

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«Ухтинский государственный технический университет»

Кафедра проектирования и эксплуатации магистральных газонефтепроводов



**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело

**ТЕХНОЛОГИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МГ «ГОРЬКИЙ – ЦЕНТР»  
НА УЧАСТКЕ ПРИОКСКОГО ЛПУМГ С ОПТИМИЗАЦИЕЙ  
ПРОЦЕССА ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПОЛОСТИ ТРУБОПРОВОДА**

Выполнил

Никулин Виталий Юрьевич, студент гр. НГД-экспл-183-Б

Руководитель

Терентьева Марина Владимировна, доцент кафедры ПЭМГ, канд. техн. наук

Утвердил

Исупова Екатерина Владимировна, зав. каф. ПЭМГ, к.т.н., доцент

УХТА 2023

**Цель работы** – Разработать комплекс ремонтных работ магистрального газопровода «Горький – Центр», Ду 1200 мм на участке 76,57-106,11 км.

## **Задачи ВКР:**

- 1 Разработать технологию проведения ремонтных работ с выводом магистрального газопровода из эксплуатации.
- 2 Расчетными методами определить толщину стенки трубопровода и проверить прочностные характеристики трубопровода.
- 3 Рассмотреть возможность оптимизации технологии проведения работ по очистке полости магистрального газопровода только с одного входного отверстия трубы с применением специального очистного устройства.
- 4 Разработать мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ.

Участок работ расположен в Нижегородской области Вачского района.

## Предусмотренные работы на участке МГ:

1. замену линейной части магистрального газопровода «Горький – Центр», на участке 76,57-106,11 км общей протяженностью: 29,54 км.
2. замену линейного крана №77 DN1200 Pраб. 5,4 МПа на ПК0+0.0;
3. замену линейного крана №106 DN1200 Pраб. 5,4 МПа на ПК297+39.5.

## Параметры участка газопровода

- диаметр: 1220 мм;
- рабочее давление: 5,4 МПа;
- категория газопровода: I, II, III, IV;
- температура транспортируемого газа: +16°C /+10°C;
- трубопровод проложен подземно;
- класс прочности материала трубы: K56;
- толщина стенки: 10,5 мм, 11 мм, 12 мм, 15,2 мм;
- временное сопротивление разрыву: 550 МПа;
- предел текучести: 410 МПа;
- труба – прямошовная;
- дата ввода в эксплуатацию: 1974 г.

Рассматриваемый газопровод входит в газотранспортную систему ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород».

