

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«**Ухтинский государственный технический университет**»
Индустриальный институт (СПО)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
по направлению подготовки 21.02.03 Сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и газонефтехранилищ

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГАЗОПРОВОДА-ОТВОДА К ГОРОДАМ АРХАНГЕЛЬСК, СЕВЕРОДВИНСК 628-637 КМ

Выполнил

А. Н. Четвергов

Технологическая часть

И. С. Леонов

Специальная часть

И. С. Леонов

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Цель работы – Разработка технологического процесса по реконструкции газопровода-отвода к городам Архангельск, Северодвинск.

Задачи ВКР:

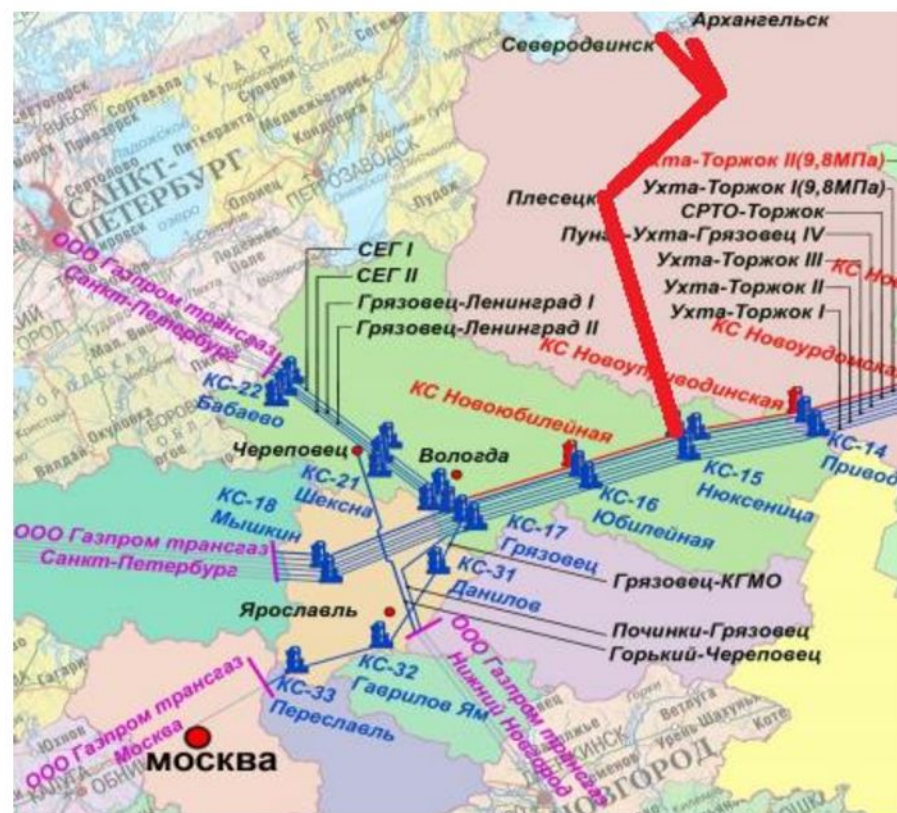
1. Разработать технологию работ по реконструкции рассматриваемого участка газопровода;
2. Произвести прочностной расчет газопровода;
3. Произвести расчет параметров схемы производства укладочных работ;
4. Выбрать эффективную технологию сварочных работ с применением комплекса «Saturnax»;
5. Разработать мероприятия по безопасности и экологичности работы.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ

Газопровод-отвод относится к системе магистральных газопроводов «Ухта - Торжок», построенного для снабжения природным газом городов Архангельск, Северодвинск и других населённых пунктов Архангельской области, а также космодрома Плесецк.

Трасса газопровода-отвода пролегает от КС «Нюксеница» в Вологодской области до городов Архангельск, Северодвинск. Протяженность всего газопровода – 642,7 км. Проектная производительность - 2,5 млрд. куб. м в год.

Реконструкция предусматривает замену труб и неравнопроходной арматуры на 628-637 км.



Исходные данные газопровода

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Протяженность участка реконструкции	9 км
2	Диаметр ремонтируемого газопровода	720 мм
3	Рабочее давление	5 МПа
4	Толщина стенки трубы	12 мм
5	Тип изоляции	ПЭПк-М (НПЭПк-МН)

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ

Организационный:

- получение и рассмотрение проектно-сметной документации;
- заключение договора субподряда на строительство газопровода;
- приемка трассы газопровода в натуре и получения разрешения на строительство от Заказчика;
- разработка и согласование проекта производства работ.

