



Автономная некоммерческая профессиональная образовательная организация
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Пушкинская ул., д. 268, 426008, г. Ижевск. Тел.: (3412) 77-68-24. E-mail: mveu@mveu.ru, www.mveu.ru
ИНН 1831200089. ОГРН 1201800020641

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему: Сооружение резервуара РВС 2000 м³ (на примере ООО "ННК – Сахалинморнефтегаз")

Выполнил студент
группы ЭдНГ-185/21

_____ *подпись*

_____ *ФИО*

Специальность, форма обучения Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ, заочная

Руководитель

_____ *подпись*

_____ *ФИО*

Допущен к защите в ГЭК

Председатель ПЦК

_____ *подпись*

_____ *ФИО*

« _____ » _____ 20__ г.

Заместитель директора по учебной работе

_____ *подпись*

« _____ » _____ 20__ г.

г. Ижевск 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СОКРАЩЕНИЙ	4
СПИСОК ТАБЛИЦ.....	5
СПИСОК РИСУНКОВ.....	7
ВВЕДЕНИЕ	8
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Исходные данные	10
1.2 Краткая характеристика объекта	10
1.3 Основные технологические решения.....	11
1.4 Выбор оборудования резервуара.....	12
1.5 Технология строительства резервуара типа РВС 2000 м ³	25
2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	33
2.1 Характеристика размеров резервуара	33
2.2 Расчет толщины стенки резервуара	34
2.3 Расчет нагрузок, действующих на резервуар. Расчет на устойчивость	40
2.5 Расчет днища резервуара	50
3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	57
3.1 Ведомость подсчета трудоемкости работ	57
3.2 Калькуляция трудовых затрат	58
3.3 Ведомость материального обеспечения производства работ. Продолжительность выполнения работ	60
3.4 Объектная смета. Сводный сметный расчет стоимости резервуара	61
4 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	64
4.1 Промышленная безопасность	64
4.2 Пожарная безопасность	65
4.3 Требования охраны труда	66
4.4 Молниезащита резервуаров и защита от статического электричества	67
4.5 Охрана окружающей среды	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	73

ПРИЛОЖЕНИЕ А	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ В	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	96

Otlichnici.ru | info@otlichnici.ru

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СОКРАЩЕНИЙ

- ВИК – визуальный и измерительный контроль;
- МК – магнитопорошковый контроль;
- НК – неразрушающий контроль;
- ПВ – продолжительность включения;
- ПВК – контроль проникающими веществами, капиллярный;
- ПВТ – контроль проникающими веществами, течеискание;
- ПН – продолжительность нагрузки;
- РВС – резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей (без понтона);
- РВСП – резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей (с понтоном);
- РВСПК – резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей; РД – ручная дуговая сварка;
- РК – радиационный контроль;
- УЗК – ультразвуковой контроль;
- STT – Surface Tension Transfer, передача поверхностного натяжения.
- РЕЗЕРВУАР: емкость, предназначенная для хранения, приема, откачки и измерения объема нефти.
- РЕЗЕРВУАРНЫЙ ПАРК (РП): группа (группы) резервуаров, предназначенных для приема, хранения и откачки нефти и размещенных на территории, ограниченной по периметру обвалованием или ограждающей стенкой при наземных резервуарах и дорогами или противопожарными проездами- при подземных резервуарах.
- СИСТЕМА ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ И РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ: включает использование по назначению, техническое обслуживание, диагностирование, текущий и капитальный ремонт. Техническое использование резервуаров по назначению: комплекс мероприятий по контролю и поддержанию режимов работы магистрального нефтепровода, а также по обеспечению измерений количества нефти. Техническое обслуживание резервуаров и резервуарных парков: работы по поддержанию работоспособности резервуаров и резервуарных парков.

СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1 – Таблица исходных данных
- Таблица 2 – Расчетные сопротивления материала
- Таблица 3 – Технические характеристики ГПСС-2000
- Таблица 4 – Технические характеристики КДС-1500
- Таблица 5 – Технические характеристики КПП-250
- Таблица 6 – Технические характеристики КС-50
- Таблица 7 – Технические характеристики ЛЗ-150
- Таблица 8 – Технические характеристики ЛЛ-600
- Таблица 9 – Технические характеристики ЛС-400
- Таблица 10 – Технические характеристики МУВ-250
- Таблица 11 – Технические характеристики ПЗ-250
- Таблица 12 – Технические характеристики ПМ-250
- Таблица 13 – Технические характеристики ППР – 250
- Таблица 14 – Сведения для монтажа ППР – 250
- Таблица 15 – Технические характеристики ПСР-11
- Таблица 16 – Технические характеристики ХП-250
- Таблица 17 – Преимущества и недостатки способов сварки
- Таблица 18 – Генеральные размеры резервуара
- Таблица 19 – Расчетные минимальные толщины стенки
- Таблица 20 – Предельная несущая способность поясов
- Таблица 21 – Вес стенки для каждого пояса
- Таблица 22 – Проверка стенки на прочность
- Таблица 23 – Проверка стенки на прочность при гидроиспытаниях
- Таблица 24 – Толщины стенок резервуара
- Таблица 25 – Ведомость подсчета трудоемкости работ
- Таблица 26 – Профессионально- квалификационный состав работников
- Таблица 27 – Оплата труда производственного персонала
- Таблица 28 – Стоимость основных средств, применяемых на объекте за 2 месяца проектирования

Таблица 29 – Даты и сроки проведения подготовительных и строительномонтажных работ при строительстве резервуара РВС-2000

Таблица 30 – Основные материалы, необходимые для конструкции резервуара

Таблица 31 – Вспомогательные материалы, необходимые для конструкции резервуара

Таблица 32 – Смета затрат на РВС

Таблица 33 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

otlichnici.ru | info@otlichnici.ru

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1 – Генератор пены ГПСС-2000
- Рисунок 2 – Клапан дыхательный совмещенный
- Рисунок 3 – Клапан предохранительный гидравлический
- Рисунок 4 – Кран сифонный КС
- Рисунок 5 – Люк замерный
- Рисунок 6 – Люк-лаз круглый без поворотного устройства
- Рисунок 7 – Световой люк
- Рисунок 8 – Механизм управления хлопушкой
- Рисунок 9 – Общий вид патрубка зачистного ПЗ
- Рисунок 10 – Патрубок монтажный ПМ
- Рисунок 11 – Патрубок приемо-раздаточный ППР
- Рисунок 12 – Пробоотборник ПСР
- Рисунок 13 – Хлопушка ХП с перепуском
- Рисунок 14 – Схема нивелировки периферийного участка основания для укладки окроек
- Рисунок 15 – Развертывание рулонов днища канатом, охватывающим рулон
- Рисунок 16 – Укладка развернутого полотнища днища в проектное положение
- Рисунок 17 – Растаскивание полотнищ в проектное положение
- Рисунок 18 – Подъем рулона стенки краном, перемещающимся в процессе подъема
- Рисунок 19 – Схема развертывания рулона стенки, установки элементов опорного кольца и кольца жесткости, щитов покрытия
- Рисунок 20 – Формообразование полотнища стенки по высоте
- Рисунок 21 – Замыкание вертикального монтажного стыка
- Рисунок 22 – Расчетная схема радиального ребра
- Рисунок 23 – Основная система сопряжения стенки с днищем резервуара
- Рисунок 24 – Соединение стенки с днищем
- Рисунок 25 – Диаграмма Ганта

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. На сегодняшний день, предназначение резервуаров заключается в приемке, хранении, выпуске, учете нефти и нефтепродуктов и они выступают в качестве ответственных инженерных сооружений, относящихся к опасным производственным объектам. При сооружении резервуаров используется множество технологий, при этом следует учитывать, что выбор оптимальной технологии должен быть максимально обоснованным с экономической, эксплуатационной и экологической точек зрения.

Элементы резервуара в условиях эксплуатации испытывают значительные быстро меняющиеся температурные условия, повышенное давление, вакуум, неравномерное выпадение осадков, коррозию, ветровую, а также снеговую нагрузку. Безопасную и эффективную эксплуатацию резервуаров можно обеспечить при условии, что исходные проектные данные, которые используются для расчета прочностных характеристик конструкции, подобраны правильно, при этом учитывается оптимальный технологический режим эксплуатации, чтобы металлическая конструкция была защищена от коррозии и т.д. Также необходимо, чтобы монтаж осуществлялся с учетом строгого соблюдения требований рабочего проекта, а также допусков, установленных соответствующими нормативными документами или проектом. Резервуар проверяется на герметичность и прочность в соответствии с проектными рекомендациями и нормативными документами.

Целью работы является проектирование сооружения вертикального стального резервуара наземного исполнения емкостью 2000 м³.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Представить исходные данные сооружения резервуара РВС 2000 м³;
2. Дать краткую характеристику объекта;
3. Описать основные технологические решения;
4. Приставить характеристику размеров резервуара;
5. Обосновать технологию строительства резервуара типа РВС 2000 м³;

6. Произвести расчеты толщины стенки резервуара, нагрузок, действующих на резервуар, расчет на устойчивость;

7. Провести расчет покрытия резервуара, расчет днища резервуара;

8. Осуществить и обосновать оборудования резервуара;

9. Составить ведомость подсчета трудоемкости работ

10. Произвести калькуляцию трудовых затрат;

11. Представить ведомость материального обеспечения производства работ.

Продолжительность выполнения работ;

12. Составить объектную смету, сводный сметный расчет стоимости резервуара;

13. Разработать мероприятия по промышленной безопасности;

14. Описать меры по пожарной безопасности;

15. Охарактеризовать требования охраны труда;

16. Обосновать меры по молниезащите резервуаров и защите от статического электричества;

17. Обосновать мероприятия по охране окружающей среды.

При написании данной работы в качестве информационной базы были использованы нормативные документы, введенные в действие приказами Ростехнадзора, Минтопэнерго, Минстроем. Были использованы постановления Правительства РФ, приказы МЧС, Минздрава, Минобразования и Минтруда РФ, ГОСТы, СП, а также данные компании ООО «ННК – Сахалинморнефтегаз». Также использовалась учебно-методическая литература и материалы периодической печати по строительству резервуаров.

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Исходные данные

Таблица 1 – Таблица исходных данных

№	Параметры	Данные
1	Номинальный V резервуара	2000 м ³
2	Тип резервуара	РВС (без понтона)
3	Наименование хранимого продукта	Светлые нефтепродукты
4	Район эксплуатации	Южно-Сахалинск
5	Класс опасности	I
6	Избыточное давление, P _и	0,2 кПа
7	Вакуум, P _{вак. п}	0,2 кПа
9	Снеговая нагрузка, S	1,8 кПа
10	Ветровая нагрузка, P _{вет.}	0,15 кПа
11	Стенка: метод изготовления	Рулонный
13	Крыша, ее форма	Каркасная коническая
14	Лестница: конструкция	Шахтная
15	Модуль упругости, E	2,1·10 ⁵ МПа
16	Коэффициент условий работы Y _c	0,8
17	Коэффициент надежности по нагрузке для хранимой жидкости Y _{f1}	1,1
18	Коэффициент надежности гидростатического давления Y _{f2}	1,1
19	Коэффициент для избыточного давления Y _{f3}	1,2
20	Коэффициент надежности по ветровой нагрузке Y _{f4}	0,5
21	Коэффициент надежности по снеговой нагрузке Y _{f5}	1,4

1.2 Краткая характеристика объекта

К сооружению принят резервуар вертикальный стальной типа РВС 2000 м³, предназначенный для хранения, приема и выдачи нефти и нефтепродукта.

Целью сооружения является индивидуальность конструкции резервуара для идеальной сохранности нефтепродуктов любой сложности.

Резервуар типа РВС 2000 м³ будет проектироваться и эксплуатироваться ООО «ННК – Сахалинморнефтегаз».

ННК-Сахалинморнефтегаз, ООО зарегистрирована по адресу 693020, г. Южно-Сахалинск, ул. Хабаровская, д. 17. Исполняющий обязанности генерального директора организации ООО "ННК-САХАЛИНМОРНЕФТЕГАЗ" Куренков Павел Владимирович. Основным видом деятельности компании является Добыча нефти и нефтяного (попутного) газа. Также ННК-Сахалинморнефтегаз, ООО работает еще

по 50 направлениям. Размер уставного капитала 2 879 484 800 руб. Имеет 101 лицензию.

В качестве расчетной температуры металла принимается наименьшее из следующих двух значений [1]:

- минимальная температура складированного продукта;
- температура наиболее холодных суток для данной местности (минимальная среднесуточная температура), повышенная на 5°C.

Согласно СП 131.13330.2020 Строительная климатология [8], температура самых холодных дней с вероятностью 0,98 для города Южно-Сахалинск составляет – 32 °С, поэтому мы принимаем температуру – 32,0 °С за расчетную температуру металла.

1.3 Основные технологические решения

Сооружение вертикального стального резервуара объемом 2000 м³. В качестве конструкционного материала используется легированная сталь 09Г2С. Резервуар рассчитан на действие ветра, снега и других нагрузок, подобраны оптимальные размеры, проведены испытания на прочность и устойчивость.

Резервуар типа РВС 2000 м³ будет проектироваться и эксплуатироваться ООО «ННК – Сахалинморнефтегаз».

В соответствии с таблицей выбора материалов для основных конструкций резервуаров 09Г2С ГОСТ 27772-2021[3] выбран класс прочности С345 и марка низколегированной стали, как для основных конструкций подгруппы А, так и для подгруппы Б.

Сталь 09Г2С при толщине листа 4-10 мм. имеет предел текучести 345 Н/мм², ударную вязкость KCV – 35 Дж\см² при температуре -40°C и временное сопротивление 490 Н/мм².

Углеродистый эквивалент стали с пределом текучести 390 МПа и ниже для основных конструктивных элементов не должен превышать 0,43. Расчет углеродного эквивалента производится по формуле:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

где С, Мn, Si, Cr, Ni, Cu, V, Р являются массовыми долями углерода, марганца, кремния, меди, хрома, никеля, ванадия и фосфора по результатам плавочного анализа (ковшовой пробы).

Для стали 09Г2С углеродный эквивалент равен:

$$C_{\text{экв}} = 0,09 + \frac{1,2}{6} + \frac{0,5}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,418 \% \quad (2)$$

Согласно формуле (2), можно видеть, что углеродный эквивалент не превышает допустимого значения для алюминия с пределом текучести 345 МПа.

Расчетное сопротивление металлопроката для растяжения, сжатия, изгиба и сдвига R_{γ} определяют с округлением в меньшую сторону до 5 МПа по формуле:

$$R_{\gamma} = R_{\gamma n} \gamma_c \gamma_t / \gamma_m \gamma_n, \quad (3)$$

где $R_{\gamma n}$ – нормативный предел текучести;

γ_c – коэффициент условий работы;

γ_t – коэффициент учета температуры эксплуатации;

γ_m – коэффициент надежности по материалу;

γ_n – коэффициент надежности по назначению.

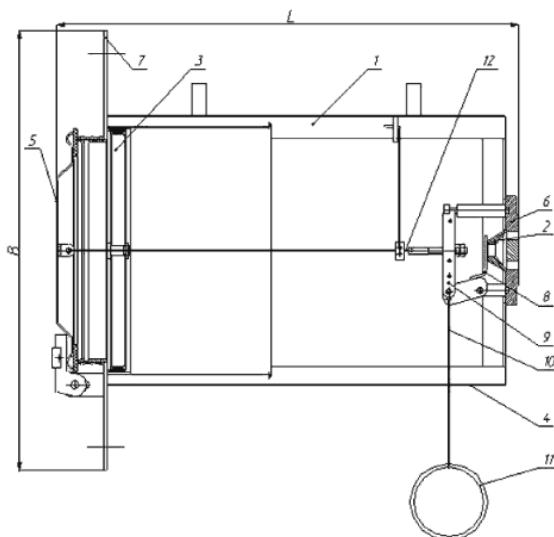
Для стали 09Г2С расчетное сопротивление рассчитывается по формуле (3), данные о значениях занесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчетные сопротивления материала

Расчетное сопротивление R_{γ} , МПа	
Для первого пояса	215
Для остальных поясов	250
Для угорного шва	375

1.4 Выбор оборудования резервуара

Генератор пены средней кратности стационарный, предназначен для использования в стационарных установках пенного пожаротушения резервуаров с нефтью и нефтепродуктами [24] (рисунок 1).



1 – корпус; 2 – распылитель; 3 – кассета; 4 – сетка; 5 – крышки; 6,7 – фланцы; 8 – заслонка; 9 – вилка; 10 – канат; 11 – ручка; 12 – тяга.

Рисунок 1 – Генератор пены ГПСС-2000

Технические характеристики клапана дыхательного ГПСС-1500 представлены в таблице 3 [9].

Таблица 3 – Технические характеристики ГПСС-2000

Наименование параметра	ГПСС-2000
Давление перед распылением, МПа	0,8
Расход раствора пенообразователя, л/с	21
Кратность пены, не менее	70
Давление перед распылением при автоматическом срабатывании затвора, МПа, не более	0,32
Усилие срабатывания ручного привода, Н	не менее 80, но более 90
Габаритные размеры, мм, не более:	
Длина	620
Ширина	620
Высота	881
Масса, кг, не более	53

Комбинированные дыхательные клапаны KDS 1500 показаны на рисунке 1, и предназначены для герметизации газового пространства резервуаров с нефтепродуктами и регулирования давления в этом пространстве в заданных пределах. Клапаны работают в режиме дыхательных и предохранительных.

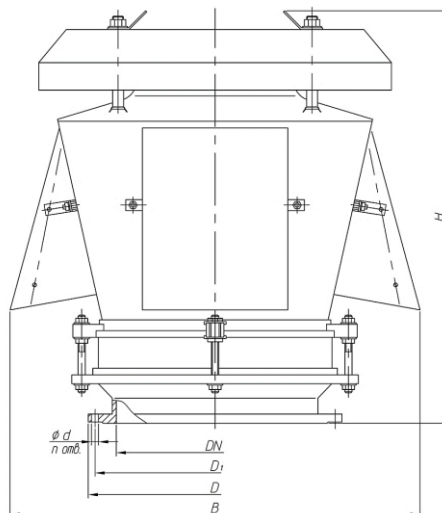


Рисунок 2 – Клапан дыхательный совмещенный

При установке дыхательных клапанов КДС на резервуар в качестве предохранительных клапанов последние должны быть того же размера, что и дыхательные клапаны, и настроены на те же рабочие параметры или на 5-10% выше номинального значения.

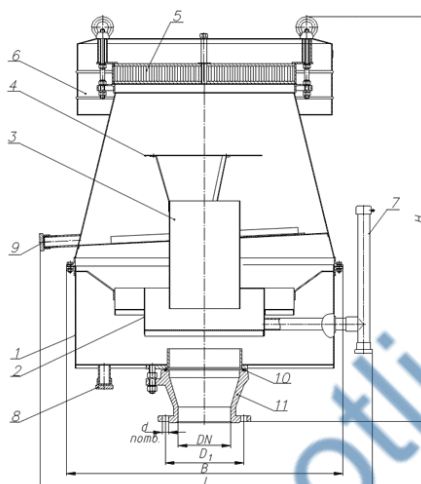
Технические характеристики клапана дыхательного КДС-1500 представлены в таблице 4 [9].

