

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Г. В. Сакаш

залишись  
н 03 06 2018г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.05 Теплогазоснабжение и вентиляция

## Снабжение сжиженным газом жилого района и предприятия

## Пояснительная записка

## Руководитель

Мороз доцент, к. т. н  
подпись, дата      должность, учесная степень

А. И. Авласевич

Выпускник

18.06.18

А.Д. Пахомова

Консультант:  
ТВИС

8.06.15

А. И. Авласевич

## Нормоконтролер

Ф 8.06.18  
подпись, дата

А. И. Авласевич

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_  
Г. В. Сакаш  
подпись  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_ 2018 г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.05 Теплогазоснабжение и вентиляция

Снабжение сжиженным газом жилого района и предприятия

Пояснительная записка

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент, к. т. н. А. И. Авласевич  
подпись, дата должность, ученая степень

Выпускник \_\_\_\_\_ А.Д. Пахомова  
подпись, дата

Консультант:  
ТВИС \_\_\_\_\_ А. И. Авласевич  
подпись, дата

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ А. И. Авласевич  
подпись, дата

Красноярск 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Реферат.....	4
Введение.....	5
1 Расчет численности населения.....	6
2 Расчет годового потребления газа .....	7
3 Расчет ГНС.....	10
3.1 Расчет резервуаров и эстакады .....	11
3.2 Расчет отделения наполнения баллонов .....	12
3.3 Расчет предохранительно-запорных клапанов .....	14
3.4 Расчет насосно-компрессорного отделения .....	16
3.5 Расчет количества автотранспорта.....	19
4 Расчет групповых резервуарных установок сжиженного углеводородного газа .....	23
4.1 Расчет резервуарной установки с естественным испарением .....	23
4.2 Расчет резервуарной установки с искусственным испарением .....	26
5 Расчет внутридомового газопровода.....	29
6 Расчет внутриквартального газопровода.....	33
7 Расчет внутреннего газового оборудования котельной .....	37
7.1 Расчет внутрикотельного газопровода.....	37
7.2 Котел КОВ - 80С.....	39
7.3 Расчет ГРУ для котельной.....	42
7.4 Описание малогабаритного с промежуточным теплоносителем испарителя .....	43
8 Технология возведения инженерных систем .....	45
8.1 Монтаж систем внутреннего газоснабжения .....	45
8.1.1 Подготовительные работы .....	45
8.1.2 Монтажные работы .....	46
8.1.3 Испытание внутреннего газопровода .....	46
8.2 Монтаж подземного газопровода .....	47
8.2.1 Подготовительные работы .....	47

8.2.2 Земляные работы .....	48
8.2.3 Сборка и сварка труб в звенья .....	48
8.3 Монтаж трубопроводов .....	48
8.4 Предварительное испытание газопровода.....	49
8.5 Монтаж резервуаров .....	49
8.6 Изоляция трубопровода.....	50
8.7 Благоустройство трассы .....	51
8.8 Окончательное испытание газопровода .....	51
8.9 Определение объема земляных работ .....	51
8.10 Выбор комплекта машин и механизмов .....	57
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>60</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....</b>	<b>61</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>62</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>63</b>
Номограмма для определения удельных потерь давления в газопроводах низкого давления .....	63

## **РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа по теме «Снабжение сжиженным газом жилого района и предприятия» содержит 61 страницы текстового документа, 8 таблиц, 76 формул, 7 рисунков, 11 использованных источников, 5 листов графического материала формата А1.

**Ключевые слова:** ПРОПАН, БУТАН, ГАЗОПРОВОД, РАСХОД ГАЗА, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ГОРЕЛКА, МОНТАЖ, ОБВЯЗКА АРМАТУРЫ, СХЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ.

Объект газоснабжения – жилой район

Цели работы

- разработка проекта газоснабжения населения и котельной;
- расчет газонаполнительной станции, газоснабжение жилого квартала и котельного;
- технология возведения инженерных систем.

В результате расчетов разработан план газификации жилого района и предприятия. В итоге проведения работ были установлены расходы газопотребления для бытовых нужд населения, определена структура газонаполнительной станции, выполнены гидравлические расчеты и схемы газоснабжения внутридомового и внутриквартального газоснабжения, внутрицехового газопровода котельной, рассчитано количество резервуаров. Также приведены планы жилого района и котельной.

Раздел технологии возведения инженерных систем содержит ряд рекомендаций по монтажу и испытаниям газопровода, объём земляных работ, оптимальный комплект машин и механизмов.

В качестве сравнения вариантов произведен расчет резервуаров с естественным и искусственным испарением групповой резервуарной установки.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сжиженные углеводородные газы являются высококачественным топливом для бытовых и промышленных предприятий, ценным сырьем для химической промышленности. Их получают из попутного нефтяного газа. Эти газы широко используются для газоснабжения городов и поселков, расположенных далеко от магистральных газопроводов, не имеющих плотной и многоэтажной застройки. И чаще всего их хранят в газгольдерах – специальных ёмкостях. По предварительным показателям эффективности пропан-бутан занимает второе место после природного газа. Сжиженный газ является более экологичным чем дизель или мазут.