Мобилизационный:

- перебазировка машин, механизмов и оборудования, необходимых для выполнения работ;
- сооружение временных (на период строительства) производственных баз, складов, подъездных дорог и т.д.;
- доставка, приемка и складирование труб, материалов и оборудования;
- изготовление отводов холодного гнутья на станках типа УГТ.

Подготовительно-технологический:

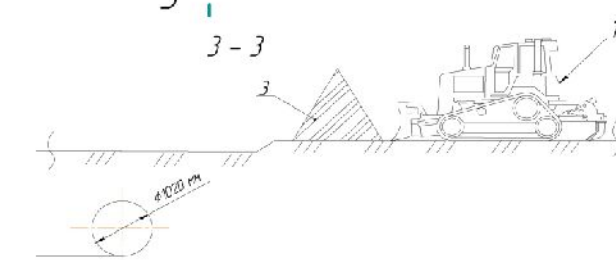
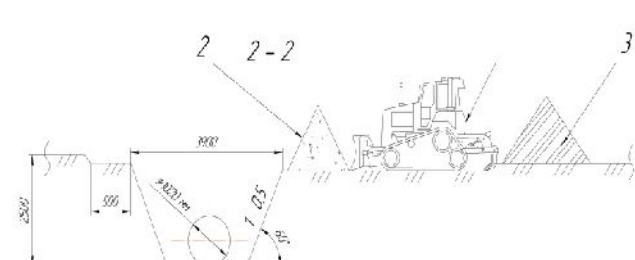
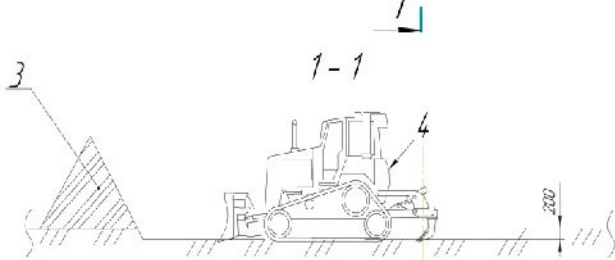
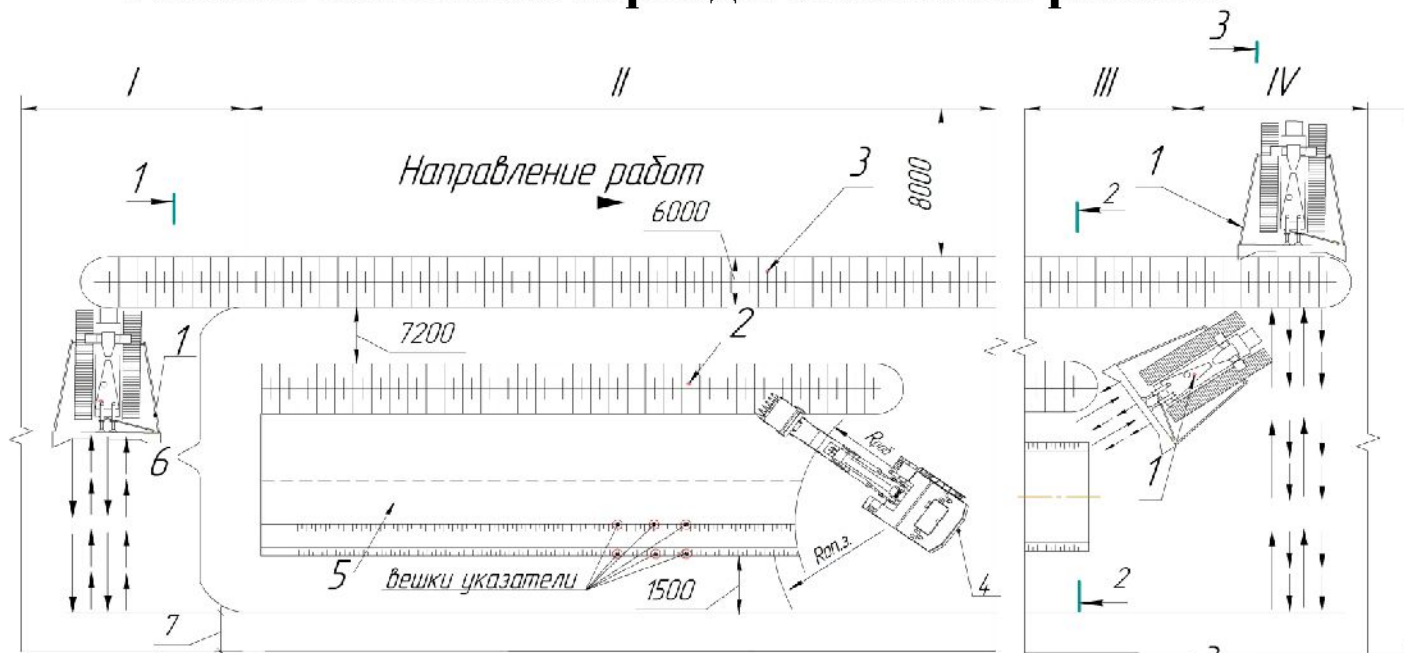
- восстановление и закрепление оси трассы газопровода, разбивка углов поворота, разметка строительной полосы и выноска пикетов за ее пределы;
- расчистка полосы отвода от леса и растительности, корчевка пней;
- снятие в отвал временного хранения плодородного слоя грунта;
- планировка и осушение строительной полосы;
- строительство вдольтрассового проезда;
- сварка труб в секции, либо укрупненная сварка труб на трассе;
- вывозка на трассу труб и трубных секций, отводов холодного гнутья, пригрузов;
- устройство защитных ограждений, обеспечивающих безопасность работы.

