9580000	7	14,29	127102,06
Бульдозер	1	660000 [19]	660000	7	14,29	8756,51
Шлефмашинка	1	2910 [20]	2910	5	-	2466,10
А/м "Камаз 43118"	1	275000 [19]	275000	7	14,29	3648,55
А/м «Камаз 65115»	1	1710000 [19]	1710000	7	14,29	22687,32



Погрузчик	2	120000 [19]	240000	7	14,29	3184,19
Автокран	1	6800000 [19]	6800000	7	14,29	90218,58
Теодолит	2	55990 [21]	111980	7	14,29	1485,69
					Итого:	264508,36

Окончание таблицы 10

					Итого за 2 резервуа ра:	529016,72
--	--	--	--	--	----------------------------------	-----------

В ходе расчётов, выполненных в пункте 2.1.4, было установлено количество поясов и количество листов металла, приходящееся на один пояс стенки резервуара. Исходя из расчётов, на каждый пояс потребуется 8 листов.

В таблице 11 представлены затраты на материалы и оборудование для сооружения резервуара.

Таблица 11 – Затраты на материалы и оборудование при сооружении резервуара

Наименование	Количество	Стоимость ед . с НДС, руб	Общая стоимость, руб.
Лист 8 09Г2С ГОСТ 19903-74	8	28420 [22]	227360
Лист 6,5 09Г2С ГОСТ 19903-74	8	27734 [22]	221872
Лист 6 09Г2С ГОСТ 19903-74	8	27734 [22]	221872
Лист 5,5 09Г2С ГОСТ 19903-74	48	27734 [22]	1331232
Генератор пены средней кратности ГПСС-600	3	7980 [23]	23940
Клапан дыхательный КДС 1500К/150	3	42180 [23]	126540
Кран сифонный КС-80	1	11458 [23]	11458
Пробоотборник ПСР-11	1	45458 [23]	45458
Люк замерный ЛЗ-150	1	1573 [23]	1573
Механизм управления хлопушкой МУ-1	2	6440 [23]	12880
Хлопушка ХП-150	2	3458 [23]	6916

Люк-лаз Ду 600	1	30841 [23]	30841
Люк-лаз 600х900	1	46478 [23]	46478
Люк световой Ду 500	1	23632 [23]	23632
Лист 6 09Г2С ГОСТ 19903-74	22	27734 [22]	610148
Уголок 63х5 48 м	2	9443 [24]	18886

Окончание таблицы 11

Лист 4 09Г2С ГОСТ 19903-74	21	27734 [22]	582414
Швеллер 12	18	5428,8 [25]	97718,4
ПРУ	1	35950 [26]	35950
Герметизатор ПЗУ-4 Ду600	1	33228 [27]	33228
		Итого:	3710396,4
		Итого на 2 резервуара:	7420792,8

Также необходимо произвести расчёт затрат на вспомогательные материалы (таблица 12).

Таблица 12 – Вспомогательные материалы

Наименование	Кол-во, кг	Стоимость ед. с НДС, руб.	Общая стоимость, руб.
Электроды УОНИ-13/45	300	69,5 [28]	20850
Сварочная проволока	320	50 [29]	16000
Шлифкруги	75	550 [20]	41250
Грунтовка	250	234 [30]	58500
Краска	150	260 [30]	39000
		Итого:	175600
		Итого на 2 резервуара:	351200

Сведём итоговые данные таблиц полученные данные в таблицу 13 и найдём итоговую стоимость резервуаров.

Таблица 13 – Итоговая смета затрат на строительство РВС

№	Наименование показателя	Стоимость, руб.
1	Оплата труда	2632226,7
2	Страховые взносы	789668,0
3	Амортизационные отчисления	529016,72
4	Вспомогательные материалы	351200

Окончание таблицы 13

5	Материалы и оборудование резервуара	7420792,8
6	Транспортировка материалов	820000[31]
	Итого:	12542904,25

На рисунке 1 представлена диаграмма затрат на возведение резервуара.

