

# **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:**

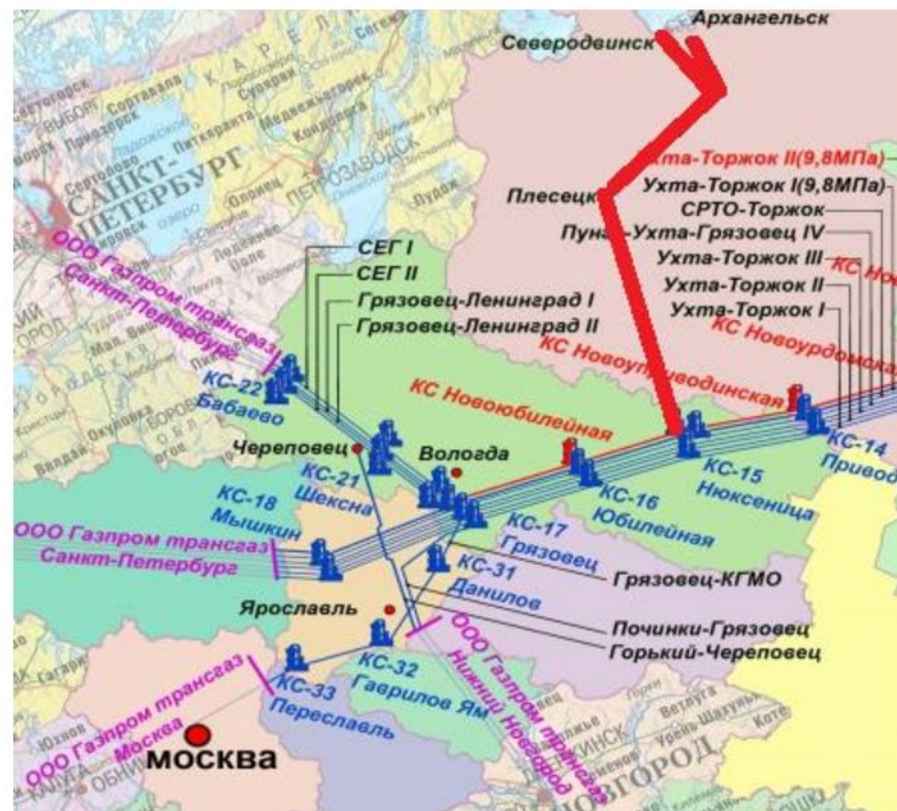
1. Разработать технологию работ по реконструкции рассматриваемого участка газопровода;
2. Произвести прочностной расчет газопровода;
3. Произвести расчет параметров схемы производства укладочных работ;
4. Выбрать эффективную технологию сварочных работ с применением комплекса «Saturnax»;
5. Разработать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