Вспомогательные строительно-монтажные работы

- сварочно-монтажные работы на трассе;
- разработка траншей;
- очистка и изоляция зон сварных швов;
- укладка газопровода в траншею;
- монтаж средств ЭХЗ;
- засыпка закрепленного на проектных отметках газопровода;
- очистка полости, испытание и осушка газопровода;
- подготовка к сдаче в эксплуатацию (рекультивация, уборка трассы);
- ввод в действие законченного строительством комплекса сооружений.

Основные строительно-монтажные работы:

Работы основного периода. Земляные работы



- 1-бульдозер;
- 2-отвал минерального грунта;
- 3-отвал почвенно-растительного слоя грунта;
- 4-экскаватор; 5-ось разрабатываемой траншеи;
- 6-полоса снятия почвенно-растительного слоя;
- 7-зона прохода ремонтной техники;
- 8-трубопровод $D_n = 720$ мм

- I-зона срезки почвенно-растительного слоя грунта;
- II-зона вскрытия трубопровода;
- III-зона обратной засыпки;
- IV-зона рекультивации;
- $R_{раб}$ -рабочий радиус экскаватора;
- $R_{оп.з}$ -радиус опасной зоны работы экскаватора;

Схема
производства
земляных работ

ЗАДАЧА 3. ПРОИЗВЕСТИ ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДА

Коэффициенты, принятые для расчета толщины стенки трубы согласно СП 36.13330.2012.

Определение толщины стенки трубопровода

$$\delta = \frac{n_p \cdot p \cdot D_n}{2 \cdot (R_1 + n_p \cdot p)} = 0,011 \text{ м}$$

$$\delta = 12 \text{ мм}$$

n_p - коэффициент перегрузки, $n_p = 1,0$;
 p - внутреннее давление в трубопроводе, $p = 5$ МПа;
 D_n - наружный диаметр трубопровода, мм, $D_n = 720$ мм;
 R_1 - расчетное сопротивление металла труб растяжению, МПа;
 ψ_1 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб.

Проверка прочности и деформаций подземного трубопровода

$$\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} \leq \frac{m}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^{\text{н}}$$

$$|\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}}| \leq \psi_1 \cdot \frac{m}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^{\text{н}}$$

$\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}}$ - максимальные (фибровые) суммарные продольные напряжения в трубопроводе от нормальных нагрузок и воздействий, $\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} = 224,1$ МПа.

$R_2^{\text{н}}$ - нормативное сопротивление сжатию металла труб, $R_2^{\text{н}} = 410$ МПа;