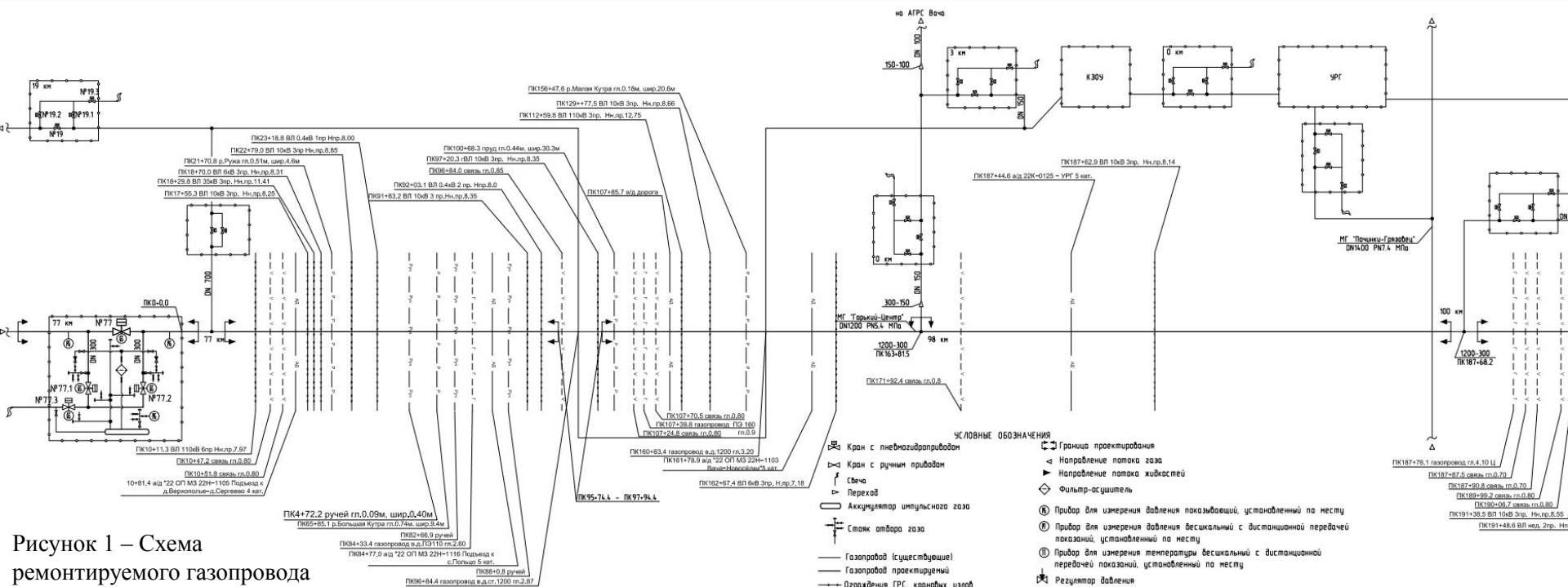


Рисунок 1 – Схема ремонтируемого газопровода

**СОСТАВ РАБОТ ОСНОВНОГО ПЕРИОДА:**

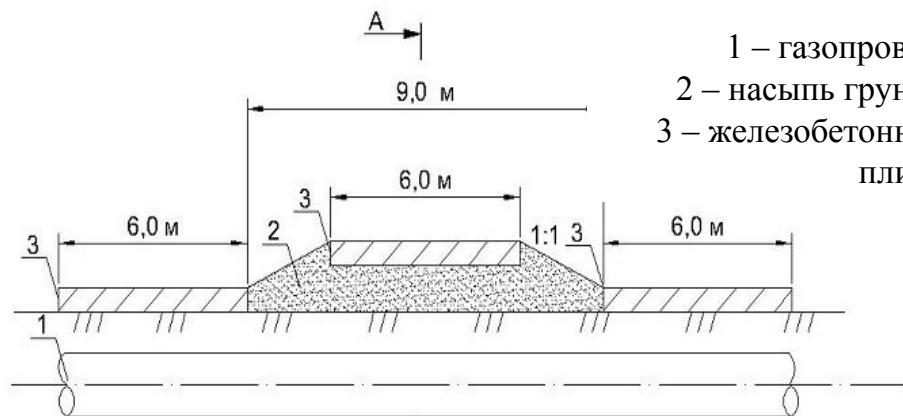
- вывод участка магистрального газопровода из эксплуатации с отсечением от магистрали;
- снятие почвенно-растительного слоя;
- вскрытие существующего газопровода;
- защита подземных коммуникаций, в зоне которых ведутся работы по ремонту;
- устройство временных переездов через подземные коммуникации;
- подъем одиночных труб, отсеченных от МГ на бровку траншеи на ремонтируемом участке, демонтаж балластировки;
- организация водоотлива на участках с высоким уровнем грунтовых вод;
- вырезка дефектных участков газопровода;
- сборочно-сварочные работы с применением новых труб в заводской изоляции в местах замены труб;
- контроль качества сварных стыков;
- изоляция сварных стыков термоусаживающимися манжетами в местах установки труб с заводской изоляцией;
- балластировка при помощи утяжелителей сборных железобетонных охватывающего типа УБО-УМ-1220 и полимерно-контейнерных устройств ПКБУ-МКС-1220;
- замену узла запорной арматуры №77 DN1200 на газопроводе к с монтажом системы резервирования импульсного газа;
- замену узла запорной арматуры №106 DN1200 на газопроводе с монтажом системы резервирования импульсного газа;
- гидравлические испытания газопровода;
- обратная засыпка;
- рекультивация;
- подключение участка газопровода к магистрали.

Рисунок 3 – Автокран КС-35714-«Ивановец»

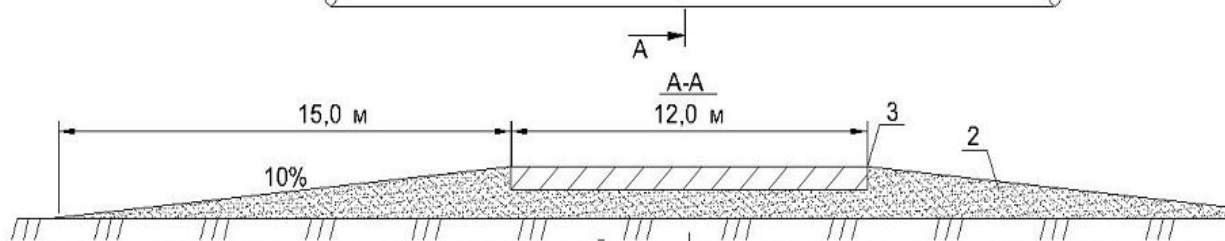


Рисунок 4 – Трактор МЛ-148

Рисунок 2 - Конструкция и параметры переезда через действующие подземные коммуникации



- 1 – газопровод;
- 2 – насыпь грунта;
- 3 – железобетонные плиты



**ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ**

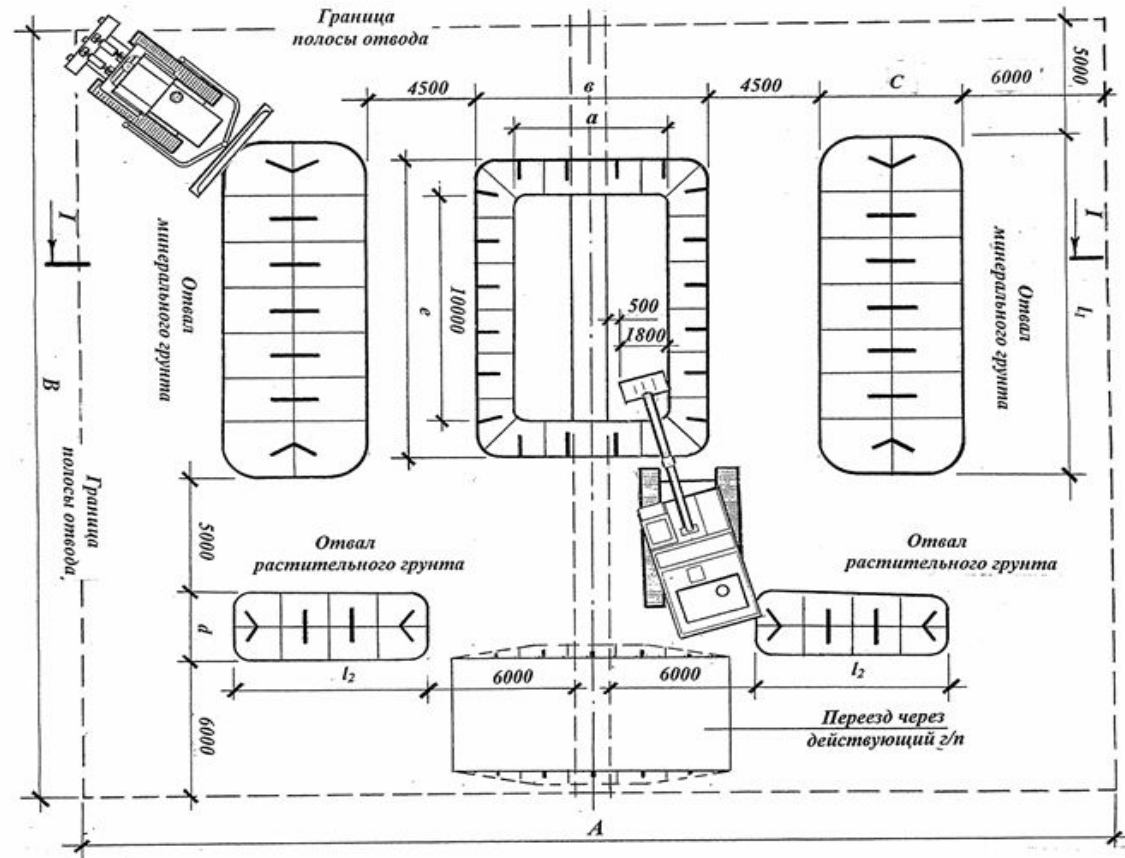
Рисунок 6 -  
Экскаватор  
«Четра»  
ЭГП 230



Рисунок 7 -  
Траверса  
10МВТ1/4-60,0/180

Земляные работы выполняются механизированным способом в соответствии с требованиями СП 86.13330.2014, СП 45.13330.2017, СТО Газпром 2-2.3-231-2008, СП 49.13330.2010.