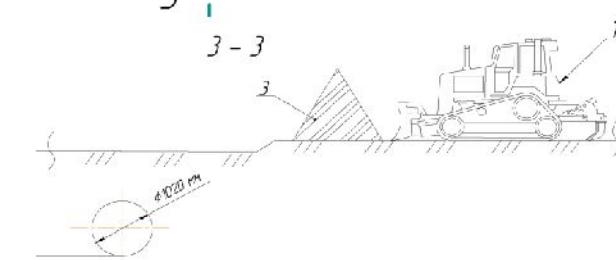
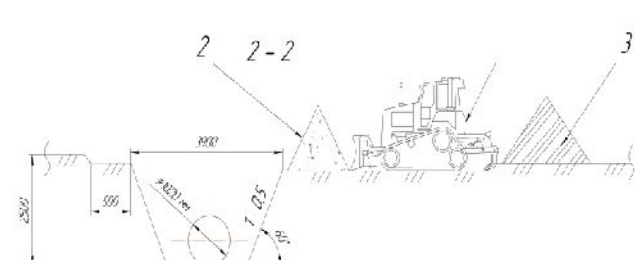
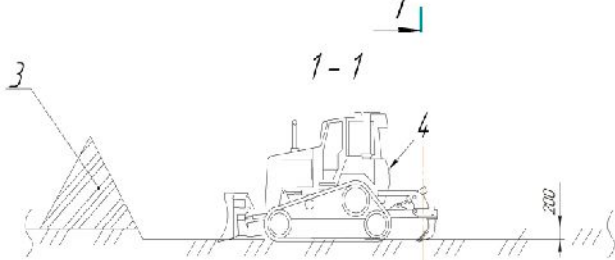
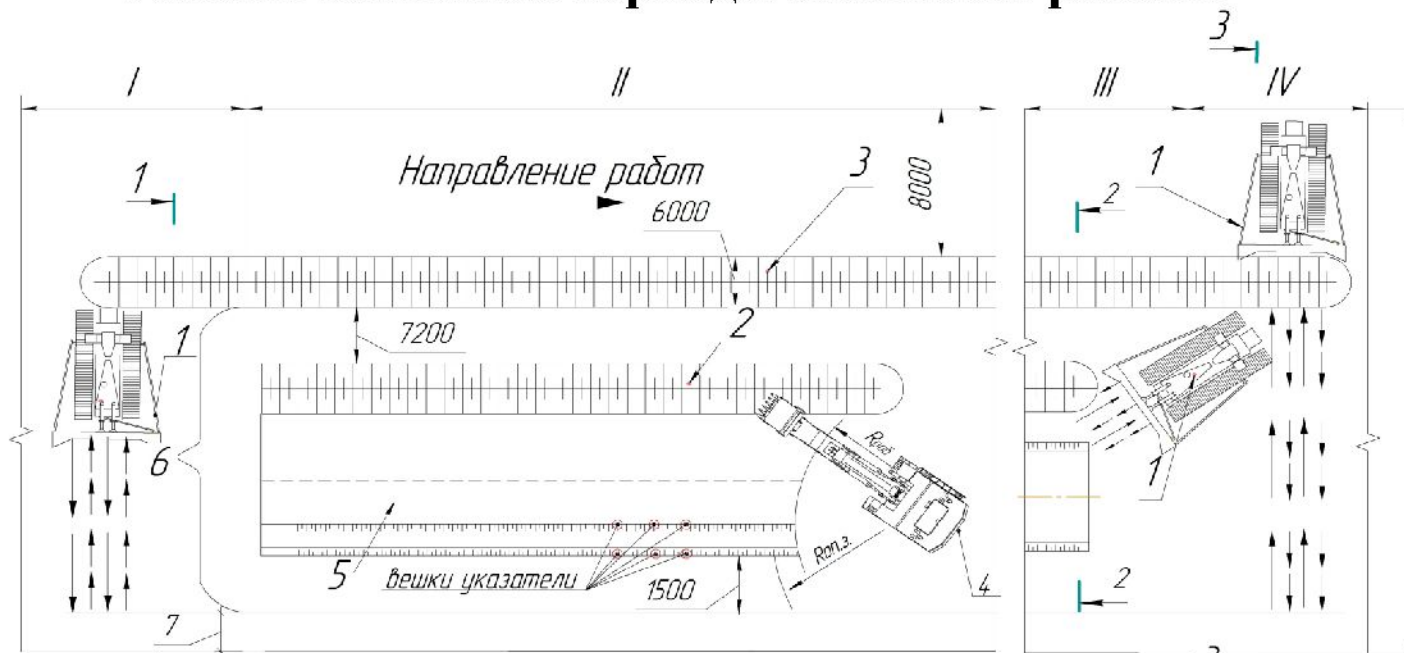
- восстановление и закрепление оси трассы газопровода, разбивка углов поворота, разметка строительной полосы и выноска пикетов за ее пределы;
- расчистка полосы отвода от леса и растительности, корчевка пней;
- снятие в отвал временного хранения плодородного слоя грунта;
- планировка и осушение строительной 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;
- $R_{рад}$ -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;  
 $\psi_1$  - 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,  $m = 0,66$