k_n - коэффициент надежности по ответственности трубопровода, $k_n = 1,0$

m - коэффициент условий работы для участков трубопровода категории I, $m = 0,66$

$$224,1 \leq 300,1, \text{ МПа}$$

$$42,5 \leq 300,6 \text{ МПа}$$

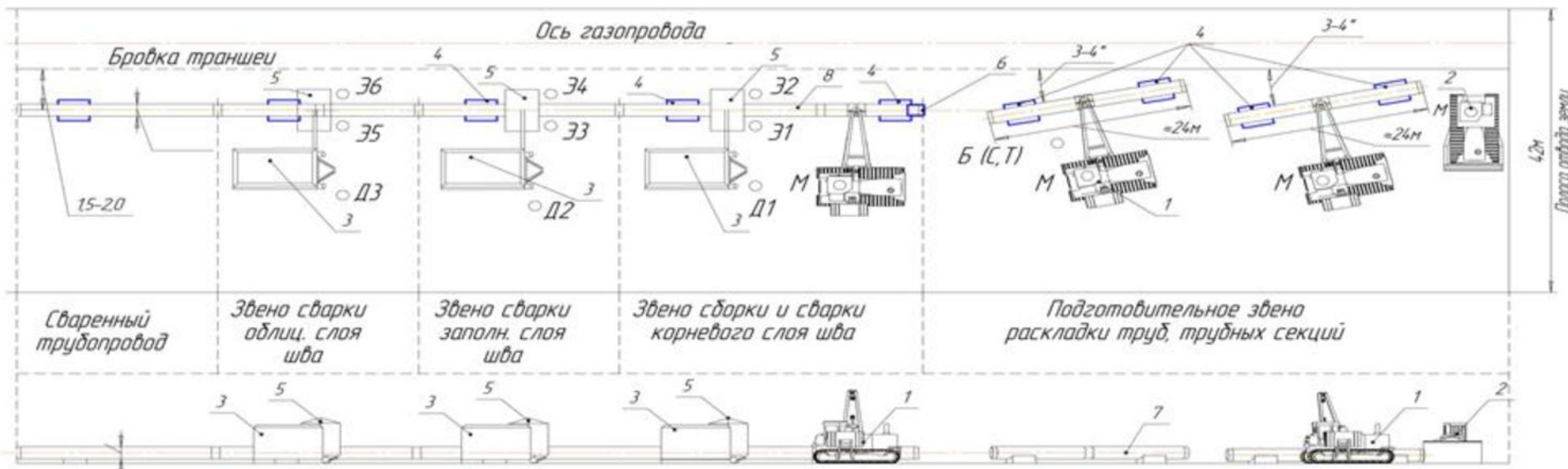
Условие прочности выполняется, недопустимые пластические деформации образовываться не будут.

СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

Работы основного периода. Сварочные работы

Сварочно-монтажные работы при реконструкции газопровода осуществляются:

1. Ручная дуговая сварка корня шва + автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения под флюсом (АФ) последующих слоев на трубосварочной базе.
2. Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе + механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.
3. Ручная дуговая сварка электродами с основным видом покрытия на подъеме.



Рабочий персонал: М – машинисты; Б – бригадир; С – слесарь; Т – такелажник; Э – электросварщик; Д – машинист ДЭС.

- 1 - трубоукладчик; 2 - бульдозер;
- 3 - сварочная станция; 4 - инвентарная опора;
- 5 - укрытие стыка; 6 - центратор;
- 7 - трубная секция; 8 - трубопровод.

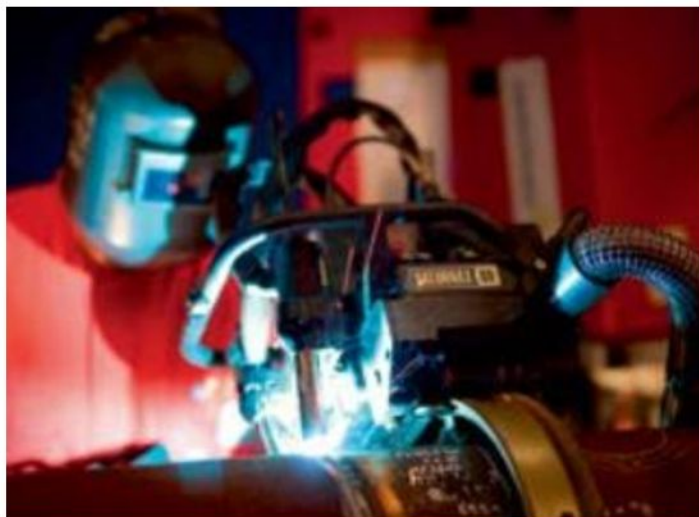
Технология сварки методом STT+ Saturnax 09

СПОСОБ СВАРКИ		
1.	-Корень шва	Электроды марки: TS-6 Ø 0,9 мм типа ER70-G
	- Подварка участков	ЛБ-52У, ОК 53.70 – Ø 3,2 мм; (4,0 мм)
	-Заполняющие облицовочные слои	и Электроды марки: Union K-Nova Ni Ø 1,0 мм типа ER80S-G
2.	Защитные газы	Внутренний (корневой), заполняющие и облицовочные слои шва – 75 %Ar-25 %CO ₂ ; «Горячий проход» - 100 % CO ₂ .