Рисунок 5 -  
Схема  
производства  
земляных  
работ по  
вскрытию  
газопровода



## СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

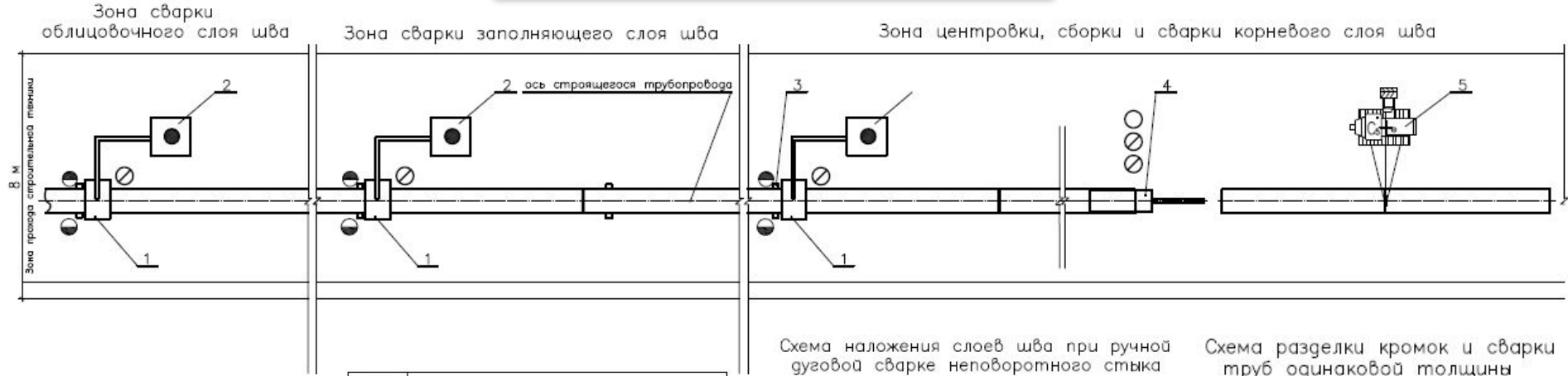


Рисунок 8 – Технологическая схема сварочных работ

●	рабочее место эл. сварщика
⊗	рабочее место машиниста трубоукладчика
⊙	рабочее место монтажника
○	рабочее место бригадира
1	палатка-укрытие
2	агрегат сварочный АС-81Т
3	инвентарные подкладки (лежки)
4	наружный центратор ЦЗН-1220
5	кран-трубоукладчик

Схема наложения слоев шва при ручной дуговой сварке неповоротного стыка

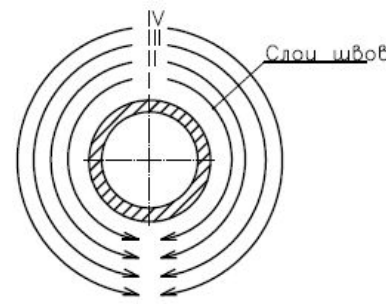


Схема разделки кромок и сварки труб одинаковой толщины

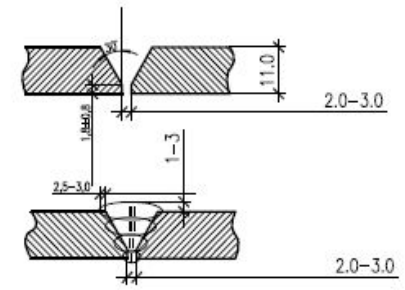


Таблица 1 – Минимальное число слоев шва при сварке электродами с основным видом покрытия

Толщина стенки трубы, мм	Минимальное число слоев
от 3,0 до 7,0 включ.	2
св. 7,0 до 12,0 включ.	3
св. 12,0 до 15,0 включ.	4
св. 15,0 до 18,0 включ.	5
св. 18,0 до 20,0 включ.	6
св. 20,0	в соответствии с операционно-технологической картой сборки и сварки, но не менее 6

Ручная дуговая сварка электродами с основным видом покрытия выполняется постоянным током обратной полярности, число слоев шва - 4 слоев.

## ИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАБОТЫ

### Состав работ по нанесению изоляционного покрытия:

1. очистить поверхность металлической трубы от грязи и рыхлой (пластовой) ржавчины, а также остатков старого эпоксидного праймера способом пескоструйной очистки;
2. создание шероховатости полиэтиленового покрытия с последующим удалением пыли путём обдува;
3. очищенную стальную поверхность нагревают до температуры 90-95°C и покрывают эпоксидным праймером;
4. затем термоусаживаемое полотно оборачивают вокруг стыка на незатвердевший эпоксидный праймер снизу вверх, прикатывая роликом, не допуская пустот и отслоений, край нахлёста должен располагаться на "11" или "13" часов, и ориентирован сверху вниз;
5. манжета замыкается в кольцо при помощи гибкой замковой пластины (входящей в комплект манжеты);
6. выполняется термоусадка полотна, прогревая его мягким пламенем горелки, начиная с нижней точки стыка, выгоняя силиконовым валиком воздух, попавший под поверхность полотна.

Термоусаживающая манжета Терма СТМП предназначена для антикоррозионной защиты сварных стыков трубопроводов, смонтированных из стальных труб с заводским антикоррозионным покрытием.