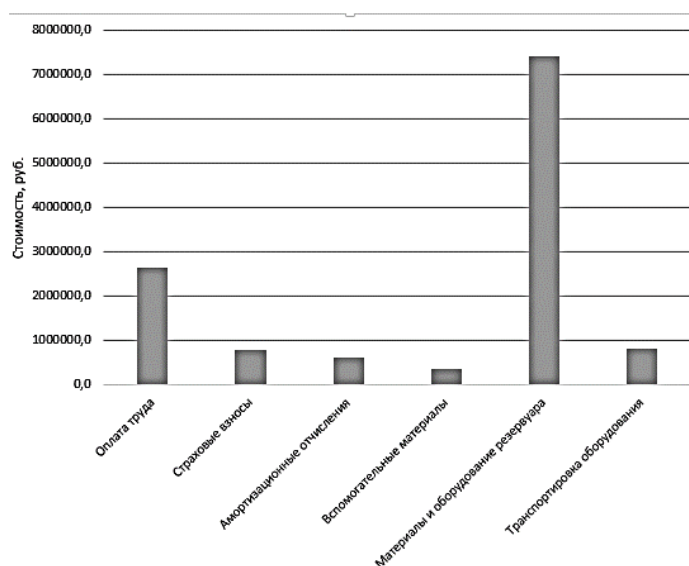


Рисунок 1 – Диаграмма затрат на возведение резервуара

Из диаграммы отчётливо видно, что основная масса средств будет расходоваться на приобретение материалов и оборудования.

#### 4.2 Затраты на остальное оборудование резервуарного парка

Далее, в таблице 14 перечислим затраты на остальное оборудование, требуемое для перевооружения резервуарного парка.

Таблица 14 – Затраты на перевооружение оборудования резервуарного парка

Наименование	Кол-во	Стоимость ед. с НДС, руб.	Общая стоимость с НДС, руб.
Агрегат электронасосный КМ 100-80/160Е с двойным торцевым уплотнением	5	103900 [32]	519500
Устройство верхнего налива АЦ АСН-100АС	1	265000 [33]	265000
Устройство верхнего налива ЖДЦ УНЖ6-100АС-01	3	205000 [33]	615000
Устройство нижнего слива ЖДЦ УСН-150	3	102000 [33]	306000
Устройство слива автоцистерн УС-80	1	24681 [33]	24681
Штуцера для приборов КИП	12	90 [34]	1080
Фильтр сетчатый Y-образный	2	21000 [35]	42000
Счётчик жидкости ЛЖ-100	3	54000 [36]	162000
Ёмкость дренажная V=25 м3	1	335704 [37]	335704
Преградитель огневой ОП-50	1	1476 [26]	1476
Труба электросварная 159х4,5	420 м	704 [38]	295680
Отвод 90- 159х4,5	40	753[39]	30120
Задвижка 30с41нж с электроприводом ГЗ-А.150	18	89721 [40]	1614978
Задвижки 30лс41нж	25	26000 [41]	650000
Отборное устройство ОУ 16-70-09Г2С-МУ	8	1990 [42]	15920
Электроды УОНИ-13/45	300	69,5 [28]	20850
Сварочная проволока	320	50 [29]	16000
		Итого:	4915989

Определимся с трудоёмкостью работ по установке оборудования при помощи Единых норм и расценок на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы [11] (таблица 15).

Таблица 15 – Трудоёмкость работ по установке технологического оборудования

Наименование	Количество	Норма трудоёмкости на единицу, чел./час.	Суммарная трудоёмкость, чел./час.
Агрегат электронасосный КМ 100-80/160Е с двойным торцевым уплотнением	5	13,9	69,5
Устройство верхнего налива АЦ АСН-100АС	1	12	12
Устройство верхнего налива ЖДЦ УНЖ6-100АС-01	3	12	36
Устройство нижнего слива ЖДЦ УСН-150	3	12	36
Устройство слива автоцистерн УС-80	1	12	12
Штуцера для приборов КИП	12	0,33	3,96
Фильтр сетчатый Y-образный	2	2	4
Счётчик жидкости ЛЖ-100	3	0,6	1,8
Ёмкость дренажная V=25 м3	1	20	20
Преградитель огневой ОП-50	1	5,4	5,4
Труба электросварная 159x4,5	420	2	70
Отвод 90- 159x4,5	40	0,73	29,2
Задвижка 30с41нж с электроприводом ГЗ-А.150	18	0,79	14,22
Задвижки 30лс41нж	25	0,79	19,75
Отборное устройство ОУ 16-70-09Г2С-МУ	8	1,1	8,8
		Итого:	342,6

Исходя из перечня и объёма работ определимся с составом рабочей бригады (таблица 16).