Таблица 4 – Технические характеристики КДС-1500

Наименование параметра	КДС-1500	
Условный проход, Ду, мм	250	350
Рабочее давление Па, не более	2000	
Рабочий вакуум, Па, не более	250	
Давление срабатывания, Па, не более	1500 – 1600	
Вакуум срабатывания, Па, не более	100 – 150	
Максимальная пропускная способность, м ³ /ч	1000	1300
Габаритные размеры, мм, не более:		
высота Н	900	900
ширина В	930	930
Присоединительные размеры:		
диаметр присоединительного фланца D, мм	370	485
диаметр окружности D ₁ , мм	335	445
диаметр крепежных отверстий d, мм	18	22
Количество крепежных отверстий n, шт	12	12
Масса клапана, кг, не более	85	85

Клапаны предохранительные гидравлические КПП предназначены для установки на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами для защиты резервуара от разрушения в случае сверхдопустимого давления или вакуума при отказе рабочего клапана. Конструкция клапана, материалы, из которых он изготавливается, призваны обеспечить высокую надежность, долговечность и безопасность в

эксплуатации. Возможно также комплектование соответствующими фланцами. По устойчивости к воздействию климатических факторов клапаны соответствуют исполнению. У категории размещения 1 по ГОСТ Р 70061-2022 [4]. Средняя наработка на отказ составляет 36000 циклов. Одним циклом является одно открытие и закрытие клапана. Срок службы составляет 10 лет (рисунок 3).



1-корпус с присоединительным фланцем; 2-чашка; 3-обойма с патрубком; 4-экрaн; 5-огневой предохранитель; 6-крышка; 7-трубка слива (налива); 8,9-сливные отверстия; 10-прокладка; 11-переходной фланец на необходимый условный проход
Рисунок 3 – Клапан предохранительный гидравлический

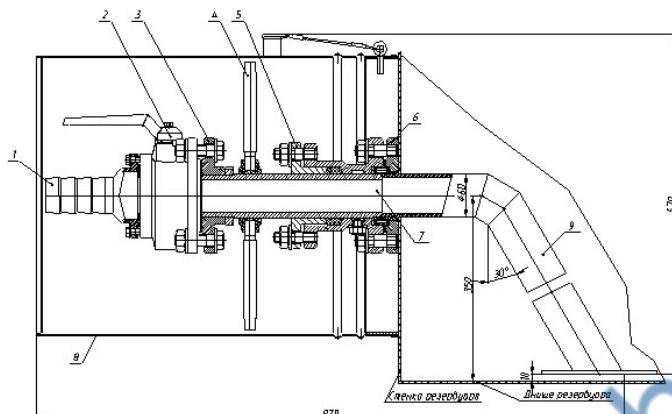
Итак, выбираем клапан предохранительный гидравлический КПП-250, технические характеристики которого представлены в таблице 5 [9].

Таблица 5 – Технические характеристики КПП-250

Наименование параметра	КПП-250
Условный проход, Ду, мм	250
Давление срабатывания, Па, не более	1961
Вакуум срабатывания, Па, не более	392
Пропускная способность (по воздуху), м ³ /ч, не менее	1500
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота H	1278
диаметр B	905
длина L	1045
Присоединительные размеры:	
диаметр присоединительного фланца D, мм	370
диаметр окружности D ₁ , мм	335
диаметр крепежных отверстий d, мм	18
Количество крепежных отверстий n, шт	12
Масса клапана, кг, не более	93

Кран сифонный КС (рисунок 4) является частью оборудования вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения нефтепродуктов и предназначен для

забора и отвода отстоявшейся воды. Кран доступен в двух типоразмерах: с условным проходом 50 мм и с условным проходом 80 мм. Климатическая конструкция крана У, категория размещения 1 по ГОСТ 70061-2022 [1].



1-переходник; 2-кран шаровый; 3,6-фланец; 4-ручка; 5-гранд-букса; 7-труба горизонтальная; 8-кожух; 9-отвод

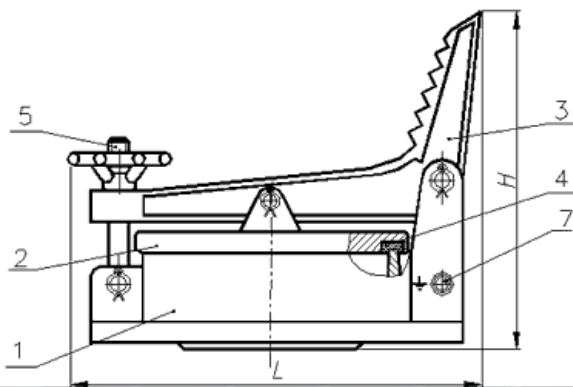
Рисунок 4 – Кран сифонный КС

Выбираем сифонный кран КС-50. Его технические характеристики указаны в таблице 6 [9].

Таблица 6 – Технические характеристики КС-50

Наименование параметра	КС-50
Условный проход DN	50
Рабочее давление проходного крана, МПа, не более	0,15
Рабочее давление сифонного крана, МПа, не более	0,15
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота H	870
длина L	390
ширина	585
Масса, кг, не более	21

Люки замерные ЛЗ (рисунок 5) предназначены для отбора проб и замера уровня нефтепродуктов в резервуарах нефтебаз и АЗС.



1-корпус; 2-крышка; 3-педаль; 4-резиновая прокладка; 5-откидной болт с гайкой; 6-латунная вставка; 7-винт заземления

Рисунок 5 – Люк замерный

По устойчивости к воздействию климатических факторов внешней среды люки изготавливаются в исполнении У и УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ Р 70061—2022.

Люк замерный ЛЗ имеет всю необходимую документацию и соответствующую сертификацию.

Технические характеристики замерного люка ЛЗ-150 представлены в таблице 7 [9].

Таблица 7 – Технические характеристики ЛЗ-150

Наименование параметра	ЛЗ -150
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота Н	240
ширина L	285
диаметр D	260
Присоединительные размеры:	
диаметр окружности D ₁ , мм	225
диаметр крепежных отверстий d, мм	18
Количество крепежных отверстий n, шт	8
Масса, кг, не более	3,3

Люки-лазы ЛЛ-600 (рисунок 6) предназначен для внутреннего осмотра, ремонта и очистки резервуаров для хранения и раздачи нефти и нефтепродуктов.

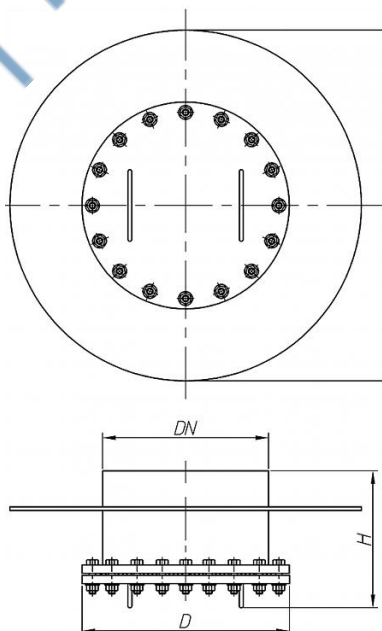


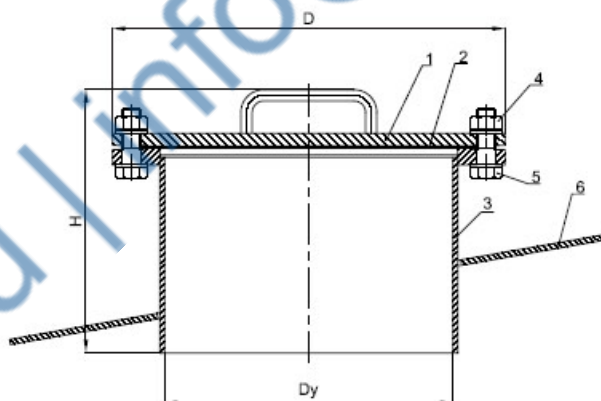
Рисунок 6 – Люк-лаз круглый без поворотного устройства

Технические характеристики люка-лаза ЛЛ-600 представлены в таблице 8 [9].

Таблица 8 – Технические характеристики ЛЛ-600

Наименование параметра	ЛЛ – 600
Диаметр условного прохода, мм	600
Условное давление, МПа	0,1
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота	335
длина	765
ширина	765
Масса, кг, не более	189

Люк световой предназначен для внутреннего осмотра, вентиляции резервуара во время ремонта и чистки, а также для поднятия крышки хлопушки при обрыве рабочего троса. Люк устанавливается на крыше резервуара над хлопушкой, монтируемой на приемораздаточном патрубке. По устойчивости к воздействию климатических факторов внешней среды световые люки изготавливаются в исполнении У и УХЛ, категория размещения 1 по ГОСТ Р 70061—2022 (рисунок 7).



1 – крышка; 2 – прокладка; 3 – корпус; 4 – гайка; 5 – болт; 6 – усиливающая накладка.

Рисунок 7 – Световой люк

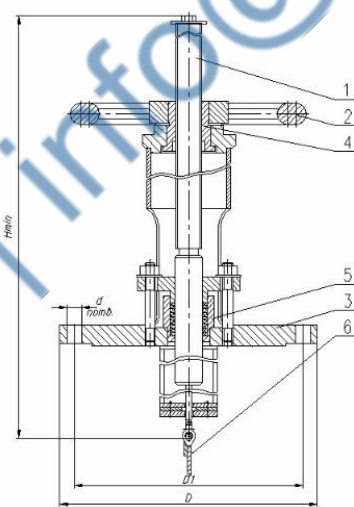
Технические характеристики светового люка ЛС-400 представлены в таблице 9 [9].

Таблица 19 – Технические характеристики ЛС-400

Наименование параметра	ЛС – 400
Условный проход, Ду, мм	400
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота H	462
диаметр D	535
Масса, кг, не более	69

В составе магнитного поплавкового индикатора находится поплавок камера, изготовленная из немагнитного материала и индикатора. Индикатор представляет собой совокупность роторов, притягивающихся друг к другу при помощи встроенного перманентного магнита.

Механизмы управления хлопушкой верхние МУВ-250 предназначены для открывания крышек хлопушек резервуаров и фиксации их в открытом положении. Механизм выпускается трех типоразмеров: для хлопушек условным проходом до 80 мм (включительно) – МУВ-80; для хлопушек условным проходом до 250 мм (включительно) – МУВ-250; для хлопушек условным проходом до 400 мм (включительно) – МУВ-400. По устойчивости к воздействию климатических факторов внешней среды механизм управления верхний изготавливается в исполнениях У (умеренного климата) и УХЛ (холодного климата с нижним пределом температуры эксплуатации до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$), категория размещения 1 по ГОСТ Р 70061—2022(рисунок 8).



1 – шток; 2 – маховик; 3 – корпус с фланцем; 4 – гайка; 5 – направляющая; 6 – трос.

Рисунок 8 – Механизм управления хлопушкой

Технические характеристики светового люка МУВ-250 представлены в таблице 10 [9].

Таблица 10 – Технические характеристики МУВ-250

Наименование параметра	МУВ-250
Условный проход хлопушек DN	250
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота Н	1217

диаметр D	260
Количество отверстий в присоединительном фланце, n	8
Диаметр отверстий во фланце, d, мм	18
Усилие на маховик, кгс, не более	15
Ход винта, мм	548
Масса, кг, не более	25

Патрубки зачистные ПЗ представляют собой составную часть резервуара, и они предназначены для зачистки днищ резервуаров для хранения обводненной нефти (рисунок 9).

Изготавливаются следующие варианты соединения патрубка с отводом: сварное (ПЗ) и фланцевое (ПЗ1).

По устойчивости к воздействию климатических факторов внешней среды патрубки зачистные ПЗ и ПЗ1 изготавливаются в исполнении У и УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ Р 70061—2022.

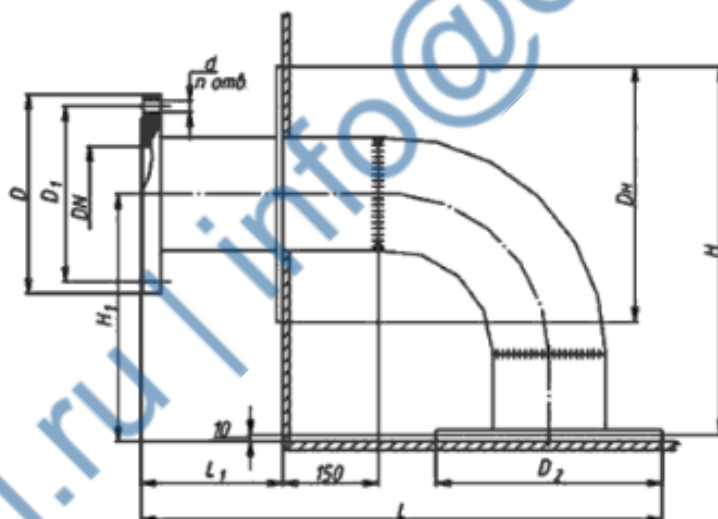


Рисунок 9 – Общий вид патрубка зачистного ПЗ

Технические характеристики светового люка ПЗ-250 представлены в таблице 11 [9].

Таблица 11 – Технические характеристики ПЗ-250

Наименование параметра	ПЗ-250
Условный проход, DN	250
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота H	815
длина L	1050
Присоединительные размеры:	
диаметр окружности D ₁ , мм	335

диаметр крепежных отверстий d , мм	18
Количество крепежных отверстий n , шт	12
Масса, кг, не более	91

Патрубок монтажный ПМ – составная часть резервуара и используется для установки технологического оборудования, которое необходимо для эксплуатации резервуаров(рисунок 10).

Устанавливается на вертикальных или горизонтальных резервуарах для хранения нефти, нефтепродуктов и химических жидкостей.

По устойчивости к воздействию климатических факторов внешней среды патрубок монтажный ПМ производится в исполнении У и УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ Р 70061—2022.

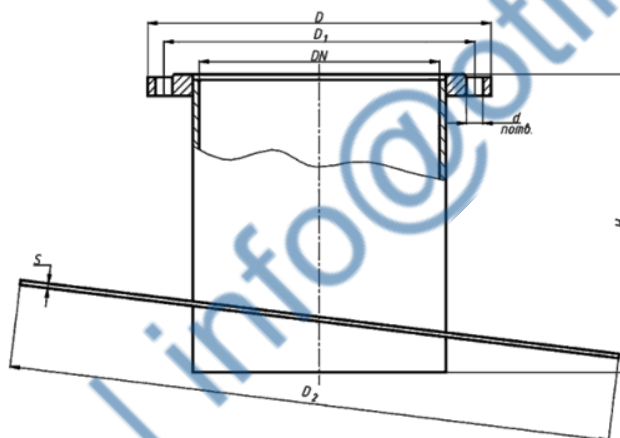


Рисунок 10 – Патрубок монтажный ПМ

Технические характеристики светового люка ПМ-250 представлены в таблице 12[9].

Таблица 12 – Технические характеристики ПМ-250

Наименование параметра	ПМ-250
Условный проход, DN	250
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота H	320
длина L	550
Присоединительные размеры:	
диаметр окружности D_1 , мм	335
диаметр крепежных отверстий d , мм	8
Количество крепежных отверстий n , шт	12
Масса, кг, не более	32,77

Патрубки приемно-раздаточный ППР являются неотъемлемой частью резервуара и предназначены для подключения запорной арматуры, петард и другого оборудования (рисунок 11).

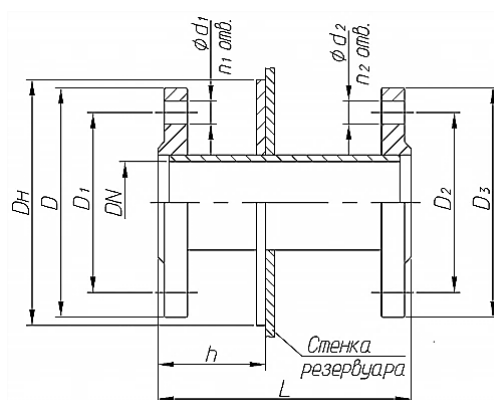


Рисунок 11 – Патрубок приемно-раздаточный ППР

По устойчивости к воздействию климатических факторов внешней среды патрубки ППР изготавливаются в исполнении У и УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ Р 70061—2022.

Рассчитаем диаметр патрубка по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4f}{\pi}}, \quad (4)$$

где f — площадь поперечного сечения патрубка.

$$f = \frac{Q}{v}, \quad (5)$$

где Q — подача насоса, м³/ч;

v — скорость движения жидкости в трубе, ограниченная электростатическими свойствами нефтепродукта, м/ч.

$$f = \frac{250}{7200} = 0,035 \text{ м}^2$$

Подставляем значение поперечного сечения в формулу (96) и получаем:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,035}{3,14}} = 0,210 \text{ м}$$

После того как определили диаметр, выбираем ближайший стандартный патрубок большего диаметра ППР – 250. На резервуаре используем два ППР – 250.

Технические характеристики и сведения для монтажа представлены соответственно в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 – Технические характеристики ППР – 250

Условный проход	h, мм	Присоединительные размеры фланцев патрубка								Габаритные размеры, мм, не более	
		Наружный фланец				Внутренний фланец				Длина, L	Диаметр, D _н
		D, мм	D ₁ , мм	D, мм	N, мм	z, мм	D ₁ , мм	D, мм	N, мм		
250	50	90	50	2	2	70	35	8	2	380	550

Таблица 14 – Сведения для монтажа ППР – 250

Обозначение патрубка	Наружный фланец ППР				Внутренний фланец ППР			
	Ответный фланец ГОСТ 33259-2015	Прокладка ГОСТ 15180-86	Болт ГОСТ Р ИСО 4014-2013	Гайка ГОСТ Р ИСО 4014-2013	Ответный фланец ГОСТ 33259-2015	Прокладка ГОСТ 15180-86	Болт ГОСТ Р ИСО 4014-2013	Гайка ГОСТ ISO 4032-2014
ППР – 250	1-250-10	A-250-10-ПМБ	M20x75	M20	1-250-6	A-250-6-ПМБ	M16x70	M16

Пробоотборник секционный ПСР (рисунок 12) предназначен для отбора проб по всей высоте наземных резервуаров с нефтепродуктами с нормальным и повышенным давлением.

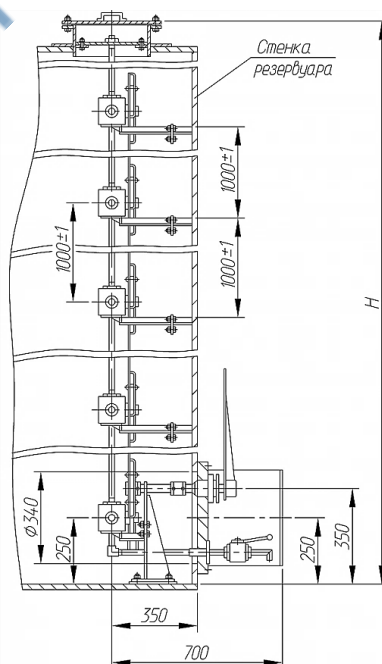


Рисунок 12 – Пробоотборник ПСР

Проба, отобранная пробоотборником посредством выделения в резервуаре столбика продукта по всей высоте резервуара и слива его через систему труб верхней, средних и нижней секций в пробоотборную посуду, по своему составу соответствует продукту в резервуаре.

Технические характеристики пробоотборника ПСР-11 представлены в таблице 15 [9].

Таблица 15 – Технические характеристики ПСР-11

Обозначение пробоотборника	ПСР-11
Высота резервуара, м	11 – 12
Высота пробоотборника, мм, не более	12100
Масса, кг, не более	180
Длина, мм, не более	700
Ширина, мм, не более	450

Хлопушка (рисунок 13) предназначена для предотвращения потерь нефти и нефтепродуктов из резервуара в случае разрыва технологических трубопроводов или отказа размещенных на нем запорных устройств.

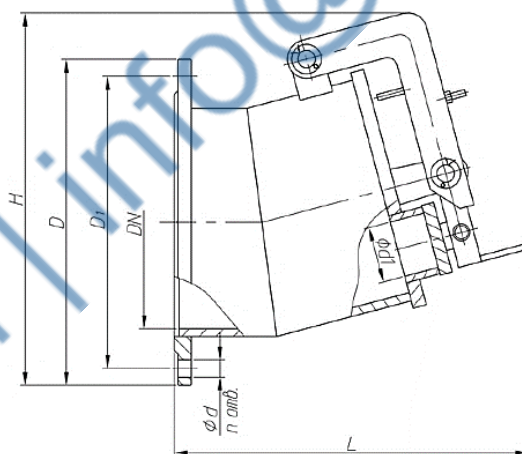


Рисунок 13 – Хлопушка ХП с перепуском

Технические характеристики хлопушки ХП-250 представлены в таблице 16 [9].