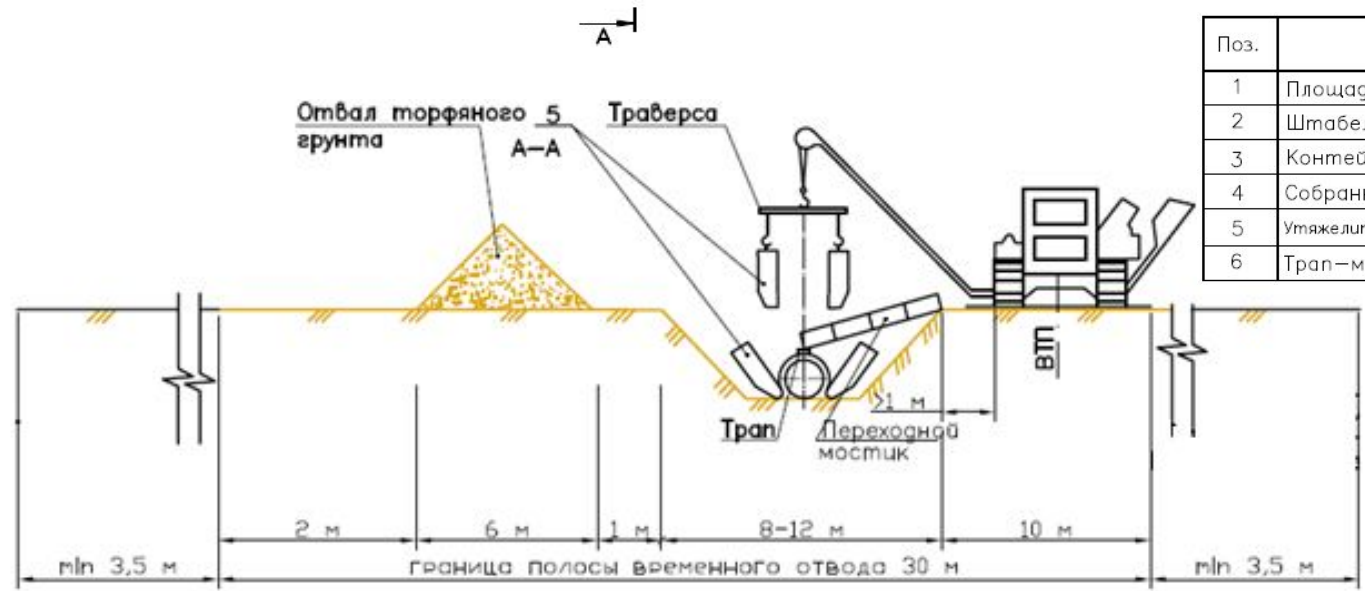
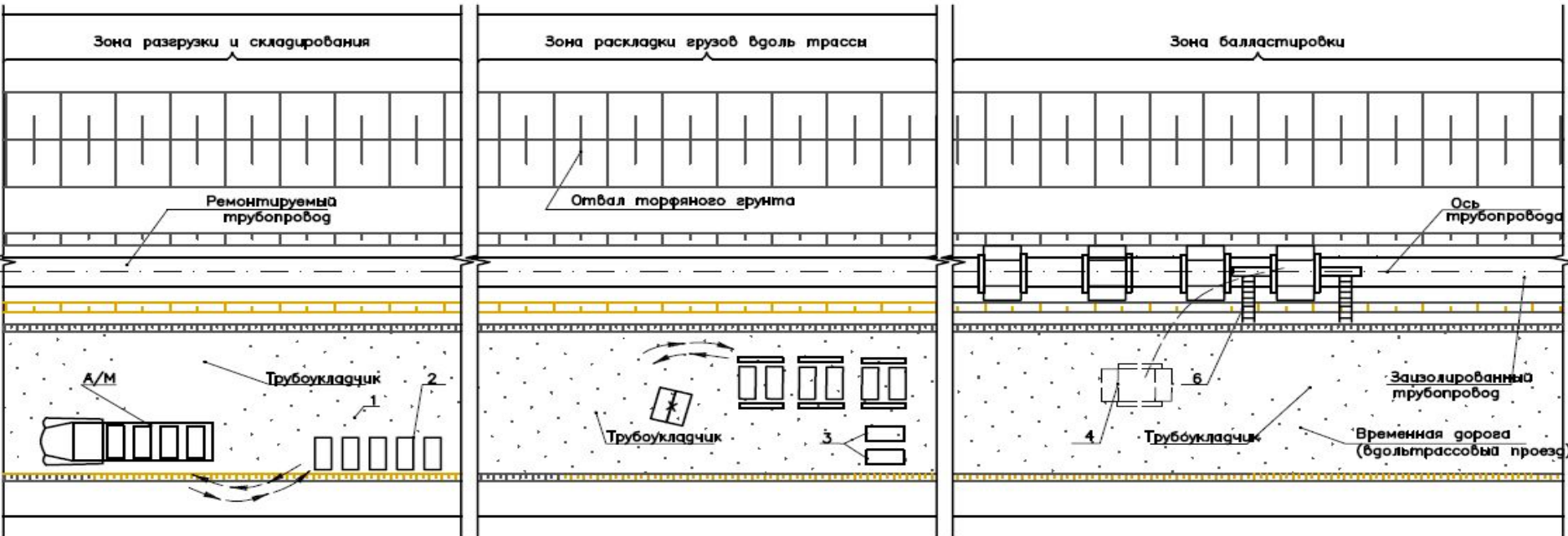


Рисунок 9 -  
Термостойкая  
радиационно-  
модифицированная  
мастичная лента  
«Деком-Кор»



Рисунок 10 – Нанесение термоусаживающих манжет

Направление производства работ →

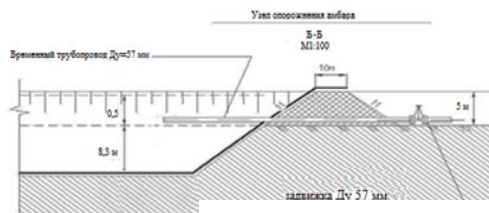
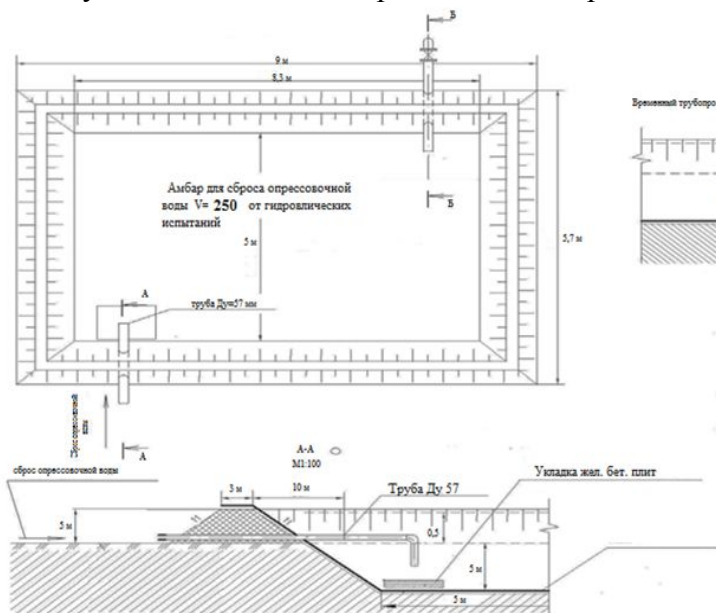