Таблица 16 – Состав рабочей бригады

Наименование профессии	Количество
Сварщик	1

Окончание таблицы 16

Газорезчик	1
Слесарь	5
Итого:	7

Определим продолжительность работ по формуле (63)

$$K_{\text{см}} = \frac{342,6}{8 \cdot 7} = 6,1 \text{ смен.}$$

В расчёт принимаем  $K_{\text{см}} = 7$  смен.

Страховые взносы составляют 30% от фонда оплаты труда. Используя формулы (63), (64) и (65), вычислим размер фонда оплаты труда и запишем полученные данные в таблицу 17.

Таблица 17 – Фонд оплаты труда

Наименование профессии	Количество	Заработная плата (месячная), руб.	Итоговая заработная плата $W_{\text{итог}}$ , руб.
Сварщик	1	30000 [13]	15303,64
Газорезчик	1	30000 [14]	15303,64
Слесарь	5	24000 [15]	61214,57
		Итого:	91821,86
Страховые взносы			27546,56

В ходе установки основного технологического оборудования будет использоваться оборудование, необходимое в процессе перевооружения. По

формулам (66), (67) и (68) рассчитаем амортизацию для каждого вида оборудования (таблица 18).

Таблица 18 – Амортизация оборудования

Наименование	Кол-во	Стоимость ед., руб	Общая стоимость без НДС, руб.	Срок службы	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Сварочный аппарат	1	124600 [18]	105593,2	7	14,29	289,4
Шлефмашинка	1	2910 [20]	2466,1	5	-	2466,1
					Итого:	2755,5

Далее рассчитаем итоговые затраты на установку технологического оборудования (таблица 19).

Таблица 19 – Итоговые затраты на установку оборудования

№	Наименование показателя	Стоимость, руб.
1	Оплата труда	91821,86
2	Страховые взносы	27546,56
3	Амортизационные отчисления	2755,5
5	Материалы и оборудование	4915989
6	Транспортировка материалов	220000[31]
	Итого:	5258112,92

Итоговую стоимость перевооружения резервуарного парка ООО «Байкалнефтецентр» рассчитаем в таблице 20.

Таблица 20 – Итоговая стоимость перевооружения

Показатель	Стоимость, руб.
Итоговая смета затрат на строительство резервуаров	12542904,25
Затраты на перевооружение оборудования резервуарного парка	5258112,9
Итого:	17801017,15

На рисунке 2 изображена диаграмма, отражающая состав затрат на перевооружение резервуарного парка.

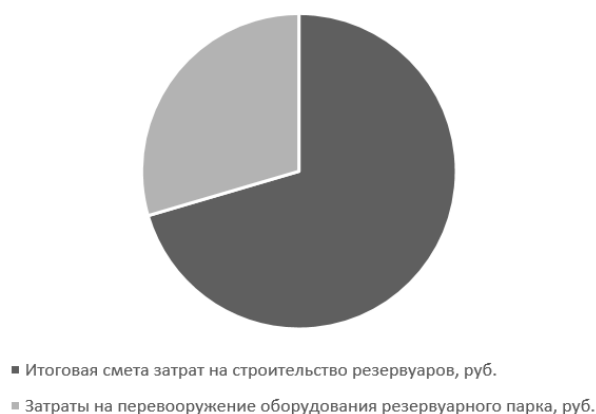


Рисунок 2 – Диаграмма расходования средств на перевооружение резервуарного парка

Из диаграммы отчётливо видно, что преобладающая часть средств уйдёт на сооружение резервуаров.

#### **4.3 Расчёт амортизационных отчислений на содержание резервуарного парка**

В таблице 21 произведём расчёт амортизационных отчислений на содержание резервуара за год

Таблица 21 – Амортизационные отчисления



Наименование	Общая стоимость без НДС, руб.	Срок службы, лет	Норма амортизации, %	Амортизация годовая, руб.
Агрегат электронасосный КМ 100-80/160Е	440254,2	7	14,29	62893,5
Устройство верхнего налива АЦ АСН-100АС	224576,3	10	10	22457,6