Таблица 16 – Технические характеристики ХП-250

Наименование параметра	ХП-250
Диаметр условного прохода DN	250
Условный проход перепускного отверстия du	25
Условное давление, МПа, не более	0,17
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота H	470
ширина L	405
диаметр D	370

Присоединительные размеры:	
диаметр окружности D_1 , мм	335
диаметр крепежных отверстий d , мм	18
Количество крепежных отверстий n , шт	12
Масса, кг, не более	47

Отдушина является колпаком из алюминиевого сплава. Он устанавливается на резервуарах без дыхательных клапанов. На приподнятой его стороне крепится решетка с мелкими ячейками из нержавеющей стали, препятствующая попаданию посторонних предметов внутрь резервуара. Осмотр решетки происходит при техническом обслуживании. По необходимости ее снимают с фланцев огневого предохранителя и продувают сжатым воздухом в целях очистки от пыли[33].

Согласно устройству молниезащиты, резервуары относятся ко 2-й категории и должны быть защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции, а также введения высоких потенциалов по трубопроводам.

Необходимо чтобы нижний пояс стенки резервуаров был присоединен через токоотводы к заземлителям, установленным на расстоянии не более чем 50 м по периметру стенки, однако не менее двух в диаметрально противоположных точках. На сварке должны выполняться соединения токоотводов и заземлителей. Допускается присоединение резервуара к заземлителям производить на латунных болтах и шайбах через медные или оцинкованные токоотводы и приваренные к стенке резервуара бобышки заземления диаметром 45мм с резьбовым отверстием М 16. Необходимо чтобы каждое соединение (стенка – токоотвод – заземлитель) имело импульсное сопротивление не более 50 Ом.

1.5 Технология строительства резервуара типа РВС 2000 м³

Для монтажа резервуара в действующей технологии используется ручная дуговая сварка, поскольку швы имеют большую длину, в качестве альтернативного способа сварки предлагается рассмотреть механизированную сварку в среде защитного газа проволокой сплошного сечения. Рассмотрим преимущества и недостатки этих двух способов сварки.

Таблица 17 – Преимущества и недостатки способов сварки

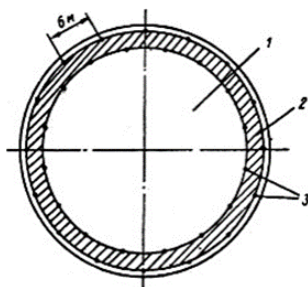
Название способа	Плюсы	Минусы
Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	простота и доступность; возможность сварки в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях; возможность сварки в установочных условиях; широкий ассортимент свариваемых материалов; значительный диапазон толщин (от двух мм и выше).	низкая производительность; большой расход материалов на разбрызгивание и огарки; самый тяжелый способ потехнике исполнения; многофакторность качества; тяжелые условия труда сварщика; резкая структурная и механическая неоднородность металла шва.
Механизованная сварка в среде защитных газов	высокая производительность; высокая проплавающая способность; значительный спектр свариваемых материалов; сварка во всех пространственных положениях; отсутствие на поверхности ванны шлака; легкая техника сварки.	более сложное сварочное оборудование; невозможность использования данного метода в условиях монтажа из-за сквозняка, ветра, дождя; при определенных режимах сварки возникают сложности с удалением брызг расплавленного металла.

Основным нормативным документом, регламентирующим проектирование и строительство водохранилищ, является РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04 [9]. В соответствии с этим документом, после анализа преимуществ и недостатков методов сварки, приведенных в таблице 4, в качестве основного метода сварки была выбрана механизированная сварка в среде защитного газа проволокой сплошного сечения.

Установка дна, состоящего из центральной рулонированной части и краев, осуществляется в следующем порядке. Их размещают в проектом положении окрайки, контролируя правильность их воспроизведения с помощью маркировочного устройства, закрепленного в центре основания.

После окончания сборки кольца окрак необходимо проверить:

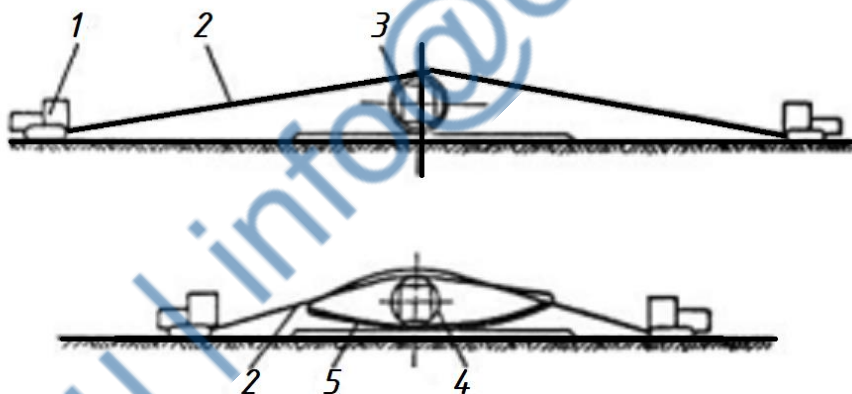
- отсутствие изломов в стыках окрак;
- отсутствие прогибов и выпуклостей;
- горизонтальность кольца окрак (рисунок 14).



1 – основание резервуара; 2 – зона укладки окраек; 3 – точки, в которых измеряют высотные отметки

Рисунок 14 – Схема нивелировки периферийного участка основания для укладки окраек: [16]

После выравнивания и прихвата собранного кольца окраек свариваются радиальные соединения. Нижние рулоны накатываются на основание с помощью охватывающего рулон троса, концы которого закрепляются на тракторах или тракторных лебедках (рисунок 15).



1 – трактор; 2 – канат, охватывающий рулон; 3 – рулон днища; 4 – каркас рулона, освобожденный от полотнища днища; 5 – развернутое полотнище днища

Рисунок 15 – Развертывание рулонов днища канатом, охватывающим рулон [16]

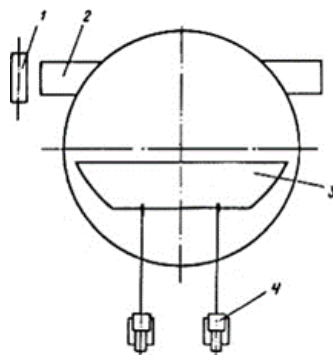
Конструкция пандуса должна обеспечивать сохранение формы основания и бетонного кольца во время накатывания рулонов.

Развертывание рулонов днища по технологии производится с наименьшим перекачиванием рулонов на основании и с последующим перемещением развернутых полотнищ в проектное положение, при этом необходимо соблюдать такую последовательность:

1) устанавливается рулон в исходное положение для развертывания и срезаются удерживающие планки;

2) развернув наружное полотнище, необходимо скатать с основания каркас с оставшимися полотнищами, а развернутое полотнище перетаскивается дальше проектного положения на 0,3-0,5 м при помощи тракторов (рисунок 16).

3) устанавливается центральное полотнище в проектное положение.



1 – каркас рулона днища с оставшимися полотнищами; 2 – пандус; 3 – развернутое полотнище днища; 4 – трактор

Рисунок 16 – Укладка развернутого полотнища днища в проектное положение

Параллельно прямолинейным кромкам полотнища наносятся риски на величину нахлестки полотнищ. По этим рискам приваривают ограничительные пластины и при помощи трактора смещаются промежуточные полотнища в проектное положение.

Если на периферийных участках центральной части днища имеется остаточная деформация, перед установкой панели в проектное положение необходимо их поправить. Допускается разворачивание одной нижней панели на другой, а также нижних панелей за пределами основания. Перемещение развернутых панелей в проектное положение осуществляется трактором (тракторной лебедкой).

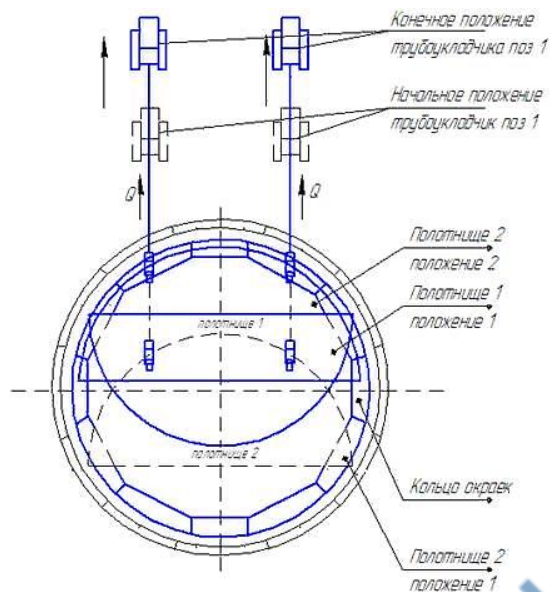
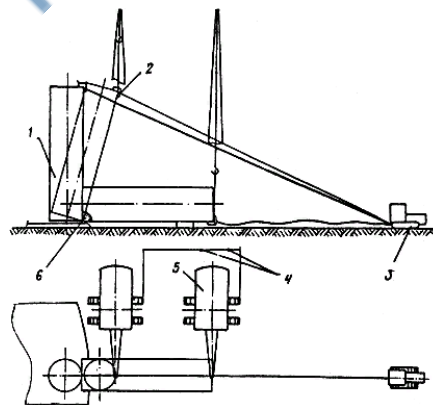


Рисунок 17 – Растаскивание полотнищ в проектное положение

В конце установки и сварки днища центр резервуара зафиксируется с помощью винтовой шайбы и нанесутся оси резервуара. В центре днища закрепляется маркировочное устройство, которое обеспечивает точность кольцевой разметки.

При подъеме рулонов краны устанавливаются на специально подготовленные горизонтальные площадки с уплотненной поверхностью, способной выдержать давление 0,6 МПа. Подъем рулонов стенки следует осуществлять с помощью крана, перемещающегося в процессе подъема (рисунок 18).



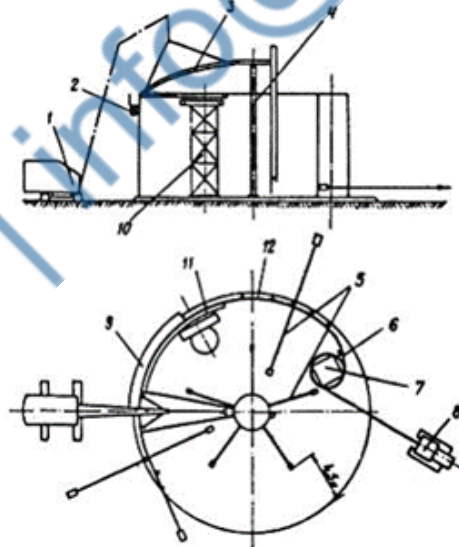
1 – рулон стенки; 2 – захват для подъема рулона; 3 – тормозной трактор; 4 – колышки, определяющие этапы перемещения крана; 5 – кран; 6 – угловой сектор

Рисунок 18 – Подъем рулона стенки краном, перемещающимся в процессе подъема [16]

Подъем должен осуществляться поочередно путем чередования двух операций: подъема рулона с одновременным контролем допустимого отклонения

полиспаста крана от вертикали и перемещения крана на определенный отрезок на подготовленной площадке без изменения вылета. Необходимо обеспечить старение тормозного каната до тех пор, пока крен не достигнет угла наклона на $10-15^\circ$ меньше, чем положение неустойчивого равновесия. При дальнейшем подъеме выбирается провисание каната. Перемещение рулона при переходе его центра тяжести через ось обеспечивается своевременной активацией тормозного трактора, что достигается регулированием угла наклона рулона по угловому сектору. С помощью тормозного трактора ролик плавно опускается на днище резервуара.

До начала разворачивания рулона стенки к днищу резервуара по кольцевой риске привариваются ограничительные уголки с интервалом 250-300 мм. В зоне вертикального монтажного стыка на расстоянии 2,5-3,5 м в обе стороны от стыка ограничительные уголки привариваются по окончании формообразования концов полотнищ. Разворачивание рулона (рисунок 19) производят при помощи трактора канатом и тяговой скобы, привариваемой к рулону на высоте до 1000 м.

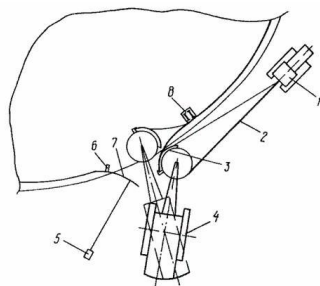


1 – кран; 2 – навесные леса; 3 – щит покрытия; 4 – монтажная стойка; 5 – расчалки; 6 – клиновой упор; 7 – рулон стенки; 8 – трактор; 9 – кольцо жесткости; 10 – стойка для монтажа опорного кольца; 11 – опорное кольцо; 12 – развернутая часть полотнища стенки

Рисунок 19 – Схема разворачивания рулона стенки, установки элементов опорного кольца и кольца жесткости, щитов покрытия

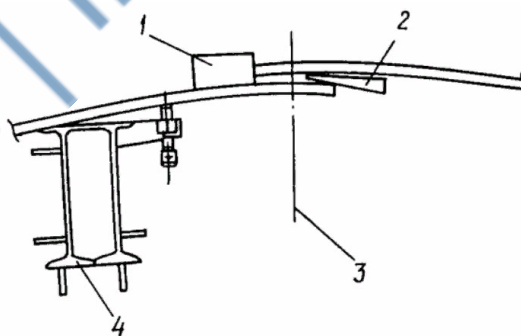
Перед замыканием монтажных стыков развернутых полотнищ стенки производят формообразование концов полотнищ, имеющих значительные остаточные деформации от рулонирования. В основном, формообразуются концы

полотнищ стенки толщиной в 8 мм и более. Формообразование производится трактором при помощи специального приспособления, изготовленное из каркаса рулона по всей высоте с приваренными к нему гибочными секторами (рисунок 20).



1 -тяговый трактор; 2 – приспособление для формообразования; 3 – кран; 4 - инвентарный якорь; 5 – упор; 6 – формообразованный участок полотнища; 7-стойка-упор
Рисунок 20 – Формообразование полотнища стенки по высоте

Формообразование считается законченным тогда, когда концы полотнища имеют кривизну близкую к проектной. При формообразовании концы полотнищ на длине 3 м не должны иметь элементов опорного кольца или кольцевой площадки. После осуществления формообразования срезается фаска и окончательно собирается уже стык установкой зазора и наложением прихваток. В этих целях применяется приспособление, которое обеспечивает вывод стыкуемых участков полотнищ в вертикальное положение (рисунок 21).



1 – ограничительная пластина; 2 – клин; 3 – ось вертикального монтажного стыка; 4 – приспособление для замыканий

Рисунок 21 – Замыкание вертикального монтажного стыка

По окончании сварки все монтажные приспособления с полотнища стенки в зоне стыка снимаются, зачищаются следы сварки, вырезы подвариваются и зачищаются абразивными кругами.

Сборка и установка покрытия. С учетом строительного подъема и уклона дна выбирается высота монтажной стойки. Перед тем как приступить к монтажу

любого типа покрытия, необходимо проверить соосность вертикальных пластин центральной опорной доски (перед установкой ее на монтажную стойку) и пластин, приваренных к балкам щитов. Необходимо устанавливать щиты по мере развертывания стеновых панелей, тщательно контролируя вертикальность центральной монтажной стойки. Сначала укладывается первоначальный щит, имеющий две несущие балки; затем укладываются промежуточные щиты, имеющие по одной несущей балке каждый, и в последнюю очередь укладывается закрывающий щит, не имеющий несущих балок.

2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Характеристика размеров резервуара

Оптимальная высота резервуара определяется по формуле (СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции."):

$$H_{OPT} = \sqrt[4]{\frac{V^2 \cdot \rho \cdot g}{\pi^2 \cdot \alpha \cdot \sigma}} \quad (6)$$

где σ – расчетное сопротивление сварного стыкового шва для стали, Па.

α – приведенная толщина стенки и кровли, м;

ρ – плотность нефтепродукта при средней минимальной температуре наиболее холодных суток данной местности, она равна 824 кг/м^3 , кг/м^3 ;

V – номинальный объем резервуара.

$$H_{OPT} = \sqrt[4]{\frac{2000^2 \cdot 824 \cdot 9,8}{3,14^2 \cdot 0,009 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 16,69 \text{ м.}$$

Примем высоту резервуара 12 м, как рекомендуемую для возможности рулонирования на механизированных станках. Листы для рулонирования подбираем размером 1500x6000 мм. Количество поясов рассчитаем по формуле:

$$N_i = \frac{h_{ст}}{h_{листа}} \quad (7)$$

$$N_i = \frac{12}{1,5} = 8.$$

Радиус резервуара равен:

$$r_2 = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot H_{OPT}}} \quad (8)$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{2000}{3,14 \cdot 12}} = 7,28 \text{ м.}$$

Далее определяется длина рулона:

$$L_p = 2 \cdot \pi \cdot r + \tau, \quad (9)$$

где τ – 0,2 м.

$$L_p = 2 \cdot 3,14 \cdot 7,28 + 0,2 = 45,95 \text{ м,}$$

Затем определяется количество листов в рулоне:

$$N_{\text{листов}} = \frac{L_p}{l}$$

$$N_{\text{листов}} = \frac{45,95}{6} = 7,65 \quad (10)$$

Округляем данную величину до 8.

Производим корректировку длины рулона:

$$L_p = N_i^{\text{скоп}} \cdot l$$

$$L_p = 8 \cdot 6 = 48 \text{ м.} \quad (11)$$

Производим корректировку радиуса рулона:

$$r_2 = \frac{L}{2\pi}$$

$$r_2 = \frac{48}{2 \cdot 3,14} = 7,64 \text{ м} \quad (12)$$

Корректируем объем резервуара:

$$V = \pi \cdot r_2^2 \cdot H_{\text{ОРТ}}$$

$$V = 3,14 \cdot 7,64^2 \cdot 12 = 2201 \text{ м}^3. \quad (13)$$

Таблица 18 – Генеральные размеры резервуара

Параметр	Значение
V, м ³	2201
H _{опт} , м	12
r ₂ = r, м	7,64
L _p , м	48
N	8

2.2 Расчет толщины стенки резервуара

В первую очередь следует определить уровень максимального взлива нефтепродукта в резервуаре, с учетом температурного расширения нефтепродукта:

(14)

$$H_M = H_{\text{опт}} - 0,1$$

$$H_M = 12 - 0,1 = 11,9 \text{ м}$$

Рассчитаем расстояние от поверхности жидкости при максимальном уровне разлива до нижней кромки рассчитываемого пояса:

$$Z_i = H_M - 0,3 - 1,5 \cdot (i - 1), \quad (15)$$

где i – номер рассчитываемого пояса.

Далее вычислим полное гидростатическое и избыточное давление на пояса резервуара:

$$P_i = P_{\text{гидр}} + P_{\text{изб}} = \gamma_{f1} \cdot Z_i \cdot \rho_{\text{нп}} \cdot g + \gamma_{f2} \cdot P_{\text{изб}}, \quad (16)$$

где γ_{f1} и γ_{f2} – коэффициенты надежности по нагрузке, равные 1,1 и 1,2 соответственно;

$\rho_{\text{нп}}$ – то же что и в формуле (6);

g – ускорение свободного падения;

$P_{\text{изб}}$ – избыточное давление в газовом пространстве резервуара, примем равным 2000 Па.

Предварительный выбор толщины ленты производится посредством расчета эксплуатационных нагрузок и нагрузок, полученных в результате гидравлических испытаний.

Расчетная минимальная толщина стенки при эксплуатации:

$$t_{ci} = \frac{P_i \cdot r}{\gamma_c \cdot R_y}, \quad (17)$$

где P_i – гидростатическое давление в расчетном поясе, Па;

r – радиус резервуара, м;

γ_c – коэффициент условия работы для листовых конструкций, равен 0,7 для первого пояса и 0,8 для остальных поясов.