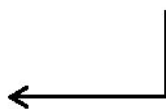
Схема производства сварочных работ

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА «SATURNAX»

Наибольшую эффективность полуавтоматической сварки по процессу STT в среде защитного газа при помощи наружных автоматических головок от SERIMAX получили головки Saturnax 09 .



Работа сварочной головки Saturnax 09



Сварка по процессу STT

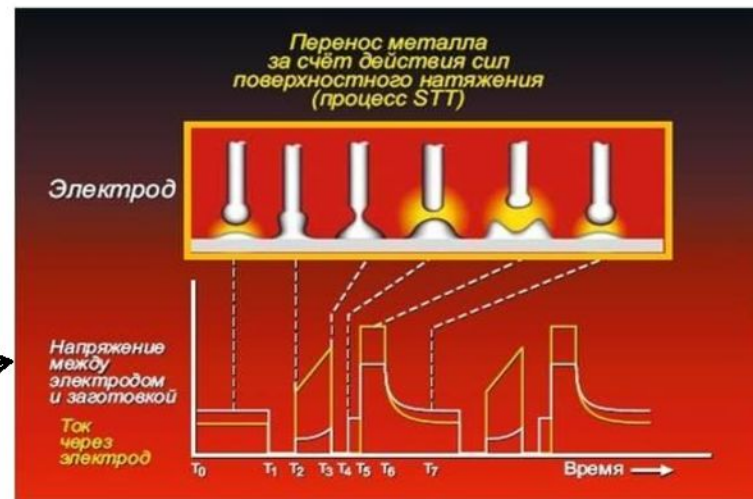
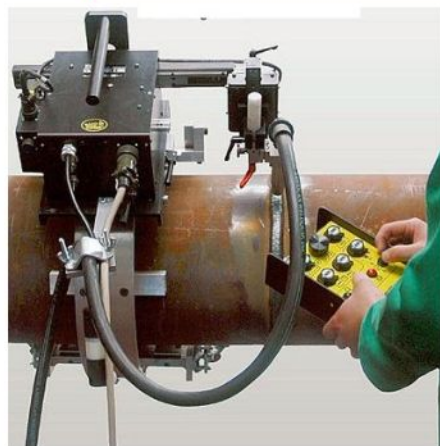


Схема сварочного процесса STT

ПРЕИМУЩЕСТВА СВАРОЧНОГО ПРОЦЕССА «STT»:

- величина сварочного тока регулируется автоматически;
- время реакции системы на изменения, происходящие в сварочной ванне, составляет единицы микросекунд;
- параметры дуги оптимизируются в каждый момент времени в течение всего процесса образования и переноса каждой капли расплавленного металла с электрода в сварочную ванну.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА «SATURNAX»



Общий вид сварочной головки Saturnax 09

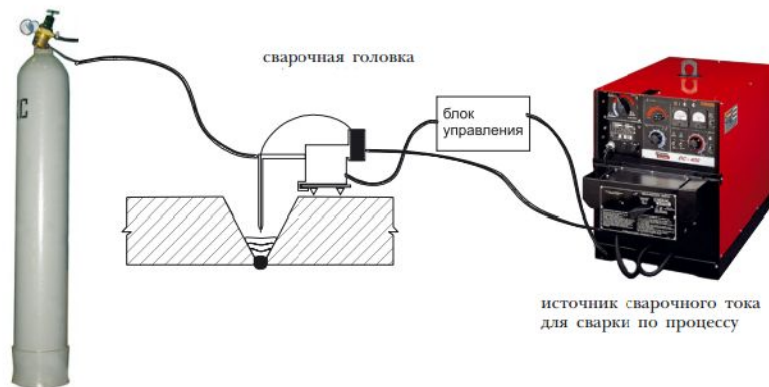
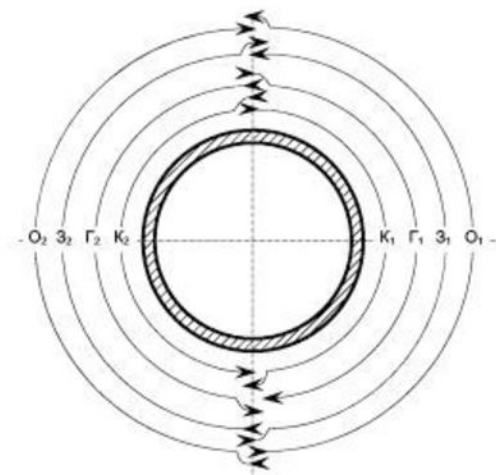


Схема сварки с применением головки Saturnax 09



Пульт управления сварочными головками Saturnax 09



Принимаемый сварочный комплекс:

- две сварочные головки Saturnax 09 ;
- два электронных блока управления параметрами режимов сварки;
- направляющий пояс на две сварочные головки;
- агрегат энергообеспечения с дизель-генератором с двумя специальными источниками сварочного тока инверторного типа (Invertec STT).