Поз.	Наименование
1	Площадка для складирования утяжелителей
2	Штабель утяжелителей
3	Контейнеры с деталями утяжелителей
4	Собранный утяжелитель
5	Утяжелитель УБО 1220, установленный на трубопровод
6	Тран-мостик

Рисунок 11 - Технологическая схема работ по балластировке газопроводе



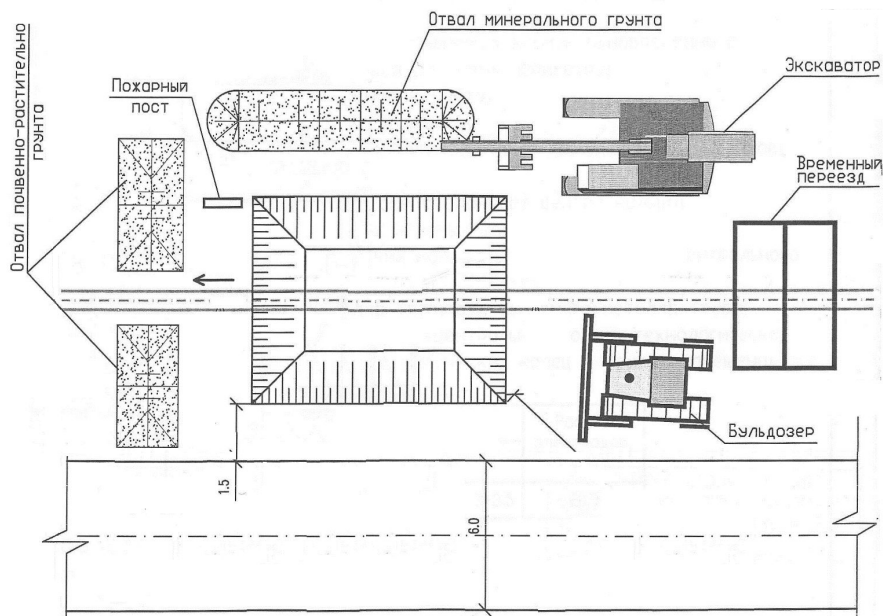
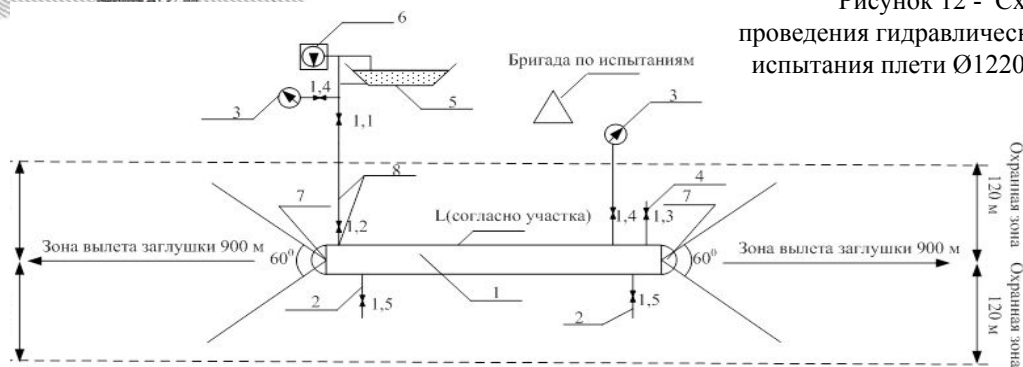
Рисунок 14 – Схема амбара для слива опрессовочной трубы



## ИСПЫТАНИЕ ГАЗОПРОВОДА

Предварительные испытания отремонтированного участка МГ производим гидравлическим способом.

Рисунок 12 - Схема проведения гидравлического испытания плети Ø1220 мм



## ОБРАТНАЯ ЗАСЫПКА ГАЗОПРОВОДА

Работы по засыпке газопровода проводят в 2 этапа:

- I. присыпка газопровода экскаватором «Четра» ЭГП 230 разрыхленным мягким грунтом слоем 0,2 м над верхней образующей трубы;
- II. засыпка траншеи бульдозером Б10М до проектных отметок.

Рисунок 13 - Схема производства земляных работ при обратной засыпке газопровода

Расчетная толщина стенки труб  $\delta$ , см :

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2 \cdot (R_1 + n \cdot P)}$$

где  $R_1$  - расчетное сопротивление металла труб растяжению, 386,99 МПа.

Продольное осевое напряжение от расчётных нагрузок и воздействий  $\sigma_{пр.N}$ , МПа определяем по формуле:

$$\sigma_{пр.N} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu_{пл} \cdot \frac{n \cdot p \cdot D_{ВН}}{2 \cdot \delta} = -116 \text{ МПа}$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения, град<sup>-1</sup>,  $\alpha=0,000012$  град<sup>-1</sup> ;

$E$  – модуль упругости материала трубы, МПа,  $E=206000$  МПа;

$\Delta t$  – расчётный температурный перепад, °С,  $\Delta t=30$ °С;

$\mu_{пл}$  – коэффициент поперечной деформации Пуассона пластической стадии работы металла,  $\mu_{пл}=0,5$ .

Коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб  $\Psi_1$ , определяется по формуле:

$$\Psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left( \frac{|\sigma_{пр.N}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{|\sigma_{пр.N}|}{R_1} = 0,470088$$

Расчётная толщина стенки с учётом влияния осевых напряжений равна:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2 \cdot (\Psi_1 \cdot R_1 + n \cdot P)} = 0,01013 \text{ м}$$

Принимаем значение толщины стенки в соответствии с сортаментом  $\delta = 12,2$  мм.