R_y – расчетное сопротивление материала конструкции, Па;

Минимальная расчетная толщина стенки резервуара в каждом поясе для условий гидравлических испытаний:

$$t_{di} = \frac{g \cdot \rho_B \cdot Z_i \cdot r}{\gamma_c \cdot R_y}, \quad (18)$$

где ρ_B – плотность воды, используемой для гидроиспытаний, примем 1000 кг/м^3 ;

$\gamma_c = 0,9$ для всех поясов резервуара при гидроиспытаниях.

Выбирать наименьшую толщину каждого пояса стенки резервуара из ассортиментного ряда следует таким образом, чтобы разница между толщиной стенки и отрицательным допуском на прокат составляла не менее максимального из трех значений:

$$t - \Delta \geq \max\{t_c + c; t_d; t_k\}, \quad (19)$$

где t_k – минимальная конструктивно необходимая толщина стенки РВ резервуаров диаметром менее 16 м, эта величина равна 4 мм;

c – припуск на коррозию;

t_d – тоже, что и в формуле (18);

t_c – тоже, что и в формуле (17);

Δ – минусовой допуск на прокат листовых конструкций, равен 0,45 мм.

Припуск на коррозию составляет 2,5 мм, поскольку срок службы проектируемого РВС составляет 20 лет, при коррозии не более 0,1 мм/г.

Минусовой допуск на прокат выбирается исходя из того факта, что толщина прокатываемого листа находится в диапазоне от 1500 до 2000 мм, а толщина каждого листа также находится в диапазоне от 5-10 мм..

Таблица 19 – Расчетные минимальные толщины стенки

№ пояса	$t_c + c$, мм	t_d , мм	t_k , мм	t_p , мм	t_p , мм (сортамент)
8	3,0	0,4	4	4,5	4,5
7	3,5	0,9	4	4,5	4,5
6	4,0	1,4	4	4,5	4,5
5	4,5	1,9	4	4,9	5
4	5,0	2,4	4	5,5	5,5
3	5,5	2,9	4	6,0	6
2	6,0	3,4	4	6,5	7
1	7,9	4,5	4	8,3	8,5

Кольцевые усилия в каждом поясе:

$$N_i = P_i \cdot r, \quad (20)$$

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

Расчетная предельная несущая способность:

$$N_{\text{пред}} = \gamma_c \cdot R_y \cdot t_{pi}, \quad (21)$$

где γ_c – то же, что и в формуле (17);

t_{pi} – расчетная толщина i -того пояса.

Таблица 20 – Предельная несущая способность поясов

№ пояса	N, кПа·м	N _{пред} , кПа·м
8	93	900
7	195	900
6	297	900
5	399	1000
4	500	1100
3	602	1200
2	704	1400
1	806	1279

Как видно из таблицы 20 – для всех поясов резервуара выполняется условие:

$$N < N_{\text{пред}}, \quad (22)$$

Расчет стенки на прочность

Проверочный расчет на прочность для каждого пояса стенки резервуара:

$$\sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2} \leq \frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}, \quad (23)$$

где σ_1 – меридиональное напряжение (напряжение вдоль образующей),

σ_2 – кольцевое напряжение.

σ_1 – меридиональное напряжение с учетом коэффициентов надежности по нагрузки и коэффициентов для основного сочетания нагрузок вычисляется для нижней точки пояса по формуле:

$$\sigma_1 = \frac{(1,05 \cdot G_M + 0,95(1,05 \cdot G_0 + 1,2 \cdot G_Y))}{2\pi r t_{pi}} + \frac{(0,9 \cdot 1,4 \cdot S - 0,95 \cdot 1,2 \cdot P_{\text{изб}})r}{2t_{pi}}, \quad (24)$$

где G_M – вес металлоконструкции выше расчетной точки;

G_0 – собственный вес покрытия, площадок, ограждения и стац. оборудования;

G_Y – вес утеплителя выше расчетной точки;

S – показатель снеговой нагрузки для данной местности, равен 1800 Па;

$P_{\text{изб}}^H$ – избыточное давление в резервуаре, примем равным 2000 Па;

t_{pi} – толщина i -ого слоя (с вычетом надбавки на коррозии и допуск).

Вес металлоконструкции вычислим по формуле:

$$G_M = \gamma_f \cdot 2 \cdot \pi \cdot \rho_M \cdot g \cdot H_{ст,i} \cdot t_i, \quad (25)$$

где ρ_M – плотность стали, для 09Г2С она равна 7850 т/м³;

$H_{ст,i}$ – высота стенки выше рассматриваемого уровня;

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке для собственного веса металлоконструкций, принимаемый равным 1,05;

t_i – номинальная толщина i -го пояса стенки.

Вес стенки определяется для каждого пояса, результаты в таблице 21.

Таблица 21 – Вес стенки для каждого пояса

Пояс	G_M
8	1179,4
7	2358,8
6	3538,2
5	6239,5
4	9701,6
3	13924,7
2	21571,9
1	33784,6

Собственный вес покрытия, площадок ограждения и стационарного оборудования:

$$G_o = \gamma_f \cdot \pi \cdot r^2 \cdot G_{он} = 1,05 \cdot 3,14 \cdot 7,64^2 \cdot 0,31 = 59709,5,$$

где $G_{он}$ – нормативное значение распределенной нагрузки от веса покрытия, площадок ограждения и стационарного оборудования, приближенно может быть определено по обобщенным показателям [9] в зависимости от объема резервуара, принимаем равным 0,31.

σ_2 – кольцевое напряжение вычисляется для нижней точки каждого пояса по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{(g \cdot \rho_{нп} \cdot Z_{i+1,2} \cdot P_{изб}) \cdot r}{t_{pi}}, \quad (26)$$

где $\rho_{нп}$ – плотность нефтепродукта, кг/м³;

Z_i – высота столба жидкости, м;

r – радиус резервуара, м;

t_{pi} – толщина рассчитываемой стенки, м;

$P_{изб}$ – избыточное давление паров нефтепродукта, Па.

Для цилиндрической оболочки должно выполняться следующее условие:

$$\sigma_2 \leq \frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}, \quad (27)$$

где γ_n – коэффициент надежности по назначению, равен 1,05;

Все полученные величины сведем в таблицу 22.

Таблица 22 – Проверка стенки на прочность

№ пояса	σ_1 , МПа	σ_2 , МПа	$\frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}$, МПа	$\sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2}$, МПа
8	0,79	55,6	190,5	55,2
7	0,80	115,4	190,5	115,0
6	0,82	175,1	190,5	174,7
5	0,65	177,6	190,5	177,2
4	0,55	179,0	190,5	178,8
3	0,49	180,0	190,5	179,8
2	0,41	158,5	190,5	158,2
1	0,35	132,3	143,3	132,1

Как видно из приведенной выше таблицы 8, для всех поясов выполняются неравенства (25) (значения четвертой колонки больше или равны пятой) и (30) (значения четвертой колонки больше или равны третьей), в связи с этим. Можно отметить, что проверка стенки на прочность прошла успешно в каждом поясе, и корректировки толщины не требуется.

Проверочный расчет на прочность при гидроиспытаниях для каждого пояса стенки резервуара:

$$\sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2} \leq \frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}, \quad (28)$$

где σ_1 – меридиональное напряжение (напряжение вдоль образующей);

σ_2 – кольцевое напряжение.

σ_2 – кольцевое напряжение вычисляется для нижней точки каждого пояса по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{(g \cdot \rho_{\text{нп}} \cdot Z_i + 1,2 \cdot P_{\text{изб}}) \cdot r}{t_{pi}}, \quad (29)$$

где $\rho_{\text{нп}}$ – плотность воды, 1000 кг/м³;
 Z_i – высота столба жидкости, м;
 r – радиус резервуара, м;
 t_{pi} – толщина рассчитываемой стенки, с вычетом припуска на коррозию и минимального допуска, м;

$P_{\text{изб}}$ – избыточное давление в резервуаре, Па.

Для цилиндрической оболочки должно выполняться следующее условие:

$$\sigma_2 \leq \frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}, \quad (30)$$

где γ_n – коэффициент надежности по назначению, равен 1,05;

R_y – тоже, что и в формуле (21);

γ_c – коэффициент условий работы поясов стенки, γ_c в условиях гидроиспытаний 0,9.

Все полученные величины сведем в таблицу 23.

Таблица 23 – Проверка стенки на прочность при гидроиспытаниях

№ пояса	σ_1 , МПа	σ_2 , МПа	$\frac{R_y \cdot \gamma_c}{\gamma_n}$, МПа	$\sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2}$, МПа
8	0,79	64,99	214,29	64,60
7	0,80	137,48	214,29	137,08
6	0,82	209,97	214,29	209,56
5	0,65	213,57	214,29	213,24
4	0,55	215,75	214,29	215,48
3	0,49	217,22	214,29	216,98
2	0,41	191,33	214,29	191,12
1	0,35	159,86	214,29	159,69

Таким образом, по результатам расчетов, приведенных в таблице 9, можно сделать вывод, для всех поясов, за исключением третьего и четвертого выполняются неравенства (31) (значения четвертой колонки больше или равны пятой) и (33) (значения четвертой колонки больше или равны третьей), в связи с чем корректируем толщины пояса три и четыре.

$$t_{p4} = 6 \text{ мм};$$

$$t_{p3} = 6,5 \text{ мм}.$$

2.3 Расчет нагрузок, действующих на резервуар. Расчет на устойчивость

Определение снеговой нагрузки производят в соответствии с требованиями раздела 5 "СП 20.13330.2016"¹[4].

Определим полное нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия s по формуле:

$$S = S_g \cdot \mu, \quad (31)$$

где $S_g = 1,8$ кПа – расчетное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, принятое в соответствии п. 5.2 СП 20.13330.2016 с изменениями на 2022 г.;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с пп.5.3-5.6 и схеме 2 СП 20.13330.2016 с изменениями на 2022 г.

Значение коэффициента μ определяем по формуле:

$$\mu = \cos 1,8\alpha. \quad (32)$$

$$\mu = 0,99 \cdot 1 = 1.$$

Для пологого сферического покрытия $\cos 1,8\alpha$ будет слабо меняться вдоль диаметра. В связи с этим для облегчения расчета купола можно принять $\mu=1,0$ по всему покрытию.

Полное нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия вычислим по формуле (30):

$$S = 1,8 \cdot 1 = 1,8 \text{ Па}, \quad (33)$$

Определим значение ветровой нагрузки согласно [4]:

$$P_{\text{вет}} = \gamma_{\text{вет}} \cdot w_0 \cdot k \cdot c, \quad (34)$$

где $\gamma_{\text{вет}}$ – коэффициент надежности по нагрузке для ветровой нагрузки, принимаемый при расчете на устойчивость равным 0,5.

¹ Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*" (утв. Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр) (ред. от 30.05.2022)

w_0 – нормативное значение ветрового давления, согласно таблице 5/СП 20.13330.2016 с изменениями на 2022 г./, $w_0 = 0,3$ (кПа), для Южно-Сахалинска (III ветровой район).

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, согласно пункту 6.5 /СП 20.13330.2016 с изменениями на 2022 г./, $k = 1$.

c – аэродинамический коэффициент, $c = 1$.

Вычислим:

$$P_{\text{вет}} = \gamma_{f \text{ вет}} \cdot w_0 \cdot k \cdot c. \quad (35)$$

$$P_{\text{вет}} = 0,5 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 1 = 150 \text{ Па.}$$

В целях проверки устойчивости резервуара при статическом нагружении произведем проверку соотношения:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{a1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{a2}} \geq 1, \quad (36)$$

где σ_{a1} – первое (меридиональное) критическое напряжение;

σ_{a2} – второе (кольцевое) критическое напряжение.

Первое критическое напряжение рассчитаем по формуле:

$$\sigma_{a1} = C_i E \frac{t_{pmin}}{r}, \quad (37)$$

где t_{pmin} – расчетная толщина самого тонкого пояса стенки резервуара (верхнего);

Коэффициент C определяется по формуле:

$$C_i = 0,085 - \frac{r}{t_{pmin} \cdot 10^5} = 0,085 - \frac{7,643}{4,5 \cdot 10^5} = 0,084, \quad (38)$$

Подставляя значение из формулы (36) в (35):

$$\sigma_{a1} = 0,084 \cdot 200 \cdot 10^9 \frac{0,0045}{7,643} = 9,89 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Второе критическое напряжение определяется по формуле:

$$\sigma_{a2} = 0,55E \left(\frac{r}{H_r} \right) \left(\frac{t_{pmin}}{r} \right)^{1,5} = 0,55 \cdot 200 \cdot 10^9 \left(\frac{7,643}{12} \right) \left(\frac{0,0045}{7,643} \right)^{1,5} =$$

$$= 1 \cdot 10^6 \text{ Па}, \quad (39)$$

где H_r – редуцированная высота резервуара, а для резервуара со стационарной крышей H_r равна полной высоте стенки резервуара H_0 .

Меридиональное напряжение σ_1 рассчитывается для нижней кромки участка стенки постоянной толщины согласно формуле:

$$\sigma_1 = \frac{(1,05 \cdot G_M + 0,95(1,05 \cdot G_0 + 1,3 \cdot G_Y))}{2\pi r t_p} +$$

$$+ \frac{(0,9 \cdot 1,4 \cdot S - 0,95 \cdot 1,2 \cdot P_{изб})r}{2t_{pi}} =$$

$$= \frac{(1,05 \cdot 33784,6 + 0,95(1,05 \cdot 59709,5 + 1,3 \cdot 0))}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,643 \cdot 0,0085} +$$

$$+ \frac{(0,9 \cdot 1,4 \cdot 1800 - 0,95 \cdot 1,2 \cdot 2000)7,643}{2 \cdot 0,0085} = 227531,5 \text{ Па}, \quad (40)$$

Меридиональные напряжения в нижнем поясе стенки резервуара:

$$\sigma_2 = \frac{(0,95 \cdot 1,2 P_{вак} + 0,95 \cdot 0,5 k_i \cdot w) \cdot r}{t_i} =$$

$$= \frac{(0,95 \cdot 1,2 \cdot 250 + 0,95 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,534) \cdot 7,643}{0,0085} = 256617,8 \text{ Па},$$

где k_i – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте стенки резервуара для каждого пояса, определяется по [ссылка] для типа местности А;

Подставляя полученные значения в формулу (34), получаем:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{a1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{a2}} = \frac{227531,5}{9,89 \cdot 10^6} + \frac{256617,8}{1 \cdot 10^6} = 0,28 \leq 1$$

Сведем все данные, касающиеся толщины стенок в таблицу 24.

Таблица 24 – Толщины стенок резервуара

пояс	Высота столба продукта,	$\gamma_{\text{пр}} \times (H-z)$,	$R_{\text{изб.}} \times \gamma_{\text{из}}$,	Полное давление	t , расчетная	t , принятая после расчета на прочность	t , принятая после расчета на устойчивость	Марка стали
	м							
8	1,1	9,7	2,4	12,1	4,5	4,5	4,5	09Г2С
7	2,6	23	2,4	25,4	4,5	4,5	4,5	09Г2С
6	4,1	36,4	2,4	38,8	4,5	4,5	4,5	09Г2С
5	5,6	49,7	2,4	52,1	5	5	5	09Г2С
4	7,1	63	2,4	65,4	5,5	6	6	09Г2С
3	8,6	76,3	2,4	78,7	6	6,5	6,5	09Г2С
2	10,1	89,7	2,4	92,1	7	7	7	09Г2С
1	11,6	103	2,4	105,4	8,5	8,5	8,5	09Г2С

2.4 Расчет покрытия резервуара

Стальную каркасную коническую крышу устанавливают на резервуары диаметром от 10 до 25 м. Угол наклона образующей крыши к горизонтальной поверхности выполняется с уклоном от 1:12 ($4,76^\circ$) до 1:6 ($9,46^\circ$). Крепление настила крыши по периметру осуществляется через обвязочный элемент жесткости. Покрытие выполняется из плоских трапециевидных щитов заводского изготовления, опирающихся по периметру стенки резервуара и на центральную стойку через центральное кольцо.

Можно приступить, непосредственно к расчету конического покрытия с центральной стойкой.

Покрытие резервуара проектируем в виде щитов, состоящих из листов толщиной $t = 4$ мм, уложенных на каркас из двутавра, швеллеров и уголков. Щиты опираются на верхнее кольцо центральной стойки и корпус резервуара. Щит является трапециевидальной рамой с основными радиальными ребрами из прокатных двутавров. В кольцевом направлении располагаются поперечные ребра из мелких номеров прокатного швеллера.

Первоначально произведем сбор нагрузок. Определим нормативные и расчетные нагрузки на щит покрытия.

Нормативные нагрузки на щит покрытия:

$$g_{\text{щ}} = g_{\text{н}} + g_{\text{б}} + (g_{\text{вак}} + S) \cdot \psi = 0,33 + 0,16 + (0,2 + 1,8) \cdot 0,9 = 2,29 \text{ кН/м}^2, \quad (41)$$

где $g_{\text{н}}$ – собственный вес радиальных балок и опорных ребер жесткости, 0,33 кН/м²;

$g_{\text{б}}$ – собственный вес радиальных балок и поперечных ребер, 0,16 кН/м²;

$g_{\text{вак}}$ – собственный вес от вакуума, 0,2 кН/м²;

S – снеговая нагрузка, 1,8 кН/м²;

ψ – коэффициент сочетания нагрузок, 0,9.

При этом, суммарная нормативная нагрузка на щит равна $g_{\text{щ}}^{\text{н}} = 1,823 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$.

Принимаем настил приваренным к радиальным ребрам щитов электродами типа Э42. Предельный относительный прогиб настила:

$$\left[\frac{f}{l_{\text{н}}} \right] = \frac{1}{150}, \quad (42)$$

где $l_{\text{н}}$ – наибольший пролет настила;

f – поперечное сечение ребра.

Принимая толщину настила $t_{\text{н}} = 4$ мм по условиям эксплуатации, по формуле А. Л. Телояна определяют наибольший пролет настила $l_{\text{н}}$:

$$l_{\text{н}} = \frac{4t_{\text{н}}}{15 \left[\frac{f}{l_{\text{н}}} \right]} \cdot \left(1 + \frac{72 \cdot E_1}{\left[\frac{l_{\text{н}}}{f} \right]^4 q_{\text{н}}^{\text{н}}} \right), \quad (43)$$

где $q_{\text{н}}^{\text{н}}$ – нормативная погонная нагрузка на полосу настила единичной ширины;

$t_{\text{н}}$ – толщина настила;

E_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление материала упругой деформации, а также поперечной и продольной относительной деформации.

Коэффициент E_1 рассчитывается по формуле:

$$E_1 = \frac{E}{1-\nu^2} = \frac{2,1 \cdot 10^4}{1-0,28^2} = 2,27 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2, \quad (44)$$

где E – модуль упругости стали;

ν – коэффициент Пуассона.

Расчетная величина собственного веса настила определяется:

$$g_{\text{н}}^{\text{н}} = t_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot g = 0,4 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 = 0,03 \text{ Н/см}^2 =$$

$$= 0,3 \cdot 10^{-4} \text{ кН/см}^2$$

Расчетный вес снегового покрова рассчитывают по формуле:

$$g_{\text{сн}}^{\text{H}} = 0,7 \cdot S_g \cdot \mu = 0,7 \cdot 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1 = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ кН/см}^2, \quad (45)$$

где S_g и μ – то же то и в формуле (4).