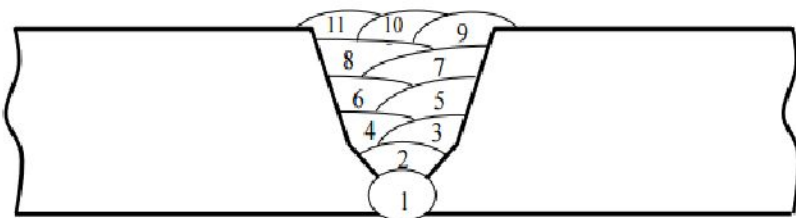


Схема наложения слоев шва

K_1, K_2 - участки корневого слоя на левом и правом полупериметрах трубы; G_1, G_2 - участки «горячего прохода» на левом и правом полупериметрах трубы; Z_1, Z_2 - участки заполняющих слоев на левом и правом полупериметрах трубы; O_1, O_2 - участки облицовочных слоев на левом и правом полупериметрах трубы

Схема сварки головками Saturnax 09 неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

РАСЧЕТ РАСХОДА СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

Расход проволоки на сварку 1 км газопровода:

Исходные данные:

- труба диаметром – 720 мм;
- толщина стенки – 12 мм;
- проволока сплошного сечения диаметром 0,9 мм;
- проволока сплошного сечения диаметром 1 мм;

$$H_{0,9} = (G_k + G_r) \cdot N = 114,3 \text{ кг},$$

$$H_1 = (G_3 + G_o) \cdot N = 687,4 \text{ кг}.$$

G_k - расход электродной проволоки при сварке коренного слоя шва, $G_k = 133,76$ г;

G_r - расход электродной проволоки при сварке «горячего прохода», $G_r = 1210,7$ г.

G_3 - расход электродной проволоки при сварке заполняющего слоя шва, $G_3 = 6546,19$ г.

G_o - расход электродной проволоки при сварке облицовочного слоя шва, $G_o = 1540,44$ г.

N - количество свариваемых стыков на 1 км газопровода, $N = 85$ шт.