Продолжение таблицы 21

Устройство верхнего налива ЖДЦ УНЖ6-100АС-01	521186,4	7	14,29	74455,2
Устройство нижнего слива ЖДЦ УСН-150	259322,0	7	14,29	37046,0
Устройство слива автоцистерн УС-80	20916,1	7	-	20916,1
Штуцера для приборов КИП	915,3	-	-	915,3
Фильтр сетчатый Y-образный	35593,2	-	-	35593,2
Счётчик жидкости ЛЖ-100	137288,1	7	14,29	19612,6
Ёмкость дренажная V=25 м3	284494,9	7	14,29	40642,1
Преградитель огневой ОП-50	1250,8	-	-	1250,8
Труба электросварная 159х4,5	20881,4	-	-	20881,4
Отвод 90- 159х4,5	25525,4	-	-	25525,4
Задвижка 30с41нж с электроприводом ГЗ-А.150	1368625,4	7	14,29	195517,9
Задвижки 30лс41нж	550847,5	-	-	550847,5
Отборное устройство ОУ 16-70-09Г2С-МУ	13491,5	-	-	13491,5
РВС-2000 м3	10350159,5	25	4	414006,4
Генератор пены средней кратности ГПСС-600	-	20288,1	-	20288,1
Клапан дыхательный КДС 1500К/150	-	107237,3	-	107237,3
Кран сифонный КС-80	-	9710,2	-	9710,2
Пробоотборник ПСР-11	-	38523,7	-	38523,7

Люк замерный ЛЗ-150	-	1333,1	-	1333,1
Механизм управления хлопушкой МУ-1	-	10915,3	-	10915,3
Хлопушка ХП-150	-	5861,0	-	5861,0
Люк-лаз Ду 600	-	26136,4	-	26136,4
Люк-лаз 600х900	-	39388,1	-	39388,1
Люк световой Ду 500	-	20027,1	-	20027,1

Окончание таблицы 21

			Итого:	1815472,8
--	--	--	--------	-----------

Итого на амортизационные отчисления основного оборудования резервуарного парка за первый год эксплуатации будет потрачено 1815472,8 руб.

## **5 Безопасность жизнедеятельности**

Предприятия нефтегазового сектора являются опасными производственными объектами. Повышенная пожароопасность и высокая загрязняющая способность нефти и нефтепродуктов обуславливают жёсткие требования к надёжности и безопасности оборудования.

### **5.1 Мероприятия по устранению вредных и опасных производственных факторов**

Рассмотрим здание операторной, а также условия работы в нём. По интенсивности общих энергозатрат организма работа в операторной попадает в категорию Пб [42].

Таблица 22 – Фактическое состояние условий труда на рабочем месте

№ п/п	Код фактора	Наименование производственного фактора, единица измерения	ПДК, ПДУ, допустимый уровень	Дата проведенного измерения	Фактический уровень производственного фактора	Величина отклонения	Класс условий труда, степень вредности и опасности	Продолжительность воздействия
1	5.00	Тяжесть трудового процесса		11.05.17		-	2	1

Окончание таблицы 22

2	5.00	Напряженность трудового процесса		11.05.17		-	2	1
3	4.50	Шум, дБА	80	11.05.17	103	-	3.1	1
4	4.62	Температура, С°	15-22	11.05.17	22	-	2	1
5	4.64	Влажность, %	15-75	11.05.17	43	-	2	1
6	4.63	Скорость движения воздуха, м/с	0,1	11.05.17	0,1	-	2	1
7	4.68	Освещенность, лк	150	11.05.17	160	2	2	1
8	4.67	КЕО, %	0,6	11.05.17	1,3	-	2	1
9	4.66	ТНС, С	19,5 – 23,9	11.05.17	17,8	-	2	1
10	4.65	Тепловое излучение, Вт/см <sup>2</sup>	140	11.05.17	250	-	3.1	1
11	2.00	Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup> марганец монооксид углерода	0,1 20	11.05.17	0,01 5	-	2	1

		диоксид азота	2		0,01			
--	--	---------------	---	--	------	--	--	--

Источниками образования шума являются насосы, перекачивающие топливо из ж/д и автомобильных цистерн в резервуары парка и из резервуаров в железнодорожные и автомобильные цистерны.

Допустимый уровень шума на рабочем месте в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 (изм.1) – 80 дБА [43]. Уровень звуковой мощности насосов Н-1, Н-2 в соответствии с паспортом 103 дБА. На расстоянии 5 м от насосов расчетный уровень шума соответствует нормативному 80 дБА. Учитывая то, что насосное оборудование работает периодически и кратковременно и обслуживающий персонал не пребывает постоянно в зоне образования шума, мероприятия по снижению уровня шума не предусматриваются.