Нормативная погонная нагрузка на полосу настила единичной ширины по формуле:

$$q_{\text{H}}^{\text{H}} = g_{\text{H}}^{\text{H}} + (g_{\text{сн}}^{\text{H}} + g_{\text{вак}}^{\text{H}}) \cdot \psi = 0,3 \cdot 10^{-4} + \\ + (1,26 \cdot 10^{-4} + 0,2 \cdot 10^{-4}) \cdot 0,9 = 1,614 \cdot 10^{-4} \text{ кН/см}^2, \quad (46)$$

Тогда по формуле (47):

$$l_{\text{H}} = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 150}{15} \cdot \left(1 + \frac{72 \cdot 2,27 \cdot 10^4}{150^4 \cdot 1,614 \cdot 10^{-4}} \right) = 336,1 \text{ см}$$

По конструктивным соображениям принимаем расстояние между поперечными ребрами щита, что является пролетом настила a , равным 1,5 м.

Проверим настил покрытия на прочность по формуле:

$$\sigma = \frac{H}{t_{\text{H}}} + \frac{6 \cdot M_{\text{оп}}}{t_{\text{H}}^2} \leq \gamma_{\text{с}} \cdot R_{\gamma}, \quad (47)$$

где H – распор;

$M_{\text{оп}}$ – опорный момент;

R_{γ} и $\gamma_{\text{с}}$ – тоже, что и в формуле (3).

Нагрузка на расчетную полосу настила за вычетом собственного веса радиальных и поперечных ребер жесткости щитов:

$$q_{\text{H}} = g_{\text{H}} + (g_{\text{вак}}^{\text{H}} + g_{\text{сн}}^{\text{H}}) \cdot \psi = 0,33 + (0,2 + 1,26) \cdot 0,9 = 1,644 \text{ кН/м}^2, \quad (48)$$

Примем стрелку прогиба настила:

$$f_0 = \frac{1}{150} \cdot a = \frac{1}{150} \cdot 1,5 = 0,01 \text{ м} = 1 \text{ см}, \quad (49)$$

где a – шаг поперечных ребер жесткости щита.

Распор:

$$H = \frac{q_H \cdot a^2}{8 \cdot f_0} - \frac{48 \cdot E_1 \cdot t_H^3}{12 \cdot a^2} = \frac{1,644 \cdot 10^{-4} \cdot 150^2}{8 \cdot 1} - \frac{48 \cdot 2,27 \cdot 10^4 \cdot 0,4^3}{12 \cdot 150^2} = 0,204 \text{ кН/см}, \quad (50)$$

Коэффициент K :

$$K = \sqrt{\frac{12H}{E_1 \cdot t_H^3}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 0,204}{2,27 \cdot 10^4 \cdot 0,4^3}} = 0,04 \frac{1}{\text{см}}, \quad (51)$$

Опорный момент определяется по формуле:

$$M_{\text{оп}} = \frac{q_H \cdot a}{2K} = \frac{1,644 \cdot 10^{-4} \cdot 150}{2 \cdot 0,04} = 0,308 \text{ кН}, \quad (52)$$

Проверка настила на прочность по формуле (50):

$$\sigma = \frac{H}{t_H} + \frac{6 \cdot M_{\text{оп}}}{t_H^2} = \frac{0,204}{0,4} + \frac{6 \cdot 0,308}{0,4^2} = 12,06 \leq 19,7, \quad (53)$$

$$\gamma_c \cdot R_{\gamma} = 219,05 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 19,7 \text{ кН/см}^2$$

Прочность настила обеспечена [8].

Предварительно назначим количество щитов в покрытии. Принимая ширину щита у стенки резервуара $b_0 = 3$ м, требуемое количество щитов определим по формуле:

$$n_{\text{щ}} = \frac{\pi \cdot D_p}{b_0} = \frac{3,14 \cdot 15,28}{3} = 16 \text{ шт}, \quad (54)$$

где D_p – диаметр резервуара;

b_0 – ширина щита у стенки резервуара.

Количество щитов покрытия должно быть равным четырем. Тогда, соответственно, принимаем число щитов равным $n_{\text{щ}} = 16$ шт.

Расчетный пролет поперечного ребра будет равен величине b_0 , т.е. $b_0 = l_p = 3$ м. Равномерно распределенная расчетная нагрузка на поперечное ребро при шаге ребер $a = 1,5$ м. составит:

$$q_{p.п} = g_{щ} \cdot a = 2,29 \cdot 1,5 = 3,43 \text{ кН/м}, \quad (55)$$

Нормативная нагрузка:

$$q_{p.п}^H = g_{щ}^H \cdot a = 1,823 \cdot 1,5 = 2,73 \text{ кН/м}, \quad (56)$$

Расчетный изгибающий момент:

$$M_{p.п} = \frac{q_{p.п} \cdot l_p^2}{8} = \frac{3,43 \cdot 3^2}{8} = 3,86 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (57)$$

Требуемый момент сопротивления рассчитывается по формуле:

$$W_{тр} = \frac{M_{p.п}}{\gamma_c \cdot R_{\gamma}} = \frac{3,86 \cdot 10^2}{1 \cdot 21,9} = 17,6 \text{ см}^3, \quad (58)$$

Требуемый момент инерции при предельном относительном прогибе ребра:

$$\left[\frac{f_p}{l_p} = \frac{1}{200} \right], \quad (59)$$

Требуемый момент инерции определяется по формуле:

$$I_{тр} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{p.п}^H \cdot l_p^3}{E \cdot \left[\frac{f_p}{l_p} \right]} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,73 \cdot 3^3 \cdot 10^6}{2,19 \cdot 10^4 \cdot [1/200]} = 87,79 \text{ см}^4, \quad (60)$$

Принимаем рекомендуемый швеллер №8 $W_x = 22,4 \text{ см}^3$, $I_x = 89,4 \text{ см}^4$ [8].

Пролет радиального ребра, как балки при свободном опирании щита на стенку резервуара и на верхнее центральное кольцо трубчатой стойки равен:

$$r = l_p = \frac{D_p}{2} = 7,64 \text{ м}, \quad (61)$$

Радиальная балка (ребро) щита воспринимает нагрузку по треугольнику (рисунок 22) согласно грузовой площади и служит основным несущим элементом

покрытия. Расчетной схемой радиальной балки является обычная двухопорная шарнирно опертая балка.

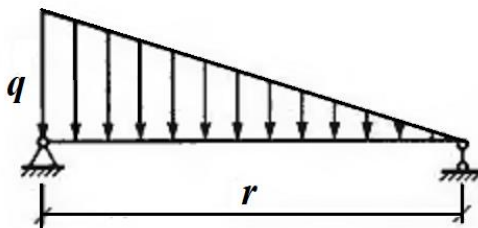


Рисунок 22 – Расчетная схема радиального ребра

Максимальная интенсивность нагрузки на радиальное ребро у стенки резервуара вычисляется по формуле:

$$q = g_{\text{щ}} \cdot b_0 = 2,29 \cdot 3 = 6,87 \text{ кН/м}, \quad (62)$$

Максимальный расчетный момент:

$$M = \frac{q \cdot r^2}{9 \cdot \sqrt{3}} = \frac{6,97 \cdot 7,64^2}{9 \cdot \sqrt{3}} = 25,74 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (63)$$

Требуемый момент сопротивления с учетом развития пластических деформаций:

$$W_{\text{тр}} = \frac{M}{1,12 \cdot \gamma_c \cdot R_y} = \frac{25,74 \cdot 10^2}{1,12 \cdot 1 \cdot 21,9} = 104,96 \text{ см}^3, \quad (64)$$

Что соответствует двутавру №16 $W_x = 109 \text{ см}^3$ [3].

Требуемый момент инерции сечения ребра из условия обеспечения жесткости

(при $\left[\frac{f}{r} \right] = \frac{1}{200}$) составит:

$$I_{\text{тр}} = \frac{5}{768} \cdot \frac{q_{\text{р.п}}^{\text{н}} \cdot b_0 \cdot r^3}{E \cdot \left[\frac{f}{r} \right]} = \frac{5}{768} \cdot \frac{1,823 \cdot 10^{-4} \cdot 7,64^3 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^2}{2,19 \cdot 10^4} = 1451 \text{ см}^4, \quad (65)$$

Выберем из сортамента прокатный двутавр №18 $I_{\text{тр}} = 1290 \text{ см}^4$ по [3]. По прочности требуется меньший номер двутавра.

Сечение верхнего кольца жесткости подбираем из условия действия в нем максимального изгибающего момента M , вычисленного по формуле:

$$\begin{aligned} M &= 0,0186 \cdot 1,4 \cdot w_0 \cdot k \cdot c \cdot r^2 \cdot H = \\ &= 0,0186 \cdot 1,4 \cdot 0,534 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 7,64^2 \cdot 12 = 5,06 \text{ кН} \cdot \text{м}, \end{aligned} \quad (66)$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления;
 k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте равный 0,65;
 c – аэродинамический коэффициент равный 0,8.

2.5 Расчет днища резервуара

Днища резервуаров должны быть конической формы для удаления подтоварной воды и удобства зачистки резервуаров с уклоном от центра или к центру. Величина уклона 1:100. Допускается применение плоских днищ для РВС объемом до 1000 м³.

Днища резервуаров объемом свыше 2000 м³ должны иметь центральную часть и утолщенное кольцо окрайки.

Радиальная ширина окрайки должна обеспечивать расстояние между внутренней поверхностью стенки и швом приварки центральной части днища не менее 300 мм для резервуаров объемом до 5000 м³ и 600 мм для резервуаров объемом более 5000 м³, но не менее величины, которая определяется соотношением:

$$L_0 = 26,22 \cdot \sqrt{r \cdot t_1} = 26,22 \cdot \sqrt{7640 \cdot 8,5} = 6683 \text{ (мм)}, \quad (67)$$

где t_1 – номинальная толщина первого пояса резервуара.

Принимаем радиальную ширину окрайки равной 300 мм.

Поскольку толщина стенки верхнего пояса составляет 4,5 мм, то минимальная толщина кольцевой окрайки должна быть равна 6 мм. Выступ днища (окраек днища) за внешнюю поверхность стенки равен 50-100 мм. Величина нахлеста центральной части днища на кольцо окрайки равна 60-100 мм.

Величина нахлеста листов (полотнищ) центральной части днища между собой будет равна 30-50 мм. Номинальная толщина листов центральной части днища (при наличии кольца окраек или без него), не менее 4 мм. Минимальная толщина остающейся подкладной пластины – 4 мм.

Номинальная толщина кольцевых окраек должна быть не менее величины определяемой по формуле:

$$t_b = 0,77 \cdot t_1 = 0,77 \cdot 4,5 = 6,5 \text{ мм}, \quad (68)$$

Так как t_b должно быть не менее 6 мм, то принимаем $t_b = 7$ мм.

Центральная часть днища состоит из четного числа рулонизируемых полотнищ шириной до 12 м. Полотнища собирают из листов 2000x8000 мм. Соединяются полотнища между собой внахлестку (размер нахлестки 50..60 мм).

Язвенная коррозия в листах днища вызывает наступление предельного состояния вследствие потери герметичности резервуара при образовании сквозного свища.

Припуск на коррозию 1-2 мм способен существенным образом повысить долговечность резервуара. Вместо применяемых в типовых проектах для днищ листов толщиной 4 и 5 мм необходимо использовать листы толщиной 6 мм.

Предлагается к рассмотрению основная система метода сил тоже с одним неизвестным M_0 без допущений (рисунок 23).

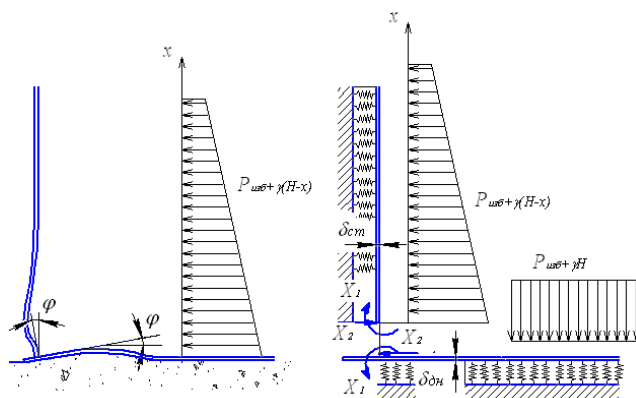


Рисунок 23 – Основная система сопряжения стенки с днищем резервуара

Каноническое уравнение метода сил:

$$(\delta_{11}^{ст} + \delta_{11}^{дн}) \cdot M_0 + (\Delta_{1p}^{ст} + \Delta_{1p}^{дн}) = 0, \quad (69)$$

Для решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки на упругом основании использованы балочные функции А. Н. Крылова и метод начальных параметров.

Коэффициенты канонического уравнения определяются по формулам:

$$\delta_{11}^{ст} = \frac{2\beta_{ст}^3}{K_{ст}}, \quad (70)$$

$$\delta_{11}^{дн} = \frac{4\beta_{ст}^3 [Y_1(\beta_{ст} \cdot C) + 2Y_4(\beta_{дн} \cdot C)]}{K_{дн}}, \quad (71)$$

Свободные члены определяются по формулам:

$$\Delta_{1p}^{ст} = -\frac{P_u \cdot \beta_{ст} - P_l}{K_{ст}}, \quad (72)$$

$$\Delta_{1p}^{дн} = -\frac{2 \cdot \beta_{дн}}{K_{дн}} \cdot (q \cdot \beta_{дн} \cdot z_1 - 2 \cdot P_u \cdot z_2), \quad (73)$$

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

P_u – избыточное давление в паровоздушном пространстве.

Коэффициент деформации стенки:

$$\beta_{ст} = \sqrt[4]{\frac{3(1 - \nu^2)}{r^2 \cdot t_1^3}} = \sqrt[4]{\frac{3(1 - 0,35^2)}{764^2 \cdot 0,85^3}} = 0,052 \text{ см}^{-1}, \quad (74)$$

где ν – коэффициент Пуассона. Почва в Южно-Сахалинске – суглинок, для этой почвы коэффициент равен 0,35.;

t_1 – толщина нижнего листа стенки РВС.

Теперь считаем условный коэффициент постели стенки:

$$K_{ст} = \frac{E \cdot t^3}{r^2} = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,0085}{7,64^2} = 29 \cdot 10^6 = 0,029 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}, \quad (75)$$

Определяем коэффициент деформации днища:

$$\beta_{\text{дн}} = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot K^{\text{дн}} \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot t_{\text{окр}}^3}} = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^7 (1 - 0,35^2)}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,65^3}} = 0,08 \text{ см}^{-1}, \quad (76)$$

где $t_{\text{окр}}$ – толщина крайки ($t_{\text{окр}} = 7 - 0,5 = 6,5$ мм);

$K^{\text{дн}}$ – коэффициент постели основания. Основание для проектируемого резервуара – песчаная подушка.

$$\text{Поэтому коэффициент постели основания } K^{\text{дн}} = 0,1 \text{ кН/см}^3, \quad (77)$$

Давление на днище определяется по формуле:

$$\begin{aligned} P_{\text{и}} &= \gamma_{f1} \cdot \rho_{\text{нп}} \cdot g \cdot H_1 + \gamma_{f2} \cdot P_{\text{изб}}^{\text{н}} = 1,1 \cdot 824 \cdot 9,8 \cdot 12 + 1,2 \cdot 2 \cdot 10^3 = \\ &= 108 \text{ кПа} = 0,0108 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}, \end{aligned} \quad (78)$$

Давление в паровоздушном пространстве в зависимости от уровня налива нефтепродукта:

$$P_{\text{в}} = \frac{P_{\text{и}} - P_{\text{изб}}^{\text{н}}}{H_1} = \frac{0,0108 - 0,0002}{1200} = 8,9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кН}}{\text{см}^3}, \quad (79)$$

Результаты вычислений показывают, что величины $Y_1(\beta_{\text{дн}} \cdot C)$ и z_1 близки к единице (погрешность не превышает 5%).

$$z_1 = [Y_1(\beta_{\text{дн}} \cdot C) + 2Y_4(\beta_{\text{дн}} \cdot C)] = 1, \quad (80)$$

Поэтому:

$$\delta_{11}^{\text{дн}} = \frac{4\beta_{\text{дн}}^3}{K^{\text{дн}}}. \quad (81)$$

Тогда получим:

$$z_2 = -\frac{1}{2} \cdot \cos(2\beta_{\text{дн}} \cdot r), \quad (82)$$

Исходя из всех вышеперечисленных особенностей, (83)

$$\Delta_{1p}^{\text{дн}} = -\frac{2 \cdot \beta_{\text{дн}}}{K^{\text{дн}}} \cdot \left(q \cdot \beta_{\text{дн}} \cdot z_1 - 2 \cdot P_{\text{и}} \cdot \frac{1}{2} \right) = -\frac{2 \cdot \beta_{\text{дн}}}{K^{\text{дн}}} \cdot (q \cdot \beta_{\text{дн}} - P_{\text{и}}).$$

Для определения свободного (грузового) члена канонического уравнения, следует рассчитать нагрузку на единицу длины дуги стенки от собственного веса стенки, покрытия и снега на нем:

$$q = q_{ст} + q_{пк} + q_{сн}, \quad (84)$$

где $q_{ст}$ – нагрузка на единицу длины дуги стенки от собственного веса;

$q_{пк}$ – нагрузка на единицу длины покрытия;

$q_{сн}$ – нагрузка на единицу длины снега на покрытии.

В целях определения собственного веса стенки и покрытия обратимся к таблице П1 [1]. Принимаем:

$$g_{ст} = 10,38 \text{ кг/м}^3;$$

$$g_{пк} = 4,38 \text{ кг/м}^3.$$

Определяем нагрузку на единицу длины дуги стенки от собственного веса:

$$q_{ст} = \frac{q_{ст} \cdot V \cdot g}{2\pi \cdot r} = \frac{10,38 \cdot 2000 \cdot 9,8}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,64} = 4,238 \frac{\text{кН}}{\text{м}} = 0,0423 \frac{\text{кН}}{\text{см}}, \quad (85)$$

Определяем нагрузку на единицу длины покрытия:

$$q_{пк} = \frac{g_{пк} \cdot V \cdot g}{2\pi \cdot r} = \frac{4,38 \cdot 2000 \cdot 9,8}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,64} = 1,788 \frac{\text{кН}}{\text{м}} = 0,017 \frac{\text{кН}}{\text{см}}, \quad (86)$$

Нагрузка на единицу длины снега на покрытии:

$$q_{сн} = \frac{S_g \cdot \mu \cdot r}{2} = \frac{1,8 \cdot 10^3 \cdot 7,64}{2} = 6,878 \frac{\text{кН}}{\text{м}} = 0,068 \frac{\text{кН}}{\text{см}}, \quad (87)$$

Рассчитаем суммарную нагрузку по формуле (88):

$$q = 0,0423 + 0,017 + 0,068 = 0,129 \frac{\text{кН}}{\text{см}}, \quad (88)$$

Вычислим свободный член канонического уравнения для днища:

$$\begin{aligned} \Delta_{1р}^{дн} &= -\frac{2 \cdot \beta_{дн}}{K^{дн}} \cdot (q \cdot \beta_{дн} - P_u) = -\frac{2 \cdot 0,08}{0,1} \cdot (0,129 \cdot 0,083 - 0,0108) = \\ &= 0,00026, \end{aligned} \quad (89)$$

Свободный член канонического уравнения для стенки резервуара:

$$\Delta_{1p}^{ст} = -\frac{P_u \cdot \beta_{cm} - P'}{K_{cm}} = -\frac{0,0108 \cdot 0,052 - 8,9 \cdot 10^{-6}}{0,029} = -0,019, \quad (90)$$

Коэффициент канонического уравнения для стенки резервуара:

$$\delta_{11}^{ст} = \frac{2\beta_{cm}^3}{K_{cm}} = \frac{2 \cdot 0,052^3}{0,029} = 0,009 \frac{1}{кН}, \quad (91)$$

Коэффициент канонического уравнения для днища резервуара:

$$\delta_{11}^{дн} = \frac{4\beta_{дн}^3}{K_{дн}} = \frac{4 \cdot 0,08^3}{0,1} = 0,023 \frac{1}{кН}, \quad (92)$$

Полученные значения подставляем в каноническое уравнение метода сил и находим момент изгибающий M_0 :

$$(0,009 + 0,023) \cdot M_0 + (-0,019 + 0,00026) = 0;$$

$$0,032 \cdot M_0 = 0,01874;$$

$$M_0 = 1,7 \text{ кН}, \quad (93)$$

Проверяем крайку на прочность:

$$\sigma_{окр} = \frac{4 \cdot M_0}{t_{окр}^2} \leq \gamma_c \cdot \gamma_{кр} \cdot R_y, \quad (94)$$

где $\gamma_{кр} = 1,2$ – коэффициент условия работы стержня резервуара в зоне краевого эффекта.