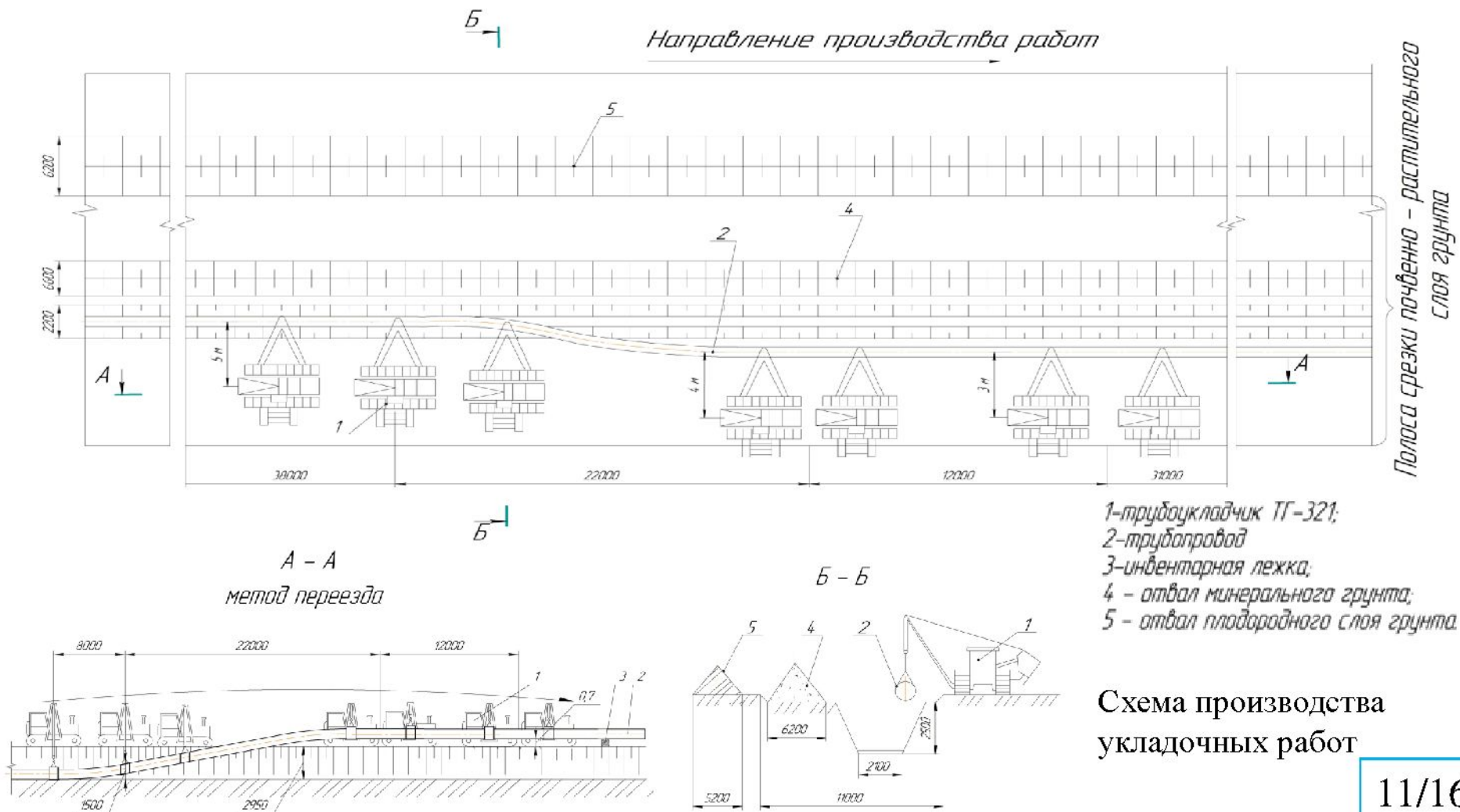
Для сварки 1 км магистрального газопровода из трубы диаметром 720 мм с толщиной стенки 12 мм понадобится: проволоки диаметром 0,9 мм – 114,3 кг; для проволоки диаметром 1 мм – 687,4 кг.

УКЛАДКА ИЗОЛИРОВАННОГО ТРУБОПРОВОДА В ТРАНШЕЮ

Работы основного периода. Укладка изолированного трубопровода в траншею

Изоляция зон сварных швов реконструируемого газопровода - предусматривается термоусаживающимися манжетами:

- ТЕРМА-СТМП в комплекте с замком и праймером по ТУ 2245-046-82119587-2013;
- ТЕРМА-СТАР армированные манжеты по ТУ 2245-048-82119587-2014 производства ЗАО «Терма» г.Санкт-Петербург.



РАССТОЯНИЯ (ПРОЛЁТЫ) МЕЖДУ ГРУППАМИ ТРУБОУКЛАДЧИКОВ (ПО ХОДУ УКЛАДКИ):

- между 1 и 2-ой, 2-ой и 3-ей, – 30,0 м;
- между 3-ей и 4-ой – 25,0 м.

Крайний пролёт между точкой подвеса плети трубопровода первым трубоукладчиком и крайней точки опоры подготовленной плети на рамочной опоре

$$l_1 = 2.46 \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot J \cdot h_1}{q}} = 14,9 \text{ м}$$

EJ – продольная жесткость трубопровода при изгибе, $EJ = 6200 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$;

h_1 – высоте подъема трубопроводной плети над рамочной опорой, $h_1 = 0,2 \text{ м}$;

q – погонный вес единицы длины плети трубопровода с теплоизоляцией, $q, \text{ кг/м}, q = 930 \text{ кг/м}$;

нагрузка K_1 на первый трубоукладчик

$$K_1 = q \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot l_1 + \frac{1}{2} \cdot l_2 \right) + Q_{\text{трол. под.}} = 151 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

l_2 – пролёт между первым и вторым трубоукладчиком;

$Q_{\text{трол. под.}}$ – вес троллейной подвески, $Q_{\text{трол. под.}} = 1200 \cdot \text{кг}$;

Результаты расчета

К ₁	К ₂	К ₃	К ₄	К ₅	К ₆	К ₇	К ₈
151 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	109 кН·м