Обслуживающий персонал должен быть обеспечен:

- специнструментом из цветного металла или омедненного стального;
- средствами индивидуальной защиты, перчатками, защитными очками;
- спецодеждой из антистатических материалов;
- спецобувью, считающуюся электропроводной (с кожаной подошвой или с подметками из резины);
- фильтрующими промышленными противогазами для защиты органов дыхания

При работах внутри резервуаров, емкостей, в траншеях, колодцах и др., выполняемых в среде с недостаточным содержанием кислорода (по объему менее 20%) для защиты органов дыхания должны применяться шланговые или кислородно-изолирующие противогазы. Использование фильтрующих противогазов в этих случаях не допускается.

Предусмотрены следующие технические решения по обеспечению промышленной безопасности:

- исключение разгерметизации оборудования и предупреждение аварийных выбросов опасных веществ (установка уровнемеров в резервуарах, предусмотрено антикоррозионное покрытие, прием, хранение и выдача топлива только закрытым способом);

- предупреждение развития аварий и локализация выбросов опасных веществ (дыхательные клапана на резервуарах, отбортовка площадки слива-налива автоцистерн, автоматическое ограничение налива топлива, быстродействующая отсечная арматура);
- обеспечение взрывопожаробезопасности (взрывозащищенное исполнение электрооборудования, молниезащита, заземление);
- наличие системы автоматического регулирования и блокировок, сигнализация контроль давления на трубопроводах нагнетания насосов).

## 5.2 Пожарная безопасность

В расчетах приняты максимально-допустимые значения параметров технологического режима (давление, температура).

Количество веществ, которые могут образовывать пожароопасные смеси, определено исходя из следующих условий:

- происходит разрушение резервуара с выходом всего содержащегося в нем нефтепродукта в окружающее пространство (разлив по площадке);
- происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости.

Определим категорию пожароопасности резервуарного парка [42,44].

Для этого сначала необходимо определить величину пожарной нагрузки  $Q$ , МДж, которая определяется по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{ни}^p, \quad (69)$$

где  $G_i$  – количество нефтепродукта в резервуаре, кг;

$Q_{ни}^p$  – низшая теплота сгорания нефтепродукта, МДж/кг, для дизельного топлива  $Q_{ни}^p = 42,7$  МДж/кг [45].

$$Q = 4284000 \cdot 42,7 = 182926800 \text{ МДж.}$$

Далее определим величину удельной пожарной нагрузки  $g$ , МДж/м<sup>2</sup> по формуле

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (70)$$

где  $Q$  – то же, что и в формуле (69);

$S$  – площадь резервуарного парка, м<sup>2</sup>,  $S = 2333,08 \text{ м}^2$ .

$$g = \frac{182926800}{2333,08} = 78405 \text{ МДж/м}^2.$$

Полученный показатель удельной пожарной нагрузки соответствует категории пожарной опасности ВН1 [42].

По пожароопасности резервуарный парк относится к классу П-III [3].

Это обуславливает:

- оснащение системами автоматического регулирования, средствами контроля параметров, значения которых определяют взрывоопасность процесса, эффективными быстродействующими системами, обеспечивающими приведение технологических параметров к регламентированным значениям или остановке процесса;

- установку запорных устройств с дистанционным управлением и временем срабатывания не более 120 с.;

- допущение выполнения операций регулирования вручную (производственным персоналом) при обеспечении автоматического контроля указанных параметров процесса и сигнализации о превышении их допустимых значений.

Рабочей документацией предусмотрена следующая система обеспечения пожарной безопасности, которая включает в себя:

- систему предотвращения пожара (заземление и молниезащита, взрывозащищенное исполнение электрооборудования, система сигнализации и блокировок по опасным параметрам технологического режима с выносом их на щит управления в операторную);

- систему противопожарной защиты (эвакуационные пути, первичные средства пожаротушения, пожарная сигнализация, противопожарное водоснабжение, средства индивидуальной защиты).