Считаем условие:

$$\gamma_c \cdot \gamma_{кр} \cdot R_y = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 250 = 360 \text{ МПа}, \quad (95)$$

В соответствии с формулой (96) получаем:

$$\sigma_{окр} = \frac{4 \cdot 1,7 \cdot 10^3}{6,5^2} = 160,9 \text{ МПа}, \quad (96)$$

Условие выполняется, а соответственно, можно сделать вывод, что прочность окрайки обеспечена и подобрана правильная толщина окрайки.

Для резервуаров с толщиной листов нижнего пояса стенки 20 мм и менее необходимо использовать тавровое соединение без разделки кромок (рисунок 24). Размер катета каждого углового шва не должен превышать 12 мм и быть меньше номинальной толщины окрайки.

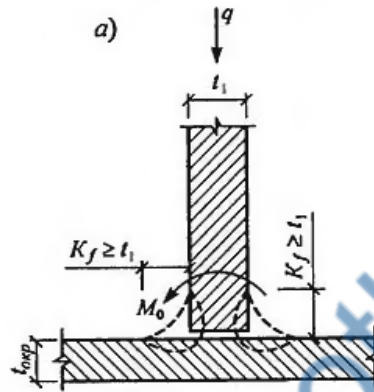


Рисунок 24 – Соединение стенки с днищем

При этом сварные швы должны выполняться как минимум в два прохода.

Поперечная сила Q_0 вызывает в сварных швах и стенке несущественные напряжения. В связи с этим, можно их не учитывать.

3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В начале развития нефтедобычи наиболее выгодным хранилищем для сырья был простой стальной резервуар, представлявший собой цилиндрическую емкость с плоской или конической крышей с плоским дном, опирающимся на основание.

Целью данного раздела является составление локальной сметы на резервуар вертикальный стальной объемом 2000 м³. Необходимо продемонстрировать способность самостоятельно принимать эффективные решения по проектированию и установке резервуара, поскольку это играет чрезвычайно важную роль в развитии всего промышленного комплекса. Для производства высококачественных резервуаров для нефтепродуктов из железобетона и металла необходимо соблюдать ряд стандартов, которые пригодятся при проектировании и монтаже резервуара в будущем 2000 м³:

1. Составить ведомость подсчета трудоемкости работ;
2. Провести калькуляцию трудовых затрат;
3. Представить ведомость материального обеспечения производства работ.

Определить продолжительность выполнения работ;

4. Составить объектную смету и сводный сметный расчет стоимости резервуара.

3.1 Ведомость подсчета трудоемкости работ

Таблица 25 – Ведомость подсчета трудоемкости работ

№	Наименование работ	Трудоемкость работ, чел./час
1.	Инженерно-геологические изыскания	48
2.	Проектно-сметная документация	72
3.	Создание генерального плана строительство объекта	125
4.	Планирование территории	36
5.	Подготовка пятака	308
6.	Монтаж основания РВС	251
7.	Монтаж (ПРУ)	106
8.	Монтаж (стенки резер., кровли, днища)	474
9.	Монтаж патрубка на кровли РВС	27
10.	Площ. Обсл. под задвижки, патрубка.	15

11.	Переходные площадки	385
12.	Внутреннее антипожарное покрытие	784
13.	Наружная покраска	3466
14.	Электросиловое оборудование	17
15.	Устройство подземного кармана	22
16.	Система подсылойки	91
17.	Колодец с пожарным гидрантом	29
18.	Узел стыковки с пожарной техникой	28
19.	Наружные пожарные сети	89
Итого по строительно-монтажным работам- 6373 чел.-часов		

3.2 Калькуляция трудовых затрат

Общая потребность в рабочих основного производства – 27 человек . Исходя из трудоемкости работ по конструкции резервуара определяется количеством смен, необходимых для проведения работ.

$$K_{\text{см}} = \frac{6373 \text{ чел./час}}{8 \text{ час/смен} * 27 \text{ чел}} = 29 \text{ смен}$$

Далее определяется фонд оплаты труда – суммарные денежные средства предприятия организации, израсходованные в течение определенного периода времени на:

1. Основное производство;
2. Вспомогательное производство;
3. Инженерно-технический персонал.

Механизм определения фонда оплаты труда производственного персонала заключается в следующем:

1. Исходя из тарифных ставок (руб./час) рассчитывается тарифный фонд;
2. Определяется премиальный фонд;
3. Основная зарплата;
4. Дополнительная зарплата;
5. Начисляется районный коэффициент (50%);
6. Суммируются перечисленные фонды и начисления, таким образом, находится ФОТ.

Таблица 27 – Оплата труда производственного персонала

Наименование профессии	Количество	Тарифная ставка, руб/час	Тарифный фонд, руб.	Премия, %	Премия, руб.	Основная ЗП, руб.	Дополнительная ЗП, руб.	Районный коэф, руб.	Фонд ЗП, руб.
Основной производственный персонал									
Инженер	7	28,3	20376	85	17319	37695	3015,6	578,6	410257,4
Сварщик	3	27,25	19620	85	16677	36297	2903,7	544,45	169266,45
Слесарь	5	25,15	18108	85	15391,8	33499,8	2679,9	502,5	260370
Бульдозерист	1	24,35	17532	85	14902,2	32434,2	2594,7	486,5	50417,6
Крановщик	1	24,35	17532	85	14902,2	32434,2	2594,7	486,5	50417,6
Экскаваторщик	1	26,58	19137,6	85	16266,9	35404,5	2832,3	531,1	55034,8
Водитель	5	24,35	17532	85	14902,2	32434,2	2594,7	486,5	252088
Итого по основному производственному персоналу-1247849,5									
Вспомогательный персонал									
Стропальщик	4	24,13	17373,6	85	14767,6	32141,2	2571,3	482,1	199848,8
Дефектоскопист	1	22,16	15955,2	85	13561,9	29517,1	2361,4	442,7	45440,4
Итого по вспомогательному производственному персоналу – 24529,2									
Итого по основному и вспомогательному персоналу – 1493138									

3.3 Ведомость материального обеспечения производства работ.

Продолжительность выполнения работ

Таблица 28 – Стоимость основных средств, применяемых на объекте за 2 месяца проектирования

№	Наименование	Кол-во	Стоимость ед., руб	Общая стоимость, руб.	Норма амортизации %	Сумма амортиз. отчисл., руб.
1.	Сварочный аппарат	3	133900	401700	0,25	100425
2.	Экскаватор	1	2652300	2652300	0,74	19627
3.	Бульдозер	1	2865200	2865200	0,4	11460
4.	Шлефмашинка	1	1652800	1652800	0,27	1204
5.	А/м «МАЗ»	2	1639000	3278000	0,13	4261
6.	А/м «Урал»	1	1710000	1710000	0,85	14535
7.	А/м «КАМАЗ»	2	2720600	5441200	0,23	1254
8.	Погрузчик диз.	2	600000	120000	0,63	7560
9.	А-кран	1	800000	800000	0,6	4800
10.	Компьютер	3	50000	150000	0,16	24000
11.	Теодолит	2	60000	120000	0,13	15600
Итого по основным средствам						189123

Итого по основным средствам -189123 рублей.

Таблица 29 – Даты и сроки проведения подготовительных и строительно-монтажных работ при строительстве резервуара РВС-2000

№ п/п	Номера сметных расчетов (смет)	Наименование работ и затрат	Начало, дата	Длительность, сутках	Задержка, сутках	Конец, дата
1	ЛС-1	Расчистка площадей под строительство и строительство временной дороги с карьера	20.02.2023	30	0	21.03.2023
2	ЛС-2	Доставка грунта с карьера и отсыпка площадки	22.03.2023	30	0	20.04.2023
3	ЛС-3	Строительство основания резервуара	21.04.2023	10	0	30.04.2023
4	ЛС-4	Строительство резервуара	01.05.2023	30	0	30.05.2023
5	ЛС-5	Строительство обвалования	31.05.2023	1	0	31.05.2023

Построим графически по данным таблицы диаграмму реализации строительства объекта (диаграмму Ганта), рисунок 25.



Рисунок 25 – Диаграмма Ганта

3.4 Объектная смета. Сводный сметный расчет стоимости резервуара

Таблица 30 – Основные материалы, необходимые для конструкции резервуара

№ пп.	Наименование	Количество	Стоимость единицы, руб.	Стоимость общая, руб.
1.	Люк-лаз Ду600	4 шт.	73900	295600
2.	Диоген	2	196500	393000
3.	Труба Ду 32	0,032 т	16520	528,64
4.	Сетка «Рабица»	12,3 м ²	620	7626
5.	Швеллер 12	0,98 т	14900	14602
6.	Герметизатор ПЗУ-4 Ду600	1 шт.	21700	21700
7.	Кран сифонный Ду80	1 шт.	8200	8200
8.	ПРУ	1 шт.	35950	35950
9.	Задвижка фланцевая Ду600	4	111000	44400
10.	Труба Ду600	0,715 т	53600	38324
11.	Фланец Ду600	4 шт.	22500	90000
12.	Листовая сталь □□4.0	1,350 т	16200	21870
13.	Заглушка Ду250	2 шт.	7100	14200
14.	Фланец Ду 250	2 шт.	1600	3200
15.	Клапан дыхательный КДС-600	4 шт.	27100	108400
16.	Предохранитель огневой Ду500	4 шт.	20000	80000
17.	Патрубок	1 шт.	21500	21500

	Ду500			
18.	Заглушка Ду500	1 шт.	6100	6100
19.	Фланец Ду500	1 шт.	2400	2400
20.	Манометр МП4У	6 шт.	6100	36600
21.	Кран шар. Ду50	3 шт.	150	3450
22.	Фланец Ду50	6 шт.	630	3780
23.	Пост управления КУ- 92	1 шт.	42100	42100
24.	Выключатель автоматический АП-50	2 шт.	5100	10200
25.	Труба Ду720	2,65 т	6500	17225
26.	Труба Ду1020	0,65 т	99250	64512,5
	Итого			1574371,66 руб.

Итого по основным материалам- 1574371,66 руб.

Таблица 31 – Вспомогательные материалы, необходимые для конструкции резервуара

1.	Электроды ОК-46	285 кг	208	59280
2.	Сварочная проволока 0,8	320 кг	310	99200
3.	Шлиф круги	75 кг	950	71250
4.	Грунтовка ГФ – 010	1080 кг	96,3	104004
5.	Краска «Рассвет»	780 кг	240	187200
	Итого по вспомогательным материалам –			520934 руб.
	Итого по основным и вспомогательным материалам –			2284428,66

Таблица 32 – Смета затрат на РВС

Итого	7593450
В том числе:	
Материалы	7144403
Машины и механизмы	341014
ФОТ	259842
Накладные расходы	352984
Сметная прибыль	194441
Трудовые затраты, заработная плата	1493138
Производство работ в зимнее время (K=9,3x1,08=10,04% по п.1.1 ГСН81-05-02-2001)	762383
Итого	9169027
Затраты связанные с работой вахтовым методом 3%	275071
Мобилизация 5%	458452
Итого	9902549
Материалы заказчика	0
Итого, с учетом доп. затрат в текущих ценах	9902549

НДС 20%	1782459
ВСЕГО по смете	11685008

Сметный расчет на сооружение резервуара представлен в приложении 1.

Вывод: По расчетам на сооружение резервуара РВС 2000 м³ затрачено 11685008 руб. со всеми отчислениями и выплатами. Достаточно экономно рассчитан проект на резервуар, который будет эксплуатироваться по нормам более 20 лет.

4 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

4.1 Промышленная безопасность

Для выбора производственных факторов при сооружении резервуара РВС 2000 м³ использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [20]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 33.

Разработаем мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов.

Поражение электрическим током.

Электробезопасность, в соответствии с ПУЭ, все электроустановки по условиям делятся на 2 группы:

- электроустановки напряжением до 1000 В (1 кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000 В (1 кВ). При нашем сооружении резервуара, применяемое сварочное оборудование работает от напряжения 380 В, соответственно относиться к 1 категории опасности [27].

В числе наиболее распространенных причин электротравматизма можно выделить следующие:

- появление напряжения там, где его не должно быть в нормальных условиях (на корпусах оборудования, на металлических конструкциях сооружений и т.д.); чаще всего это происходит из-за повреждения изоляции;
- возможность прикосновения к незаземленным частям под напряжением при отсутствии соответствующих ограждений;
- воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей деталью и работником в сетях с напряжением выше 1000 В, если работник находится в непосредственной близости от токоведущих частей;
- другие причины: несогласованные и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под

напряжением без присмотра, допуск к работе на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.

Повышенный уровень шума на рабочем месте.

Шум стал фактором социальной значимости. Длительное воздействие шума вызывает ухудшение и потерю слуха, патологические изменения в вегетативной нервной системе, нарушение периферического кровообращения, гипертонию. Шум в 80 дБ снижает работоспособность, увеличивает колебания артериального давления, резко ухудшает ориентацию в пространстве и восприятие происходящего [25] Уровень шума на рабочем месте сварщика составляет не более 80 дБА и соответствует стандартам.

ПДК вредных веществ

В таблице представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей [32].

ПДК вредных веществ рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

Психофизические факторы. Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по характеру своего действия может одновременно относиться к разным группам. Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной и полуавтоматической сварке вызывают перенапряжение нервной и опорно-двигательной систем организма. Статические нагрузки зависят от веса сварочного инструмента (электрододержателя, полуавтоматического держателя шланга), гибкости шлангов и проводов, продолжительности непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, на коленях, лежа на спине).

4.2 Пожарная безопасность

Главной причиной возникновения чрезвычайных ситуаций на объекте сооружения резервуара является пожар.

Источниками зажигания, приводящими к пожарам на взрывопожароопасных объектах, могут являться:

- разряды атмосферного электричества;
- фрикционные искры;
- самовозгорание пирофорных отложений;
- открытое пламя и искры;
- короткое замыкание кабеля или воздушных линий электропередач, проходящих в непосредственной близости от резервуарных парков;
- преступные действия людей и др. [24]

При эксплуатации резервуаров должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные ВППБ 01-03-96 [3], СП 155.13130.2014 [9].

Проведение огневых работ на территории резервуарного парка допустимо исключительно в строгом соответствии с требованиями ВППБ 01-03-96 [9].

Противопожарное оборудование делится на устройства для пенного пожаротушения и устройства для охлаждения резервуаров. Оборудование для пенного пожаротушения должно быть установлено на резервуарах в соответствии с требованиями СП 155.13130.2014 [9] в составе стационарных автоматических или передвижных установок пожаротушения.

По пожарной и взрывопожарной опасности резервуарный парк относится к категории повышенная взрывопожароопасность (А). В качестве средств пожаротушения на территории резервуарного парка: баки-дозаторы «Гобсек» – генератор пены ГПС-2000 87 – пожарная вышка ПВ-10 "Феникс" У по ТУ 4854-011-54883547-11 [36], огнетушители воздушно-пенные ОВП-4.

4.3 Требования охраны труда

В соответствии с Приказом Министерства труда №883н от 11 декабря 2020 года, работодатель, исходя из специфики своего строительного производства и характеристик объекта, обязан оценить профессиональные риски, связанные со

следующими опасностями, в рамках процедуры управления системой управления охраной труда и промышленной безопасностью:

Работодатель обязан проверить наличие и достаточность информации в документации, представленной им в рамках специальной оценки условий труда (СОУТ) для выявления потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов строительного производства. Перечень вредных и (или) опасных производственных факторов строительного производства может быть расширен работодателем, исходя из специфики его строительного производства и характеристик объекта.

4.4 Молниезащита резервуаров и защита от статического электричества

В качестве обеспечения вопросов электробезопасности для резервуаров наиболее актуальны:

- молниезащита;
- защита от статического электричества;
- защитное заземление.

Меры защиты от электротравм:

- оградительные устройства;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;
- знаки безопасности.

Применение указанных защитных мер обеспечивает электробезопасность при монтаже и сварочном производстве РВС.

Защита от статического электричества представляет собой комплекс мер по молниезащите резервуаров с нефтепродуктами и конструкция молниеотводов должна соответствовать требованиям Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122–87 [8]. На каждое заземляющее устройство, находящееся в эксплуатации, должен быть паспорт, содержащий схему устройства, основные технические данные, результаты проверки его состояния, информацию о характере ремонта и изменениях, внесенных в конструкцию заземляющего устройства. Для защиты резервуаров от вторичных проявлений молнии корпус (стенка) должен быть подключен к заземлению для защиты от прямых ударов молнии.

Защиту от высоковольтного дрейфа по трубопроводу осуществляют путем присоединения их на входе в резервуар к ближайшему заземляющему устройству защиты от прямых ударов молнии. При установке нового молниеотвода во время эксплуатации необходимо сначала изготовить заземлитель и токоотводы, затем установить молниеприемник и сразу же присоединить его к токоотводу. Во время грозы запрещается приближаться к молниеотводам ближе, чем на 4 м, о чем возле резервуара или отдельно стоящего молниеотвода должны быть вывешены предупреждающие знаки.

В ходе эксплуатации резервуаров с металлическими или неметаллическими понтонами электропроводящие элементы понтонов должны быть надежно заземлены. Осмотр и техническое обслуживание защитных устройств должны проводиться одновременно с осмотром и техническим обслуживанием технологического оборудования, электрооборудования и электропроводки. Проверка электрического соединения понтона с землей проводится не реже одного раза в год, одновременно с проверкой заземления резервуара путем измерения омического сопротивления заземляющего устройства, предназначенного для защиты понтона исключительно от статического электричества.

Сопротивление не должно превышать 100 Ом. Для электрической связи понтона с корпусом резервуара применяют гибкий медный провод типа МГ сечением не менее 6 мм².

4.5 Охрана окружающей среды

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявим предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений. В целях снижения загрязнения атмосферы выбросами углеводородов необходимо принять меры по снижению потерь нефтепродуктов, как представлено в таблице 33.

Таблица 33 – Мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов

Наименование мероприятия	Сокращение потерь, %
Оснащение резервуаров с бензинами, имеющих большую оборачиваемость, понтонами	80 – 90
Оборудование резервуаров со светлыми нефтепродуктами, имеющих большую оборачиваемость, дисками-отражателями	20 – 30
Герметизация резервуаров и дыхательной арматуры, своевременный профилактический ремонт трубопроводов и запорной арматуры	30 – 50
Окраска наружной поверхности резервуаров покрытиями с низким коэффициентом излучения	27 – 45
Одновременная окраска внутренней и внешней поверхностей резервуара	30 – 65
Герметизация налива в транспортные средства с использованием установки улавливания и рекуперации паров нефтепродуктов из резервуаров	80 – 90

Для достижения нормативов ПДС загрязняющих веществ со сточными водами необходимо принять меры по сокращению количества сбрасываемых сточных вод и увеличению глубины их очистки. Уменьшение количества сбрасываемых сточных вод может быть достигнуто путем повторного использования очищенных сточных вод для производственных нужд и снижения общего расхода воды на эти цели, предотвращения утечки нефтепродуктов из-за утечек запорной арматуры, фланцевых, муфтовых соединений, сварных соединений, коррозионных повреждений резервуаров и трубопроводов; из-за переливов, сварных стыков, коррозионных повреждений резервуаров и трубопроводов; вследствие переливов, что приведет к уменьшению количества загрязненных нефтепродуктами производственно-ливневых стоков, сбрасываемых в канализационную сеть.

otlichnici.ru | info@otlichnici.ru

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой, технологической части работы были представлены исходные данные сооружения резервуара РВС 2000 м³, дана характеристика объекта, описаны основные технологические решения, дана характеристика размеров резервуара, обоснована технология строительства резервуара типа РВС 2000 м³;

В результате работы было рассмотрено сооружение вертикального стального резервуара объемом 2000 м³. В качестве материала конструкции использовалась легированная сталь 09Г2С. Резервуар рассчитан на действие ветровых, снеговых и других нагрузок, выбраны оптимальные размеры, а также выполнены проверки на прочность и устойчивость. Кроме того, резервуар оснащен оборудованием, позволяющим ему выполнять все основные технологические функции.