**Проверка трубопровода на недопустимые пластические деформации.**

$$\sigma_{кц}^H \leq \frac{m}{0,9 \cdot k_H} \cdot R_2. \quad 264,6 < 429,52 \text{ МПа.}$$

где  $R_2$  - расчетное сопротивление металла труб сжатию, 288,5 МПа.

**Условие проверки трубопровода на недопустимые пластические деформации выполняется.**

**Проверка трубопровода на прочность**

$$\sigma_{пр.N} \leq \Psi_2 \cdot R_1$$

$\Psi_2$  – коэффициент, учитывающий двухосное напряжённое состояние металла труб.

$$\Psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left( \frac{\sigma_{кц}}{R_1} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_{кц}}{R_1} = 0,363$$

$\sigma_{кц}$  – кольцевые напряжения от расчётного внутреннего давления, МПа.

$$\sigma_{кц} = \frac{n \cdot p \cdot D_{ВН}}{2 \cdot \delta}, \quad \sigma_{кц} = \frac{1,1 \cdot 5,4 \cdot 1,1956}{2 \cdot 0,0122} = 291,06 \text{ МПа}$$

**116 < 140,5 МПа.**

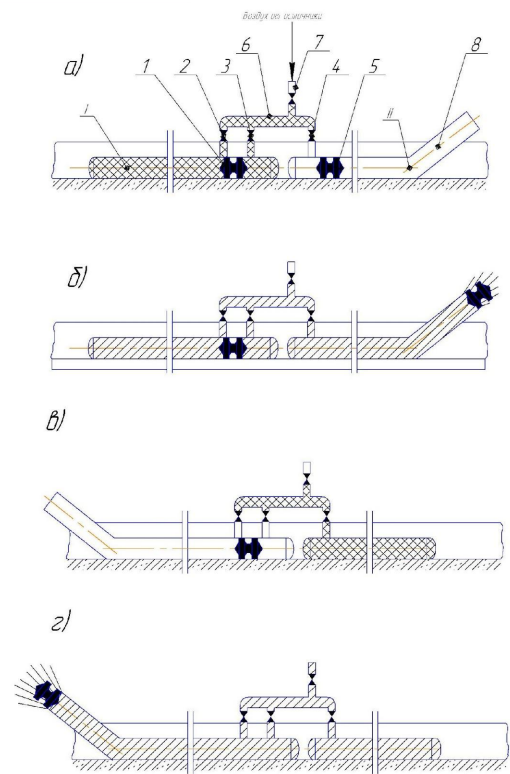
**Условие прочности выполняется.**

Таблица 2 – Исходные данные

Наименование параметра	Значение
Наружный диаметр трубопровода, $D_H$ , мм	1220
Рабочее давление, $P$ , МПа	5,4
Временное сопротивление разрыву, $R_1^H$ , МПа	550
Предел текучести, $R_2$ , МПа	410
Коэффициент условий работы трубопровода, $m$	0,990
Коэффициент надежности по материалу, $k_1$	1,34
Коэффициент надежности по назначению трубопровода, $k_2$	1,05
Коэффициент надежности по нагрузке, $n$	1,10

**Существующие способы очистки полости газопровода**

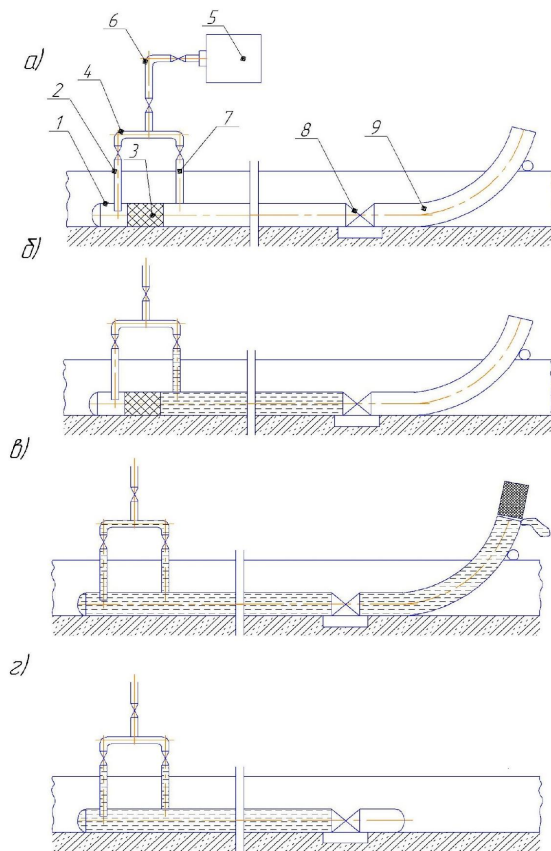
**ПРОДУВКА**



а - участок подготовлен к продувке плеча П;  
 б - выпуск поршня из плеча П;  
 в - участок подготовлен к продувке плеча I;  
 г - выпуск поршня из плеча I;  
 1 и 5 - очистные поршни; 2,3,4 - перепускные патрубki с кранами; 6 - коллектор;  
 7 - подводящий патрубок; 8 - продувочный патрубок.