Противопожарные расстояния между объектами склада приняты в соответствии СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техническое перевооружение предприятия является крайне важной и обязательной стадией в развитии предприятия. Внедрение современного, более производительного и совершенного оборудования повышает качество продукции, увеличивает объёмы производства и, как следствие, повышает прибыль предприятия.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы мною был увеличен товарооборот резервуарного парка путём подбора оборудования для технического перевооружения, определены список и последовательность проведения работ, приведено технико-экономическое обоснование работы.

Цели и задачи, поставленные перед выполнением работы, были выполнены в полной мере.

Также в ходе выполнения работы мною были получены навыки в области организации производственного процесса, экономического обоснования внедрения нового оборудования, изучено устройство основного оборудования, применяемого в резервуарных парках.



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ГСМ – горюче-смазочные материалы;
- ЖДЦ – железнодорожная цистерна;
- АЦ – автоцистерна;
- КИП – контрольно-измерительные приборы;
- УС – устройство сливное;
- ООО – общество с ограниченной ответственностью;
- ГОСТ – межгосударственный стандарт;
- РД – руководящий документ;
- ТУ – технические условия;
- СП – свод правил;
- ФЗ – федеральный закон;
- ПУЭ – правила установки электроустановок;
- ДВК – дозврывная концентрация;
- ВУП СНЭ – ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливо-наливных эстакад;
- ППУ – передвижная парогенераторная установка;
- АКЗ – антикоррозионная защита;
- КДС – клапан дыхательный совмещённый;
- МУВ – механизм управления хлопушкой верхний;
- ЛЗ – люк замерный;
- ХП – хлопушка предохранительная.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 305–82 «Топливо дизельное». – Введ. 01.01.1983. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 10 с.

2 СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы». – Введ. 01.01.2014. – Москва: МЧС России, 2013. – 55 с.

3 О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : федер. закон от 21.07.1997 №116-ФЗ ред. 07.03.2017. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

4 СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01–99\*». – Введ. 01.01.2013. – Москва: НИИСФ РААСН, 2012. – 113 с.

5 Хафизов, Ф. Ш. Давление насыщенных паров для нефтепродуктов / Хафизов Ф.Ш., Краснов А.В. – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2012. – 8 с.

6 ГОСТ 19281–2014 «Прокат повышенной прочности. Общие технические условия». – Введ. 01.01.2014. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 51 с.

7 РД 16.01–60.30.00–КТН–026–1–04 «Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м<sup>3</sup>». – Введ. 21.04.2004. – Москва: ОАО «АК «Транснефть», 2004. – 141

8 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : федер. закон от 22.07.2008 №123-ФЗ ред. 03.07.2016. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

9 ВУП СНЭ Ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливноналивных эстакад легковоспламеняющихся и горючих

жидкостей и сжиженных углеводородных газов. – Введ. 01.03.1987. – Москва: НПО «Леннефтехим», 1987. – 27 с.

10 ЕНиР Сборник Е5. Монтаж металлических конструкций. Выпуск 2. Резервуары и газгольдеры – Москва : Прейскурантиздат, 1987. – 37 с.

11 Районные коэффициенты и надбавки [Электронный ресурс]: справочная информация // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

12 Avito [Электронный ресурс] : база данных, содержащая резюме и вакансии. – Режим доступа: <https://www.avito.ru/angarsk/rabota>.

13 HeadHunter [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения по вакансиям. – Режим доступа: <https://angarsk.hh.ru>.

14 Jobsora [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения по вакансиям. – Режим доступа: <http://ru.jobsora.com>.

15 Работа в России [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения по вакансиям. – Режим доступа: <https://trudvsem.ru>.

16 RussJob.ru [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения по вакансиям. – Режим доступа: <http://www.russjob.ru>.

17 Город работ [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения по вакансиям. – Режим доступа: <http://angarsk.gorodrabot.ru>.

18 Сварочные технологии [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог сварочного оборудования. – Режим доступа: <http://www.welding-russia.ru>.

19 Drom.ru [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог спецтехники и грузовиков. – Режим доступа: <https://spec.drom.ru/irkutsk>.

20 ВсеИнструменты.ру [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог инструментов. – Режим доступа: <http://www.vseinstrumenti.ru>.

21 Русгеоком [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог геодезического оборудования. – Режим доступа: <http://www.rusgeocom.ru>.

22 ГК МетТрансТерминал [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог листов стальных. – Режим доступа: <http://nn.met-trans.ru/list-stalnoy>.