Для монтажа резервуара в действующей технологии используется ручная дуговая сварка, поскольку швы имеют большую длину, в качестве альтернативного способа сварки предлагается рассмотреть механизированную сварку в среде защитного газа проволокой сплошного сечения.

Стальную каркасную коническую крышу устанавливают на резервуары диаметром от 10 до 25 м. Угол наклона образующей крыши к горизонтальной поверхности выполняется с уклоном от 1:12 (4,76°) до 1:6 (9,46°). Крепление настила крыши по периметру осуществляется через обвязочный элемент жесткости. Покрытие выполняется из плоских трапециевидальных щитов заводского изготовления, опирающихся по периметру стенки резервуара и на центральную стойку через центральное кольцо.

Покрытие резервуара проектируем в виде щитов, состоящих из листов толщиной $t = 4$ мм, уложенных на каркас из двутавра, швеллеров и уголков. Щиты опираются на верхнее кольцо центральной стойки и корпус резервуара. Щит является трапециевидальной рамой с основными радиальными ребрами из прокатных двутавров. В кольцевом направлении располагаются поперечные ребра из мелких номеров прокатного швеллера.

Во второй, расчетной части работы, произведены расчеты толщины стенки резервуара, нагрузок, действующих на резервуар, расчет на устойчивость, проведен расчет покрытия резервуара, расчет днища резервуара, выбрано и обосновано оборудование резервуара.

В третьей, экономической части работы составлена ведомость подсчета трудоемкости работ, произведена калькуляция трудовых затрат, составлена ведомость материального обеспечения производства работ, представлен график продолжительности выполнения работ, составлена объективная смета, сводный сметный расчет стоимости сооружения резервуара.

В четвертой части по охране труда и промышленной безопасности были разработаны мероприятия по промышленной безопасности, описаны меры по пожарной безопасности, охарактеризованы требования охраны труда, разработаны и обоснованы меры по молниезащите резервуаров и защите от статического электричества, а также представлены мероприятия по охране окружающей среды.

На основании локального сметного расчета, определена стоимость по сооружению резервуара РВС 2000 м³, составляющая 11685008 руб. со всеми отчислениями и выплатами. Достаточно экономно рассчитан проект на резервуар, который будет эксплуатироваться по нормам более 20 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. М.: Стандартинформ, 2016. 56 с.
2. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
3. ГОСТ 27772-2021. Прокат для строительных стальных конструкций.
4. ГОСТ Р 70061-2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Оборудование горно-шахтное.
5. ГОСТ Р ИСО 4014-2013 Болты с шестигранной головкой.
6. ГОСТ 33259—2015. ГОСТ 1536—76 Фланцы судовых трубопроводов. Присоединительные размеры и уплотнительные поверхности.
7. СНиП 2.01.07-85*" Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция (утв. Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр) (ред. от 30.05.2022)
8. СП 131.13330.2020 Строительная климатология. – [Электронный ресурс] – URL: <http://sniprf.ru/sp131-13330-2020>
9. СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов.
10. Горбань, Н. Н. Нормативное обеспечение безопасности стальных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов / Н. Н. Горбань, Г. Г. Васильев, М. А. Лежнев // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 9. – С. 148-151.
11. Горбулин, Р. П. Нормирование точности геодезических измерений и строительного-монтажных работ при возведении стальных резервуаров под нефтепродукты / Р. П. Горбулин, А. И. Уваров // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25. – № 4. – С. 19-26.
12. Инновационные конструктивные решения изотермических резервуаров для хранения сжиженных газов / А.В. Алипов, Н.В. Четвертухин, А.В. Коломыцев, И.И. Симонов, В.А. Функ, Г.Г. Аракелян, Ю.Б. Тормасов // Совершенствование

проектирования и строительства металлических резервуаров: сб. докл. междунар. конференции 19-22 ноября 2019 г. – Уфа: Нефтегазовое дело, 2019. – 142 с.

13. Инновационные методы сооружения резервуаров для хранения опасных веществ / Х. М. Ханухов, Н. В. Четвертухин, В. А. Функ [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2020. – № 5(234). – С. 33-37.

14. Исследование влияния хлопнунов на напряженно-деформированное состояние конструкций резервуаров / М. И. Нуриев, И. А. Порываев, А. Н. Авренюк [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2022. – Т. 20. – № 2. – С. 94-101. – DOI 10.17122/ngdelo-2022-2-94-101. – EDN ВУУРСР.

15. К вопросу о критериях оценки осадки резервуаров // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении : Материалы международной научно-технической конференции, Новочеркасск, 29–31 мая 2018 года. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2018. – С. 168-174

16. Карпунин, В. Г. Прочность и долговечность вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов при неравномерной осадке фундамента / В. Г. Карпунин // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12. – № 9. – С. 127-138.

17. Коковин, А. Н. Эффективность современной молниезащиты резервуарных парков и резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / А. Н. Коковин // Дальневосточная весна – 2019 : материалы 17-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности, Комсомольск-на-Амуре, 05 июня 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – С. 156-159.

18. Кузеев, И. Р. Анализ стандартной методики прогнозирования ресурса вертикальных стальных резервуаров по критерию циклической прочности / И. Р. Кузеев, А. А. Рябов // Нефтегазовое дело. – 2017. – Т. 15. – № 4. – С. 150-156.

19. Кулигина, Е. С. Расчет сопряжения стенки цилиндрического резервуара с днищем методом перемещений / Е. С. Кулигина // Молодой ученый. – 2016. – № 24(128). – С. 89-91.

20. Кусаков, А. А. Оценка возможности расчета показателей качества нефтепродуктов в резервуарах / А. А. Кусаков // Нефть и газ – 2021 : Сборник тезисов, Москва, 26–30 апреля 2021 года. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, 2021. – С. 488-489.

21. Лапшин А.А., Колесов А.И., Агеева М.А. Конструирование и расчет вертикальных цилиндрических резервуаров низкого давления – Нижний Новгород, ННГАСУ, 2009.

22. Латыпова, Л. Л. Влияние землетрясений на вертикальные стальные резервуары для хранения нефти / Л. Л. Латыпова, И. Э. Лукьянова // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2018 : сборник трудов международной научно-технической конференции: в 2-х томах, Октябрьский, 30 марта 2018 года. – Октябрьский: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2018. – С. 236-239

23. Лобовиков, А. В. Назначение и классификация резервуаров / А. В. Лобовиков // Наука через призму времени. – 2021. – № 12(57). – С. 29-30.

24. Луцешин, Д. А. Расчет вероятных зон действия волны давления при взрыве резервуара при воздействии на него очага пожара (BLEVE) / Д. А. Луцешин // Аллея науки. – 2018. – Т. 7. – № 5(21). – С. 8-10.

25. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Резервуары стальные вертикальные для хранения нефти и нефтепродуктов объемом 1000-50000 куб. м. Нормы проектирования: РД- 23.020.00-КТН-018-14: утв. ОАО АК «Транснефть». – Москва: ОАО АК «Транснефть», 2014. – 118 с.

26. Мирзаев, И. Г. Расчет потерь от испарения горизонтально-цилиндрических резервуаров / И. Г. Мирзаев, З. Т. Зулунов, М. Е. к. Турдиева // Научный аспект. – 2020. – Т. 17. – № 2. – С. 2173-2179.

27. Михайлова, В. А. Современные требования при проектировании вертикальных стальных резервуаров / В. А. Михайлова, И. Э. Лукьянова // Нефтегазовый терминал : Сборник научных трудов международной научно-

технической конференции имени профессора Н.А. Малюшина, Тюмень, 15 марта 2019 года / Под общей редакцией М.А. Александрова. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 220-223.

28. Молниезащита нефтяных резервуаров / Е. Ким, В. Калинин, И. Русинов [и др.] // ТехНадзор. – 2015. – № 11(108). – С. 448-450.

29. Особенности расчета объема (вместимости) защитного ограждения резервуара (группы резервуаров) / А. Леонтович, В. Меняйлов, Е. Попова [и др.] // ТехНадзор. – 2015. – № 11(108). – С. 462-463.

30. Плотникова, Г. В. Проблемы установления причины пожаров резервуаров / Г. В. Плотникова // Научный дайджест Восточно-Сибирского института МВД России. – 2019. – № 3(3). – С. 165-171.

31. Разработка имитационной модели системы заземления и молниезащиты резервуаров для хранения нефти с учетом неоднородности грунта / И. С. Сухачев, П. В. Чепур, С. В. Сидоров [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2021. – № 9. – С. 133-136.

32. Расчет резервуарного парка нефтебаз и нефтеперекачивающих станций в системе магистрального нефтепровода: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / Г. М. Гаджиев, Ю. А. Горинов, А. М. Кайдаков. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2019. – 56 с.

33. Расчет фактического предела огнестойкости ограждающей стены с волноотражающим козырьком группы мазутных резервуаров / С. А. Швырков, Я. И. Юрьев, А. П. Петров, В. П. Назаров // Пожаровзрывобезопасность. – 2021. – Т. 30. – № 6. – С. 73-86.

34. Рубцова, К. Л. Проектирование и монтаж фундаментов РВС / К. Л. Рубцова // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых- 2017 : Сборник научных статей / Ответственный редактор А.А. Горохов. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2017. – С. 228-231.

35. Рындин, В. В. Расчет резервуара РВС на прочность в системе Mathcad / В. В. Рындин, З. Каримова, Ю. П. Макушев // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 1. – С. 63-74.

36. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020664376 Российская Федерация. Расчет частоты возникновения пожаров при нормальном функционировании системы "РВС-ЛВЖ" : № 2020663587 : заявл. 03.11.2020 : опубл. 12.11.2020 / А. Н. Елизарьев, Д. А. Тараканов, Д. А. Тараканов [и др.]. – EDN GGLHBR.

37. Тарасенко, А. А. Анализ возможности использования численного метода расчета для обоснования работоспособности крыши резервуара / А. А. Тарасенко, П. В. Чепур, А. А. Грученкова // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом / Ответственный редактор А. Н. Халин. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 173-177.

38. Тарасенко, М. А. Прогнозирование термодинамической устойчивости металла вертикальных стальных резервуаров при хранении товарной нефти / М. А. Тарасенко, А. А. Тарасенко // Нефтегазовый терминал : Сборник научных трудов международной научно-технической конференции магистрантов им. профессора Н.А. Малюшина, Тюмень, 10 марта 2018 года / Под общей редакцией М.А. Александрова. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 275-277.

39. Терегулов, М. Р. Повышение эксплуатационной надежности и ресурсосбережение при сооружении резервуаров / М. Р. Терегулов, Д. А. Русских, Н. И. Садыков // Трубопроводный транспорт углеводородов : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 30 октября 2020 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2020. – С. 43-46.

40. Федорян, А. В. Сооружение и ремонт резервуарных парков, терминалов и газохранилищ. Строительство / А. В. Федорян. – Москва-Берлин : ООО «Директ-Медиа», 2021. – 176 с.

41. Хижняков, В. И. О влиянии краевого эффекта узла сопряжения стенки резервуара с днищем на эксплуатационную надежность РВС-2000 / В. И. Хижняков, А. В. Негодин, Р. Ю. Бакшанский // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – Т. 24. – № 3. – С. 99-113. – DOI 10.31675/1607-1859-2022-24-3-99-113. – EDN QHERJO.

42. Чепур, П. В. Численный метод расчета сферической щитовой крыши резервуара / П. В. Чепур, А. А. Тарасенко, А. В. Юргевич // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 4-2. – С. 275-280.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Локальный сметный расчет

Форма №4ер

СОГЛАСОВАНО:

" _____ " _____ 2022г.

УТВЕРЖДАЮ:

" _____ " _____ 2022 г.

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ №3

(локальная смета)

на

Строительство основания резервуара для дизельного топлива РВС-2000

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: Проект на строительство резервуара

ООО «ННК – Сахалинморнефтегаз»

4	ФЕР 27-01-002-01	гидрофобного слоя толщиной 20 см приприготовлении ее: из песчаных, супесчаных грунтов (взят слой по 10 см два раза) (не учтена смесь битумно-грунтовая, код 407-9020)	1000 м ² оснований или покрытия	1,55	5218,7 162,9	684,52 63,89	4371,3	8083,74	252,36	1060,32 98,97	6771,05	19,1	29,59
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
5	ФЕР 27-04-001-01	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев	100 м ³ материала оснований	0,78	2282 126,07	2143,72 177,53	12,2	1766,26	97,58	1659,24 137,41	9,44	15,72	12,17
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
6	ФСС 81-04-2001	Песок для строительных работ природный средний(код 408-0141) (Добавить в ФЕР 27-04-001-01)	1 м ³	77,4	59,99		59,99	4643,3			4643,3		
7	ФСС 81-04-2001	Вода (код 411-0001) (Исключить из ФЕР 27-04-001-01)	1 м ³	3,87	-2,44		-2,44	-9,45			-9,45		
8	ФСЭ М81-01-	Машины поливомосочные 6000 л. (код 121601) (исключить из ФЕР 27-	маш-час.	0,58	-110	-110		-63		-63			
						-11,6			-6,64				

	2001	04-001-01)												
Раздел 2: Монтаж свайного поля под РВС-2000														
9	ФЕР 04-01-038-03	Шнековое бурение станками типа ЛБУ-50 глубиной бурения до 20 м в грунтах группы 3	100 м	5,2	15643	3600,92	11283	83606,6	4336,10	20597,26	58673,2	78,8	450,74	
					758,06	545,13				3118,14				
	ОЗП*	1,10												
	ЭМ,	1,10												
	МАТ*	1,00												
	ТЗ*	1,10												
10	ФСС 81-01-2001	Долота шнековые диаметром 250 (код 109-0137) (Добавить в ФЕР 04-01-038-03)	шт.	0,5	699,6		699,6	349,3			349,3			
11	ФСС 81-01-2001	Долота шнековые (код 109-0135) (Исключить из ФЕР 04-01-038-03)	шт.	0,5	-585,5		-585,5	-292,3			-292,3			
12	ФЕР 05-01-095-08	Установка в скважины стальных свай объемом: до 0,55 м ³	1 м ³ свай	21,18	893,13	147,51	711,43	18915,6	724,11	3124,11	15067,4	3,68	77,94	
					34,19	5,24				110,98				
	ОЗП*	1,00												
	ЭМ,	1,00												
	МАТ*	1,00												
	ТЗ*	1,00												
13	ФСС 81-01-2001	Труба стальная электросварная прямошовная 219х8,0 длиной по 12м (код 103-	м	456	299,5		299,5	136572			136572			

		0192)											
14	ФСС 81-01-2001	Труба стальная электросварная прямошовная 159х5,0 длиной по 9м (код 103-2494)	м	180	169,91		169,91	30583,8		30583,8			
15	ФЕР 05-01-063-01	Заполнение цементно-песчаной смесью полости свай	1 м ³	17,97	58,45	41,53	0	1049,94	303,93	746	0	2	35,93
					16,92	4,43				79,58			
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
16	ФЕР 06-01-082-15	Приготовление сухой цементно-песчаной смеси (1:8)	100 м ³ раствора	0,18	15622	1993,95	11841	2811,99	321,71	358,91	2131,37	229,14	41,25
					1787,3	519,1				93,44			
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
17	ФСС 81-04-2001	Песок для строительных работ природный средний(код 408-0141) (Добавить к ФЕР 06-01-082-15)	1 м ³	22,5	59,99		59,99	1349,78			1349,78		
18	ФСС 81-04-2001	Песок для строительных работ природный (код 408-0143) (Исключить из	1 м ³	22,5	-54,95		-54,95	-1236,4			-1236,4		

23	01-2001	(код101-3227) (Добавить к ФЕР 22-02-001-07)	1 т	4,71			109998	517693			517693		
24	ФСС 81-01-2001	Мастика (код 101-9090)(Исключить из ФЕР 22-02-001-07)	1 т	4,71	-3317		-3317	-15609			-15609		
25	ФСС 81-01-2001	Холсты стекловолокнистые маркиВВ-Г (код 104-1593)	10 м ²	127,2	-10,71		-10,71	-1362,3			-1362,3		
26	ФСС 81-01-2001	Материалы гидроизоляционные рулонные (код 113-9051)(Исключить из ФЕР 22-02-001-07)	м ²	1399,2	-22,53		-22,53	-31524			-31524		
Раздел 4: Уборка шлама из скважин													
27	ФЕР 01-02-081-	Погрузка разрыхленных взрыванием	100 м ³ грунта	0,25	3203,9 2634,2	569,71 60,46	0	784,95	645,37	139,58 14,81	0	331,76	81,28
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00		0,79									
	ТЗ*	1,00											
	ФССЦп г81-01-	Перевозка грузов автомобилями самосвалами г/п 10т, работающих вне				2,91				82,26			

33	01-2001	9400) (Исключить изФЕРм38-01-002-01))	1 т	3,75			-5500	-20606			-20606		
33	ФЕР 09-03-030-01	Монтаж балок и прогонов	1 т конструкци	3,68	1084,2	635,21	89,74	5447,96	1385,35	3733	329,62	39,13	150,91
					359,21	63,91				375,59			
	ОЗП*	1,05											
	ЭМ,	1,60											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,05											
34	ФСС 81-01-2001	Балка 18Б2 из стали 09Г2С (код 101-1807) (Добавить в ФЕР 09-03-030-01)	1 т	3,68	6102		6102	22412,7			22412,7		
35	ФСЭ М81-01-2001	Краны козловые при работе на монтаже технологического оборудования 32 т. (код 020403) (Исключить из ФЕР 09-03-030-01)	маш-час.	0,37	-120,6	-120,6				-44,27			
						-15,42				-44,27			
Раздел 6: Антикоррозионные работы по защите ростверка													
36	ФЕР 13-06-003-01	Очистка поверхности щетками	1 м ² очищае мой поверхн ости	139,83	7,68	0	0	1073,86	1073,86	0	0	0,9	125,84
					7,68	0				0			
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
	ФЕР 13-		1 м ² очищае		1,12	0,27				37,75			