**Рисунок 16 - Принципиальная схема продувки трубопроводов воздухом**

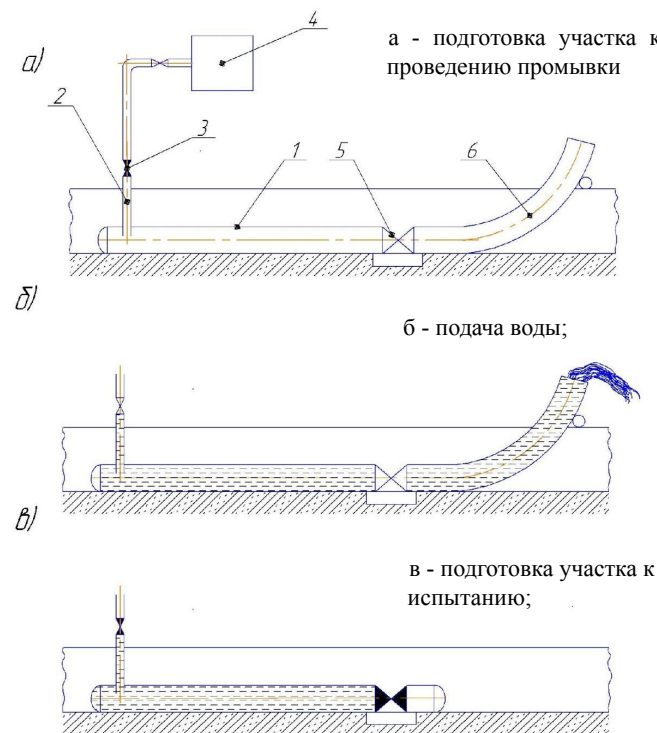
**ПРОМЫВКА**



а - подготовка участка к проведению промывки; б - подача воды перед поршнем-разделителем; в - пропуск поршня-разделителя в потоке воды;  
 г - подготовка участка к испытанию;  
 1 - очищаемый участок; 2 и 7 - перепускные патрубки с кранами;  
 3 - поршень-разделитель; 4 - коллектор; 5 - наполнительные агрегаты;  
 6 - подводящий патрубок; 8 - линейная арматура; 9 - сливной патрубок

**Рисунок 17 - Принципиальная схема производства работ при промывке трубопроводов**

**ПРОДУВКА С ПРОПУСКОМ ОЧИСТНЫХ ПОРШНЕЙ**



а - подготовка участка к проведению промывки

б - подача воды;

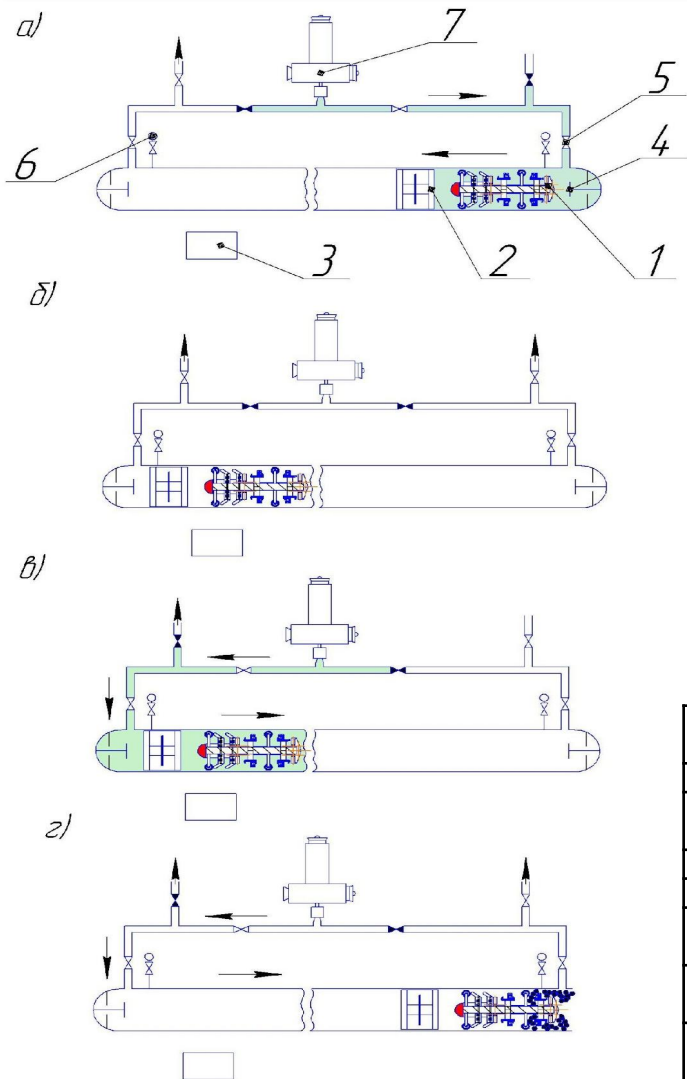
в - подготовка участка к испытанию;

1 - очищаемый участок;  
 2 - подводящий патрубок;  
 3 - кран;  
 4 - наполнительные агрегаты;  
 5 - линейная арматура;  
 6 - сливной патрубок.

**Рисунок 18 - Принципиальная схема промывки без пропуска очистных или разделительных устройств**

# ЗАДАЧА 3. Рассмотреть возможность оптимизации технологии проведения работ по очистке полости магистрального газопровода только с одного входного отверстия трубы с применением специального очистного устройства

## Применение технологии очистки магистрального газопровода по полужакрытой схеме



1 – специальное устройство для диагностики и очистке; 2 – калибровочный диск; 3 – пульт управления и контроля местоположения; 4 – стопорные устройства; 5 - запорная арматура; 6 – манометр; 7 – компрессорная станция

Рисунок 19 – Этапы проведения работ по очистке полости и диагностики трубопровода по полужакрытой схеме с применением специального устройства

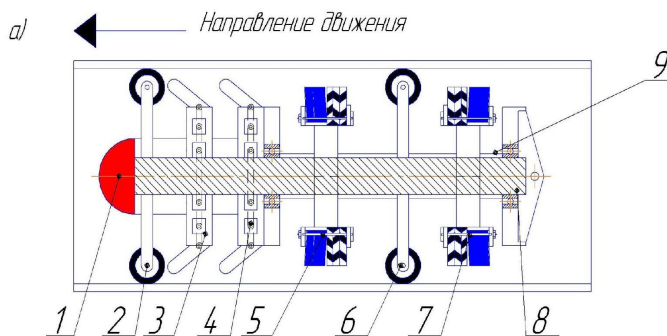


Рисунок 20 – Принципиальная схема устройства для очистки полости, диагностики и контроля внутренней геометрии трубы

1 – аккумулятор, привод вала, датчик положения; 2,6 – колеса на шарнирах; 3 – дефектоскоп; 4 – дефектоскоп контроля геометрии труб; 5,7 – эластичная манжета, металлическая щетка; 8 – вал переключения режима работы; 9 – корпус защиты вала

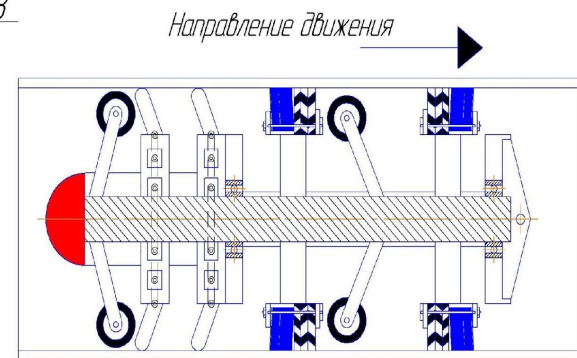


Таблица 3 – Основные параметры устройства для очистки полости, диагностики и контроля внутренней геометрии трубы