$$224,1 \leq 300,1, \text{ МПа}$$

$$42,5 \leq 300,6 \text{ МПа}$$

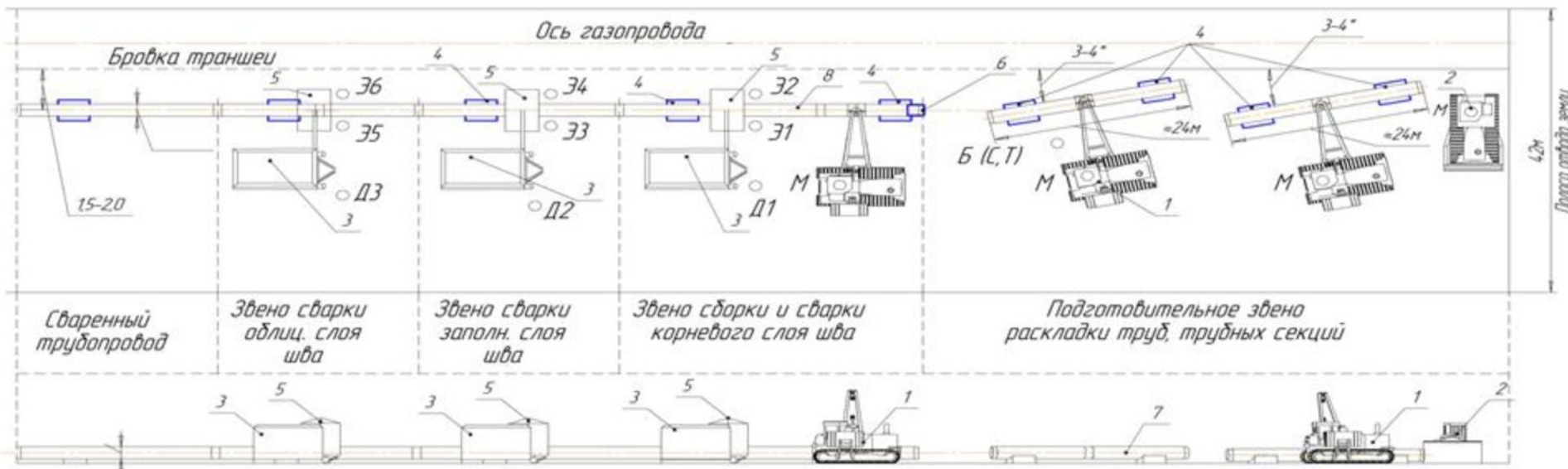
Условие прочности выполняется, недопустимые пластические деформации образовываться не будут.

# 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.

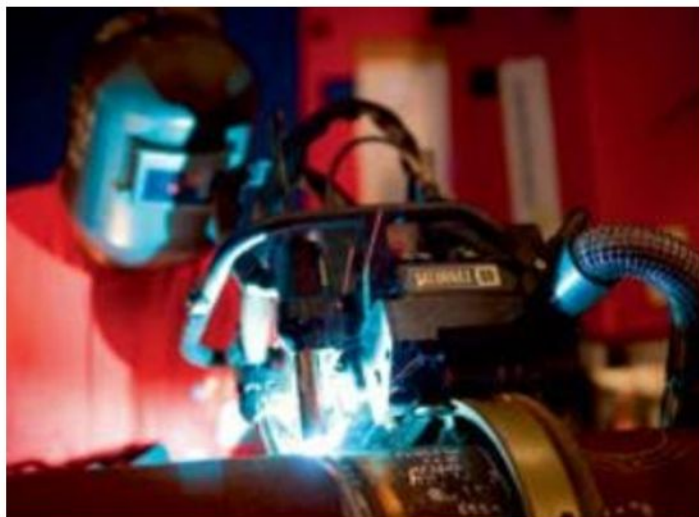
### Технология сварки методом STT+ Saturnax 09

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 <sub>2</sub> ; «Горячий проход» - 100 % CO <sub>2</sub> .