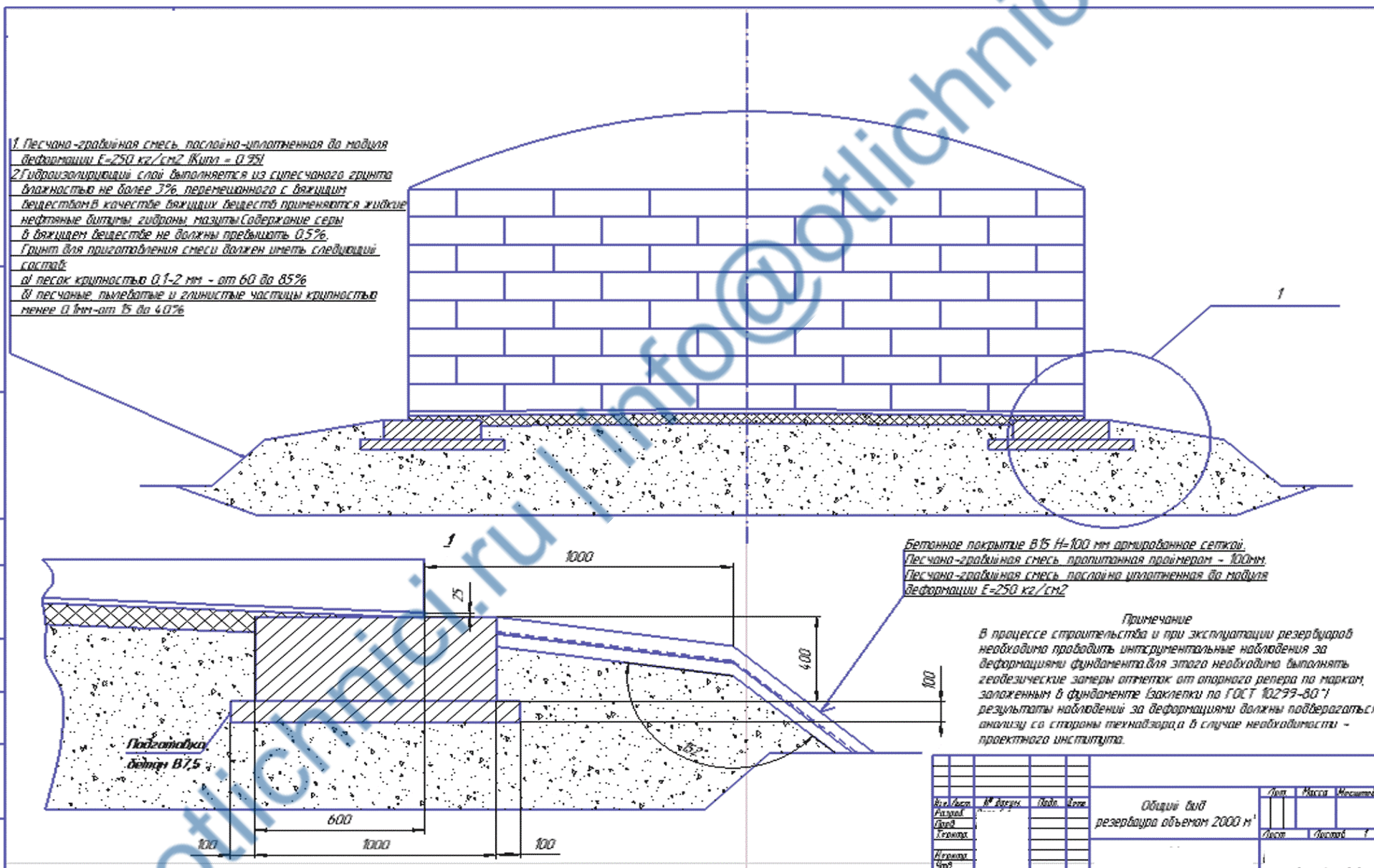
	ТЗ*	1,00												
Раздел 7: Покрытие из железобетонных плит														
41	ФЕР 27-06-001-02	Устройство дорожных покрытий из сборных железобетонных плит прямоугольных площадью: до 3 м ²	100 м ³ сборных железобетонных плит	0,24	11746	9380,11	1203,4	2760,25	273,12	2204,33	282,81	136,25	32,02	
					1162,2	803,56				188,84				
	ОЗП*	1,00												
	ЭМ,	1,00												
	МАТ*	1,00												
	ТЗ*	1,00												
42	ФСС 81-04-2001	Плиты железобетонные для покрытий автомобильных дорог (код 403-6010) (Плита ПДН-АтVI)	100 м ³	0,235	964000		964000	226540			226540			
43	ФСС 81-04-2001	Плиты сборные железобетонные (код 403-9138) (Исключить из ФЕР 27-06-001-02)	м ³	23,5	-2615		-2615	-61448			-61448			
44	ФСС 81-01-2001	Бетон тяжелый, класс В27,5 (М350) (код 401-0010) (Исключить из ФЕР 27-06-001-02)	м ³	0,08	-730		-730	-56,61			-56,61			
45	ФСС 81-04-2001	Раствор готовый отделочный тяжелый, цементный 1:3 (код 402-0078) (Исключить из ФЕР 27-06-001-02)	м ³	0,13	-497		-497	-66,57			-66,57			

43	ФЕР 06-01-083-06	Приготовление тяжелого отделочного раствора, цементного 1:3	100 м ³ раствора	0,57	23578	1969,65	19821	13439,1	1018,76	1122,7	11297,7	229,14	130,61
					1787,3	516,38				294,34			
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
44	ФЕР 06-01-080-13	Приготовление тяжелого бетона класса В27,5 (М350)	100 м ³ бетона	0,24	34235	2046,65	29835	8045,18	553,03	480,96	7011,18	301,71	70,90
					2353,4	408,74				96,05			
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
Раздел 8: Гидроизоляция поверхности плит под днищем РВС-2000													
45	ФЕР 11-01-004-01	Устройство гидроизоляции оклеечными рулонными материалами	100 м ² изолир уемой поверхности	0,86	2750,8	321,32	1909	2349,11	444,46	274,41	1630,24	46,18	39,44
					520,45	5,27				4,50			
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
46	ФСЭ М81-01-2001	Подъемники г/п до 500 кг(код 030954) (Исключить из ФЕР 11-01-004-01)	маш-час.	0,34	-31,26	-31,26		-10,41		-10,41			
						-13,5				-4,50			
47	ФЕР 27-10-007-03	Приготовление гидрофобного слоя	100 м ³ смеси (в рыхлом состоянии)	0,09	12501	1888,77	10560	1100,03	4,54	166,21	929,28	5,9	0,52

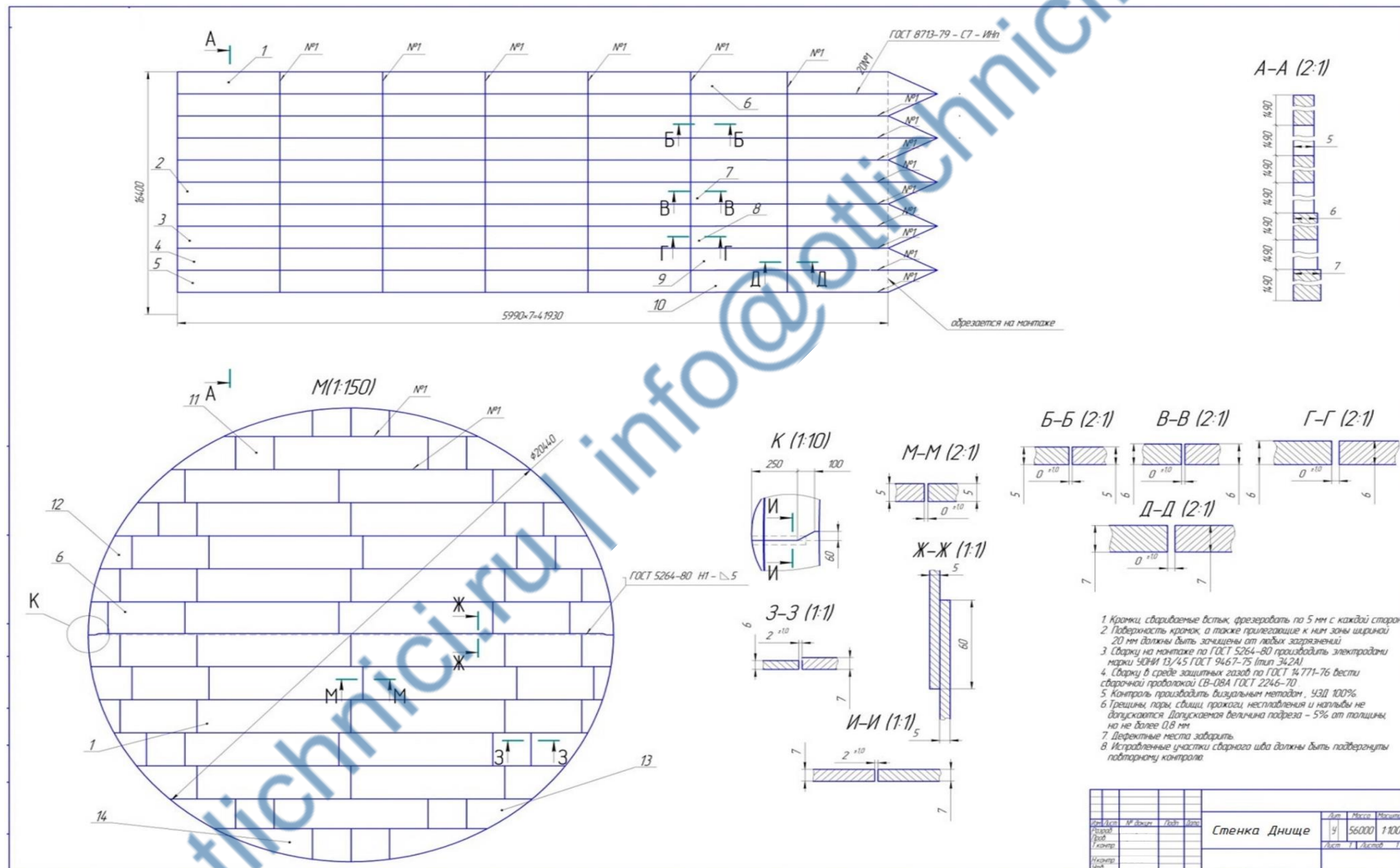
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
48	ФСС 81-01-2001	Битум нефтяной строительный марки БН-70/30 (код 101-0074)	т	0,9	1525,5		1525,5	1367,95			1367,95		
49	ФСС 81-01-2001	Добавка поверхностно-активная (каменноугольный деготь) Д-6 (код 101-1570)	т	0,09	1712,2		200000	153,54			153,54		
50	ФЕР 27-01-002-01	Устройство гидрофобного слоя толщиной 10 см при приготовлении ее: из песчаных, супесчаных грунтов	1000 м ² основания или покрытия	0,085	5218,7	684,52	4371,3	443,59	13,85	58,18	371,56	19,1	1,62
					162,92	63,89				5,43			
	ОЗП*	1,00											
	ЭМ,	1,00											
	МАТ*	1,00											
	ТЗ*	1,00											
Раздел 9. Вахтовая надбавка													
51	ОРД 7.2-410-	Вахтовая надбавка	чел. час	1686,3	12,5				21078,32				
					12,5								
Итого прямые затраты по смете в ценах 01.01.2001г.								106202	36341,5	47694,	99921		1686,3
								1		2	7		
Итого прямые затраты по смете с учетом коэффициентов для перехода к ценам 1 кв. 2022								759345	259841,6	341013,4	714440		
								0			3		
Накладные расходы (К=1,18 по табл. 1МДС 81.34.2004)								35298					
								4					

Сметная прибыль (K=0,65 по п.2.1 и п.2.3 МДС 81.25.2001)	19444 1					
Итого по смете:						
Итого Монтажные работы	143722					
Итого Строительные работы	7449729					
Итого	7593450					
В том числе:						
Материалы	7144403					
Машины и механизмы	341014		341014			
ФОТ	259842	259842				
Накладные расходы	352984					
Сметная прибыль	194441					
Временные здания и сооружения (п.1.3. приложения 1 ГСН 81-05-01-2001) 3,5%	265771					
Производство работ в зимнее время (K=9,3x1,08=10,04% по п.1.1 ГСН81-05-02-2001)	762383					
Итого	9169027					
Затраты связанные с работой вахтовым методом 3%	275071					
Мобилизация 5%	458452					
Итого	9902549					
Материалы заказчика	0					
Итого, с учетом доп. затрат в текущих ценах	9902549					
НДС 20%	1782459					
ВСЕГО по смете	11685008					

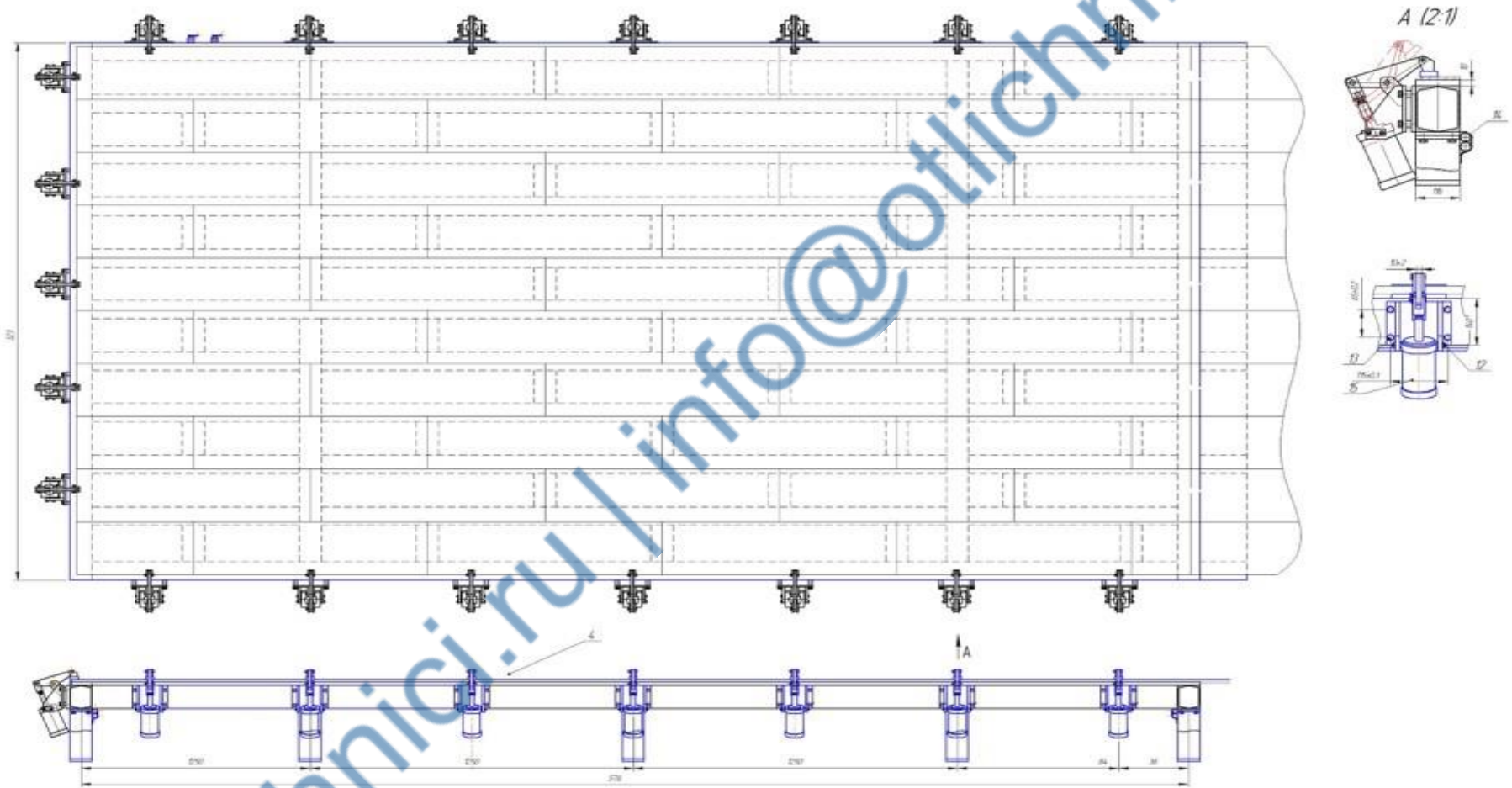
ПРИЛОЖЕНИЕ Б



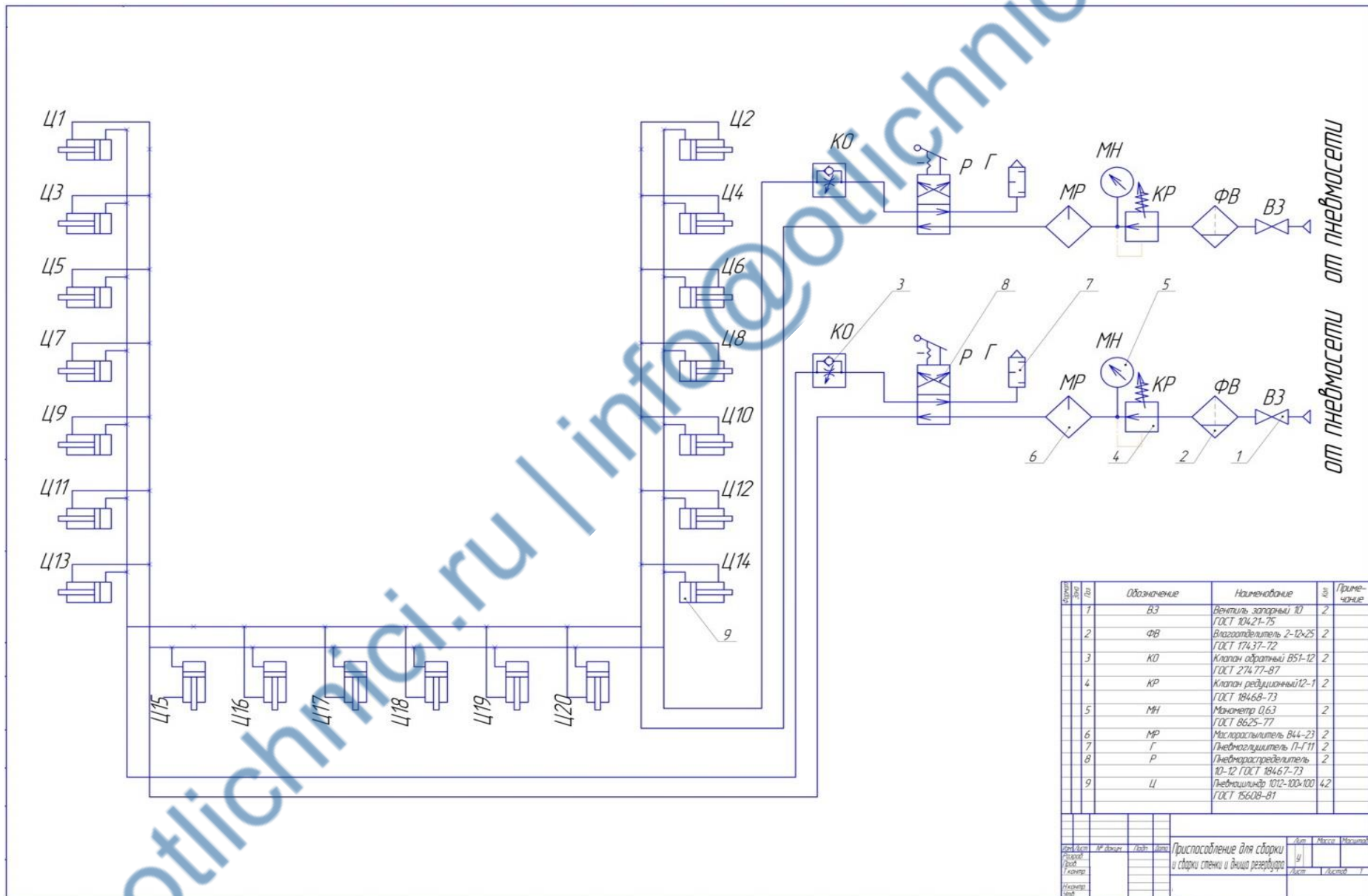
ПРИЛОЖЕНИЕ В



ПРИЛОЖЕНИЕ Г



ПРИЛОЖЕНИЕ Д



№	Обозначение	Наименование	№	Примечание
1	ВЗ	Вентиль запорный 10 ГОСТ 10424-75	2	
2	ФВ	Влагоотделитель 2-12x25 ГОСТ 17437-72	2	
3	КО	Клапан обратный В51-12 ГОСТ 27477-87	2	
4	КР	Клапан редукционный 12-1 ГОСТ 18468-73	2	
5	МН	Манометр 0,63 ГОСТ 8625-77	2	
6	МР	Манометр 0,63 ГОСТ 8625-77	2	
7	Г	Пневмоцилиндр П-Г11	2	
8	Р	Пневмораспределитель 10-12 ГОСТ 18467-73	2	
9	Ц	Пневмоцилиндр 1012-100x100 ГОСТ 15608-81	4,2	

Исполн.	Провер.	Место	Масштаб	Лист	Листов

Приспособление для сборки и сборки стелки и выноса резервуара