23 ООО ПО «ВЗРК» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог резервуарных конструкций и оборудования. – Режим доступа: <http://http://vzrk.ru>.

24 ООО «Ладор Комплект» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог металлопроката и труб. – Режим доступа: [https://www.lador.ru/ugolok\\_gk](https://www.lador.ru/ugolok_gk).

25 ООО ТКМ «СОЛТЭКС» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог металлопроката и труб. – Режим доступа: [http://www.solteks.ru/shveller\\_st09g2s](http://www.solteks.ru/shveller_st09g2s).

26 ООО «Газовик.ПГО» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог резервуаров и технологического оборудования. – Режим доступа: <https://gazovik-pgo.ru/price>.

27 ООО «Орко» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог оборудования для герметизации трубопроводов. – Режим доступа: <http://orko.ru/index.php/pnevmozaglushki>.

28 ООО «СКМТ» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог продукции для проведения сварочных работ. – Режим доступа: <https://ckmt.ru/elektrody/svarochnye-elektrody-uoni-13-55.html>.

29 Металлопрокат.ру » [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог продукции для проведения сварочных работ. – Режим доступа: <https://www.metalloprokat.ru/metiz/provoloka/09g2s>.

30 ООО «НПО КРАСКО» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог лакокрасочных материалов. – Режим доступа: <http://www.krasko.ru/catalog>.

31 ООО «Инком-Карго» [Электронный ресурс] : транспортно-экспедиционная компания. – Режим доступа: <https://incom-cargo.com>.

32 ООО «АЗС Комплект» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог и информацию по оборудованию для АЗС и резервуарных парков. – Режим доступа: <https://www.azsk74.ru>.

33 ООО «АМТ» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог оборудования для резервуарных парков. – Режим доступа: <http://euro-amt.ru>.

34 ООО «Манометр» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог КИП. – Режим доступа: <http://avto-kip.ru/shtucera.html>.

34 ООО «Завод «ПРОМГАЗ» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог оборудования для резервуарных парков. – Режим доступа: <http://avto-kip.ru/shtucera.html>.

36 ООО «Авангард» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог оборудования для АЗС и резервуарных парков. – Режим доступа: <http://azs-avangard.ru/catalog>.

37 ООО НПО «Самарский Машиностроительный Завод» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог металлоконструкций и оборудования для резервуарных парков. – Режим доступа: <http://smz-samara.ru/price-list>.

38 ООО ПК «СнабЭкспо» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог электросварных труб. – Режим доступа: [http://мск-металлопрокат.рф/trubi\\_stalnie\\_elektrosvarnie](http://мск-металлопрокат.рф/trubi_stalnie_elektrosvarnie).

39 ООО «Гремир» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог отводов стальных. – Режим доступа: <http://gremir.ru/otvody-krutoizognutye-gost-17375/stalnye-stal-20/90-gradusov-gr/dn-159-4-5-du-150-159h4-5/>.

40 ООО «ПроАрматура» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог промышленного оборудования. – Режим доступа: [http://proarma.ru/30s941ng\\_s\\_privodom](http://proarma.ru/30s941ng_s_privodom).

41 ООО «Спецарматура» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог промышленного оборудования. – Режим доступа: [https://m.specarmatura.ru/catalog/zadvizhka\\_30ls41nzh\\_ru\\_16/zadvizhka\\_30ls41nzh\\_du\\_150\\_ru\\_16/](https://m.specarmatura.ru/catalog/zadvizhka_30ls41nzh_ru_16/zadvizhka_30ls41nzh_du_150_ru_16/).

41 ООО «Кип-Холдинг» [Электронный ресурс] : база данных содержит каталог промышленного оборудования. – Режим доступа: <http://kip-holding.ru/otbornoe-ustroystvo-iz-st-09g2s>.

42 СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». – Введ. 01.05.2009. – Москва: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 35 с.

43 ГОСТ 12.1.004–91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования». – Введ. 01.07.1992. – Москва: Стандартинформ, 1991. – 126 с.

44 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. // ЗАО НТЦ ПБ. Сер. 9. Документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. – 2016. – №37. – С. 14-78.

45 ГОСТ 21261–91 «Нефтепродукты. Метод определения высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания». – Введ. 01.07.1992. – Москва: Издательство стандартов, 1992. – 25 с.