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

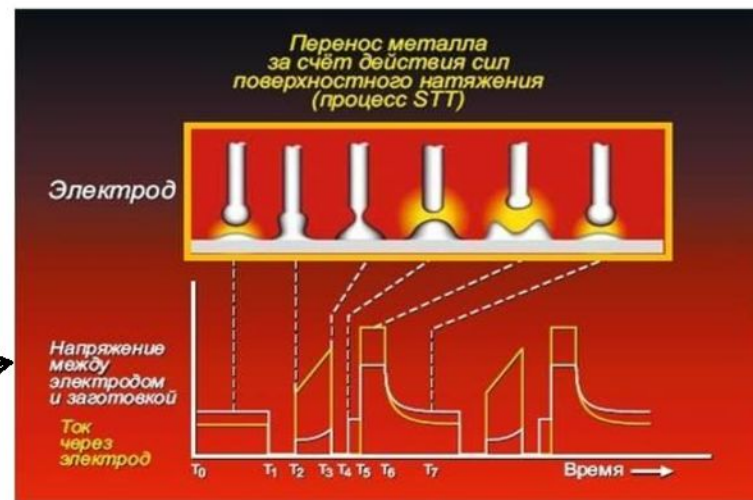


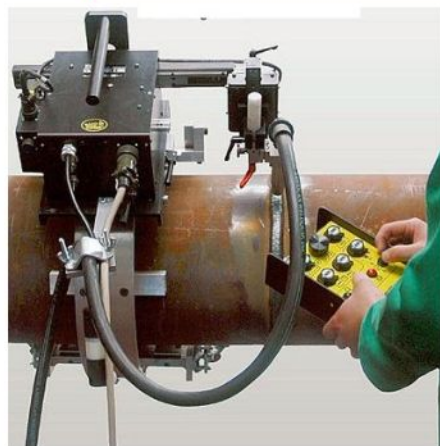
Схема сварочного процесса STT

## 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

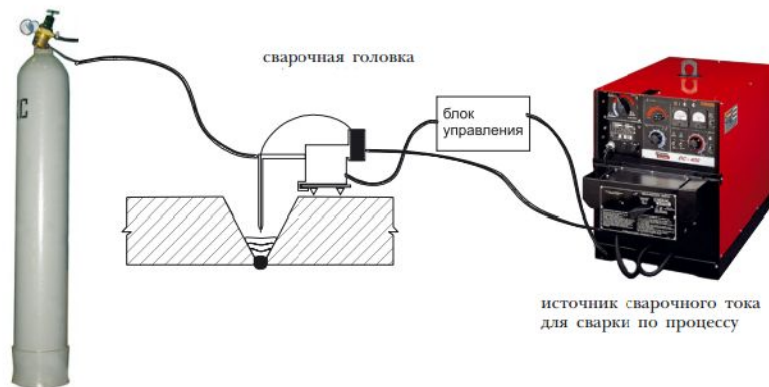


Схема сварки с применением головки Saturnax 09



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 ).

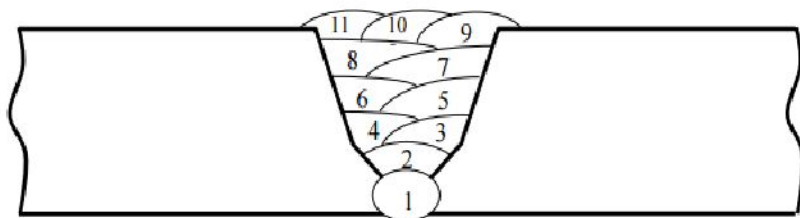
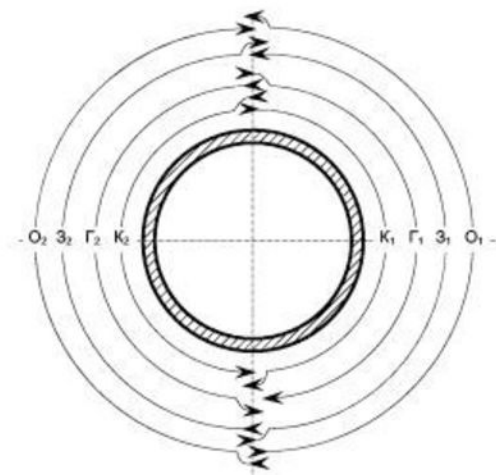


Схема наложения слоев шва



$K_1, K_2$  - 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;

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

$$H_1 = (G_3 + G_0) \cdot N = 687,4 \text{ кг}.$$

$G_k$  - 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.

$G_0$  - расход электродной проволоки при сварке облицовочного слоя шва,  $G_0 = 1540,44$  г.