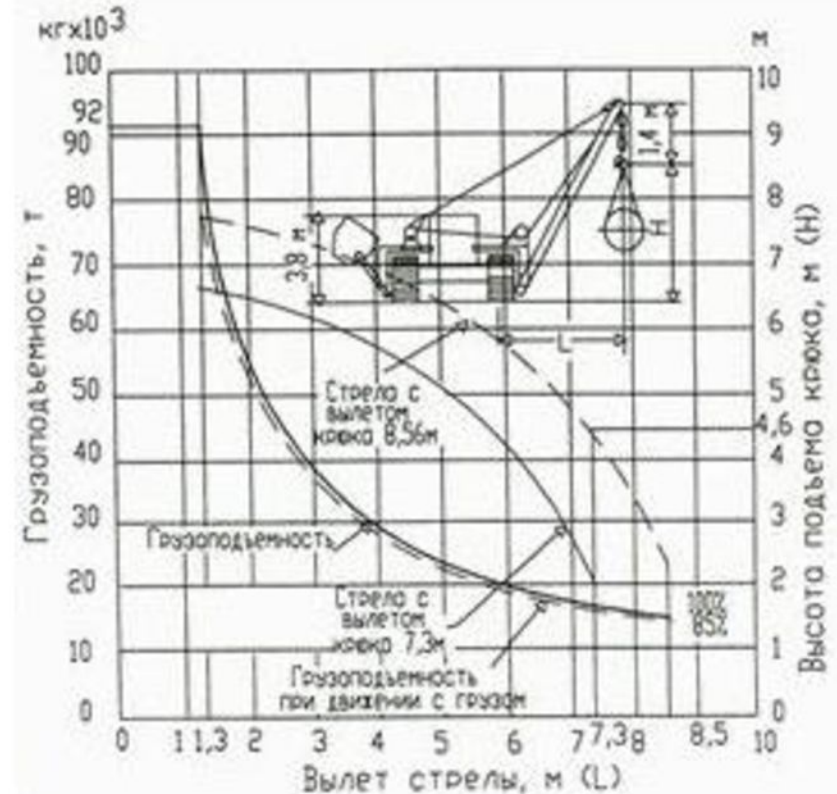


График грузоподъемности трубоукладчика «Komatsu D355C»

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ГАЗОПРОВОДА

Газопровод считается выдержавшим испытание на прочность и проверку на герметичность, если за время испытания на прочность газопровод не разрушился, а при проверке на герметичность давление оставалось неизменным и не была обнаружена утечка.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ:

- очистка газопровода;
- контроль проходного сечения;
- испытание газопровода давлением воды;
- удаление воды после гидравлического испытания;
- осушка внутренней полости газопровода.

Границы охранных зон при гидравлическом испытании:

а) при $R_{исп}=1,25P_{раб}$:

- 100 м в обе стороны от оси трубопровода;
- 800 м в направлении отрыва заглушки от торца.

б) при $R_{исп}=1,5P_{раб}$:

- 100 м в обе стороны от оси трубопровода;
- 900 м в направлении отрыва заглушки от торца.

После окончания испытаний и вытеснения воды, отдельные участки испытания свариваются в нитку газопровода и осушаются сухим воздухом с пропуском поролоновых поршней.

Гидроиспытания участков реконструкции линейной части газопровода проводятся согласно требованиям СТО Газпром 2-3.5-354-2009



Очистной поршень



МЕРОПРИЯТИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАБОТЫ

	Параметры	Мероприятия
Условия труда	<p>Движущиеся машины и механизмы; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации на рабочем месте; химический фактор.</p>	<p>Ограждающие конструкции; звукопоглощающие конструкции на работающих двигателях; шумоглушители для оборудования; активная и пассивная виброизоляция; СИЗ.</p>
Аварийные ситуации	<p>Взрыв; пожар; разгерметизация трубопровода; падение тяжелых деталей.</p>	<p>Обучение правилам пожарной безопасности обслуживающего персонала; разработка инструкций; надзор за проведением работ.</p>
Охрана окружающей среды	<p>Выброс от спецтехники; образуемые отходы на месте строительства; остатки дизельного топлива.</p>	<p>Глушить двигатели спецтехники; размещать на площадке только оборудование, требуемое для выполнения текущей операции; сбор отходов в емкость и вывоз с площадки.</p>

ВЫВОДЫ

1. Разработана технология работ по реконструкции рассматриваемого участка газопровода;
2. Произведён расчет параметров схемы производства укладочных работ;
3. Произведен прочностной расчет газопровода;
4. Выбрана эффективная технология сварочных работ с применением комплекса «Saturnax»;
5. Разработаны мероприятия по безопасности и экологичности.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