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	Рабочий диаметр трубы, мм	1020 - 1220
2	Протяженность трубопровода, диагностика и очистка которого гарантируется за один пропуск, км	до 10
3	Рабочее давление, МПа	до 10
4	Скорость движения устройства, м/с Минимальная/ Максимальная	0,2/4
5	Минимальный внутренний диаметр трубопровода при всестороннем сужении длиной менее $2D_n$ , мм	85% от $D_n$
6	Минимальный радиус поворота цельнотянутого колена трубы на 90грд	$1,5 D_n$
7	Тип дефектоскопа	Дефектоскоп продольного намагничивания ДМТ

### ЗАДАЧА 3. Рассмотреть возможность оптимизации технологии проведения работ по очистке полости магистрального газопровода только с одного входного отверстия трубы с применением специального очистного устройства

#### Расчет необходимого количества воздуха для очистки полости и испытания участка газопровода

#### Исходные данные:

- Диаметр газопровода,  $D_n$ , мм – 1220
- Толщина стенки трубы,  $\delta$ , мм – 12,2 мм
- Длина участка,  $L$ , км – 29,54
- Рабочее давление в газопроводе,  $P_{раб}$ , МПа – 5,4.

Объем внутренней полости газопровода:

$$V = L \cdot \frac{\pi \cdot (D_n - 2\delta)^2}{4} \quad V = 29540 \cdot \frac{\pi \cdot (1,22 - 2 \cdot 0,0122)^2}{4} = 33147,6 \text{ м}^3.$$

Давление воздуха для проведения очистных работ внутренней полости газопровода принимается 0,9 МПа, тогда количество воздуха будет:

$$V_n = V \cdot \frac{P \cdot T_{ст} \cdot Z_{ст}}{P_{ст} \cdot T \cdot Z} \quad V_n = 33147,6 \cdot \frac{9 \cdot 293 \cdot 1}{1,033 \cdot 281 \cdot 0,95} = 316980 \text{ м}^3.$$

$P$  – давление продувки, очистки, кгс/см<sup>2</sup>;

$T_{ст}$  – температура воздуха при стандартных условиях, К, принимается 293К;

$Z_{ст}$  – коэффициент сжимаемости при стандартных условиях, принимается равным 1;

$P_{ст}$  – давление воздуха при стандартных условиях, принимается 0,1 МПа (1,033 кгс/см<sup>2</sup>);

$T$  – средняя температура закачиваемого воздуха на участке, К, принимается 281К;

$Z$  – коэффициент сжимаемости газовой смеси,  $Z = 0,95$ .

Так как при очистке необходимо произвести доставку установки для очистки и диагностики в противоположный конец участка то необходимо в два раза больше воздуха:

$$V_0 = 316980 \cdot 2 = 633960,2 \text{ м}^3.$$

#### Объем газа для испытания:

$$V_u = V \cdot \frac{P_{исп} \cdot T_{ст} \cdot Z_{ст}}{P_{ст} \cdot T \cdot Z}$$

$$P_{исп} = 1,1 \cdot P_{раб}$$

$$P_{исп} = 1,1 \cdot 5,4 = 5,94 \text{ МПа.}$$

$$V_u = 33147,6 \cdot \frac{5,94 \cdot 293 \cdot 1}{1,033 \cdot 281 \cdot 0,95} = 2092068 \text{ м}^3.$$

$$V_{сумм} = 633960,2 + 2092068 = 2726028,2 \text{ м}^3.$$

Общий объем воздуха, необходимый для очистки и испытания участка газопровода протяженностью 29,54 км нагнетаемый воздушной компрессорной станцией ПКС-16/101 составляет 2726028,2 м<sup>3</sup>.

**Таблица 4 – Мероприятия по обеспечению безопасности**

<b>Вид мероприятия</b>	<b>Воздействия объекта</b>	<b>Мероприятия</b>
1	2	3
Условия труда	Движущиеся машины и механизмы; Разрушающиеся конструкции; Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; Повышенный уровень шума; Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок; Наличие горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и газов; Пробой электроизоляции.	Проведение работ на безопасном расстоянии, с устройством специальных ограждений опор; Проведение работ на безопасном расстоянии, с устройством ограждений; Проведение работ с применением техники, которая приводит к запыленности территории на специально отведенных площадках; Ликвидация средств и оборудования, производящих повышенный уровень шума; Ликвидация средств и Бракованных заготовок; Техническое обследование, диагностика и испытание; Ликвидация оборудования и инструментов наносящих разрушение.
Аварийные ситуации	Пожар; Взрыв; Удар молнией; Утечка перекачиваемой среды.	Проведение работ с применением открытого огня в специально оборудованных местах; Строгое и точное соблюдение мероприятия и порядка действия, указанных в проектной и эксплуатационной документации сооружения при его эксплуатации; Проведение работ с применением заземления и строгое и точное соблюдение мероприятия и порядка действия, указанных в проектной и эксплуатационной документации сооружения при его эксплуатации; Проведение работ с применением открытого огня в специально оборудованных местах.
Окружающая среда	Наличие промышленных и бытовых отходов при проведении работ; разрушение почвенного покрова техникой на местности и в русле реки вдоль траншеи; выхлопные выбросы двигателей техники.	Контроль за точным соблюдением технологического регламента производства; контроль состояния воздушной среды необходимо осуществлять по установленному графику (в рабочей зоне открытых площадок, в санитарно-защитной зоне, в районе близлежащих населенных пунктов).

1. Разработана технология проведения ремонтных работ с выводом магистрального газопровода из эксплуатации.
2. Расчетными методами определена толщина стенки трубопровода и произведена проверка прочностных характеристик трубопровода.
3. Рассмотрена возможность оптимизации технологии проведения работ по очистке полости магистрального газопровода с применением специального очистного устройства по полузакрытой схеме.
4. Разработаны мероприятия по обеспечению безопасности производства строительных работ.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**