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

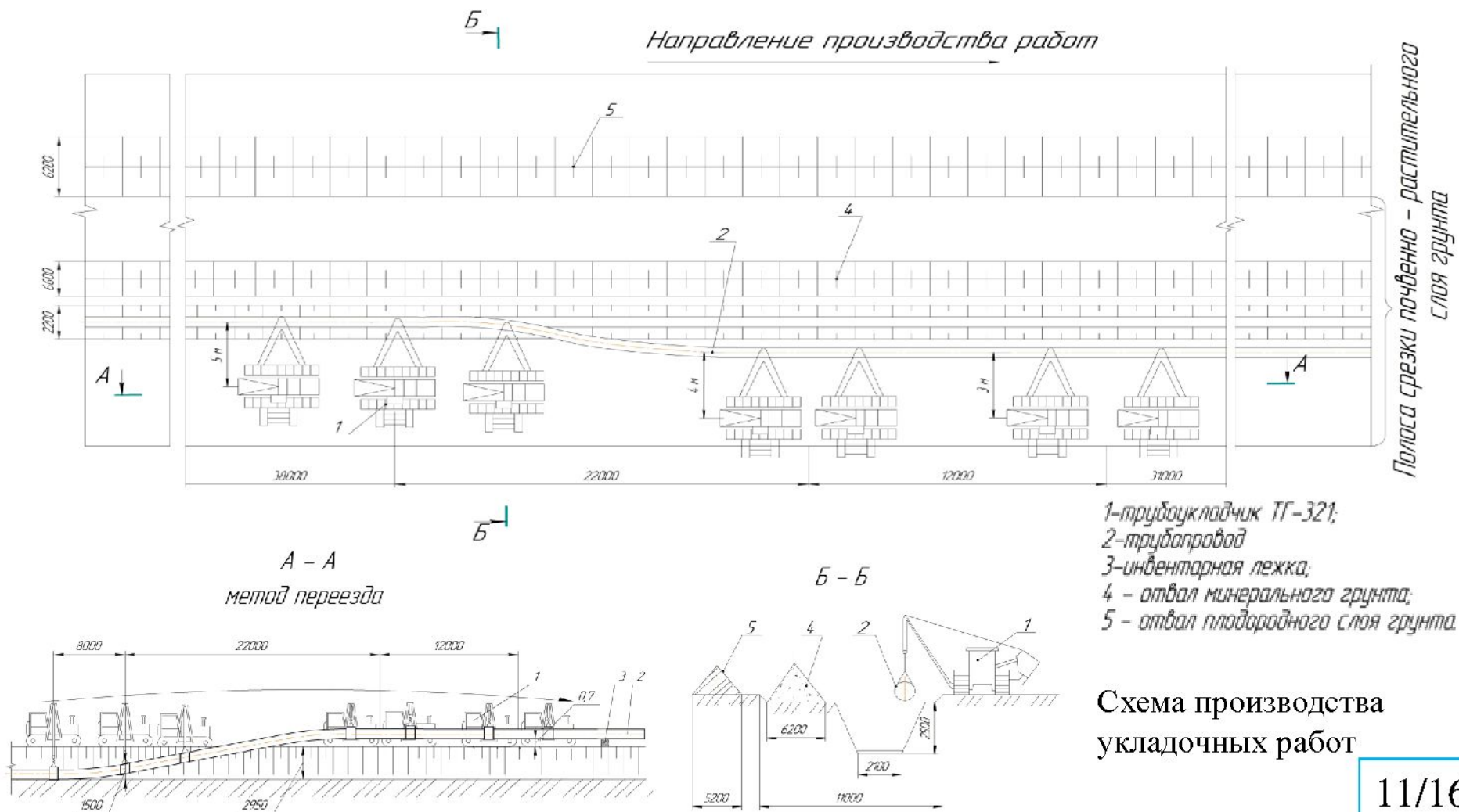
Для сварки 1 км магистрального газопровода из трубы диаметром 720 мм с толщиной стенки 12 мм понадобится: проволоки диаметром 0,9 мм – 114,3 кг; для проволоки диаметром 1 мм – 687,4 кг.

# 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

$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	$K_8$
151 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	121 кН·м	109 кН·м

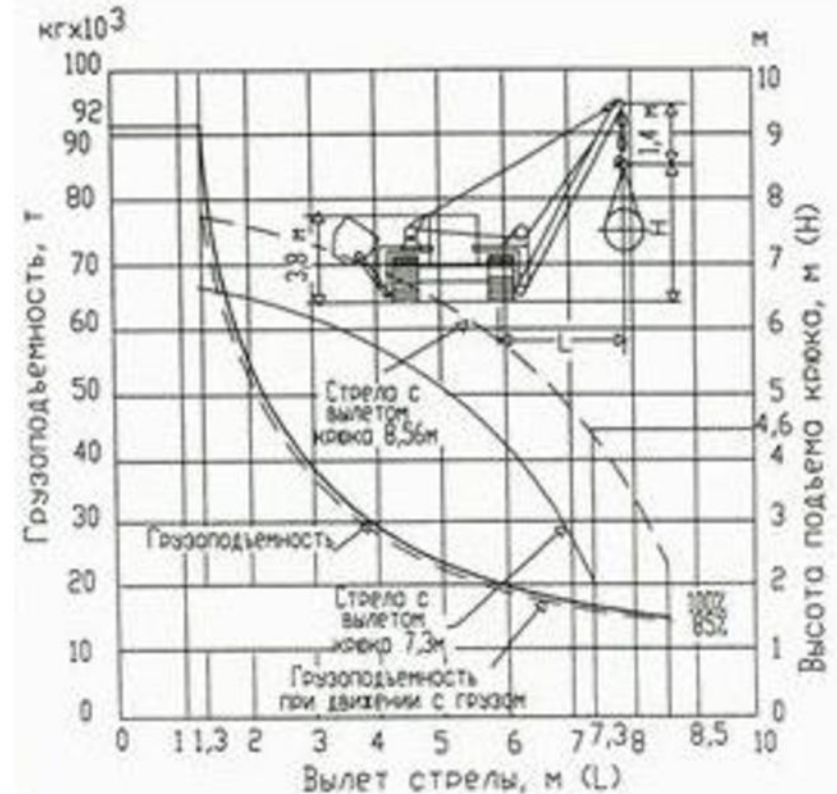


График грузоподъемности трубоукладчика «Komatsu D355C»

# 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**