Сжиженные газы представляют собой смесь углеводородов, в основном пропана и бутана, с небольшим количеством примесей. Основными источниками их получения являются газы нефтяных месторождений, природные газы газоконденсатных месторождений и газы промышленных предприятий по переработке нефти.

Применение этих газов в промышленности позволяет осуществить принципиально новые прогрессивные и экономически эффективные технологические процессы. Кроме того, применение газа в качестве топлива позволяет значительно улучшить условия быта населения, повысить санитарно-гигиенический уровень производства и свести к минимуму загрязнение воздушного бассейна вредными выбросами.

При работе агрегатов на газовом топливе появляется реальная возможность глубокого ступенчатого использования практически чистых продуктов сгорания.

При атмосферных условиях сжиженные газы находятся в газообразном состоянии, а при повышении давления или при снижении температуры они превращаются в жидкость. Для транспортировки и хранения эти газы обычно сжижаются, а используются у потребителей в газовой фазе.

В основу проектирования и расчета систем снабжения сжиженными углеводородными газами положены термодинамические свойства двухфазных, многокомпонентных систем с учетом климатических условий расположения газоснабжаемых объектов.

## 1 Расчет численности населения

По рекомендации СНиПа «Газоснабжение» [1], для того чтобы определить газопотребление необходимо знать численность населения жилого района, которая рассчитывается по формуле

$$N = m \cdot F, \quad (1.1)$$

где  $m$  – плотность населения,  $m = 500$  чел/га;

$F$  – площадь квартала, га.

Расчет численности населения сводим в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Расчет численности населения

№ квартала	Площадь квартала, га	Плотность населения, чел/га	Количество проживающих, чел
1	7,22	500	3610
2	5,25		2625
3	7,00		3500
4	4,75		2375
5	6,88		3440
6	5,50		2750
7	5,17		2585
8	16,17		8085
9	10,25		5125
10	7,79		3895
11	4,80		2400
12	5,25		2625
13	5,25		2625
14	7,25		3625
15	8,20		4100
16	1,76		880
17	3,99		1995
18	6,86		3430
19	10,17		5085
20	13,07		6535
21	7,70		3850
22	13,18		6590
23	7,70		3850
24	13,13		6565
25	3,10		1550
			Итого: 93695

Итого численность населения всего города составляет 93695 чел.

## 2 Расчет годового потребления газа

Расчет годового газопотребления производят по нормам на конец расчетного периода с учетом перспективы развития городских потребителей газа. Продолжительность расчетного периода устанавливают на основании плана перспективного развития населенного пункта.

Все виды городского потребления газа можно сгруппировать следующим образом:

- 1) бытовое потребление (потребление газа в квартирах);
- 2) потребление в коммунальных и общественных предприятиях;
- 3) потребление на отопление и вентиляцию зданий;
- 4) промышленное потребление.

Потребление газа на отопление и вентиляцию зданий, а также промышленное потребление в балансе, составленном для сжиженного газа, обычно отсутствуют.

Расчет расхода газа на бытовые, коммунальные и общественные нужды само собой является сложной задачей, так как количество газа, расходуемого этими потребителями, зависят от ряда факторов: газооборудования, благоустройства и населения квартир, газооборудования городских учреждениями и предприятиями, охвата потребителей централизованным горячим водоснабжением и от климатических условий. Большинство этих факторов не поддается точному учету, поэтому потребление газа рассчитываются по средним нормам, разработанным в результате многолетнего опыта.

Определяем количество жителей, чел., использующих газ для приготовления пищи, по формуле

$$n_x = x \cdot N, \quad (2.1)$$

где  $x$  – доля квартир, имеющих газовую плиту, равная 0,85;

$N$  – количество жителей, чел, таблица 1.1.

Количество жителей, чел, использующих газ на горячее водоснабжение, рассчитываем по формуле

$$n_y = y \cdot N, \quad (2.2)$$

где  $y$  – доля квартир, с горячим водоснабжением от газовых водонагревателей, равна 0,8;

$N$  – то же, что и в (2.1).

Определяем низшую массовую теплоту сгорания, кДж/кг, по формуле

$$Q_H^P = K_{PP} \cdot Q_{H(PP)}^P + K_{БУТ} \cdot Q_{H(БУТ)}^P, \quad (2.3)$$

где  $K_{\text{ПР}}$  и  $K_{\text{БУТ}}$  – доля пропана и бутана,  $K_{\text{ПР}} = 0,85$ ,  $K_{\text{БУТ}} = 0,15$ ;

$Q_{P(\text{ПР})}^H$  и  $Q_{P(\text{БУТ})}^H$  – низшая теплота сгорания, кДж/кг, для жидкой фазы

$$Q_{P(\text{ПР})}^H = 46300 \text{ кДж/кг}, \quad Q_{P(\text{БУТ})}^H = 47330 \text{ кДж/кг}.$$

$$Q_H^P = 0,85 \cdot 46300 + 0,15 \cdot 47330 = 46454,5 \text{ кДж/кг}.$$

Определяем низшую теплоту сгорания газовой фазы, кДж/м<sup>3</sup>, по формуле

$$Q_H^P = K_{\text{ПР}} \cdot Q_{H(\text{ПР})}^P + K_{\text{БУТ}} \cdot Q_{H(\text{БУТ})}^P, \quad (2.4)$$

где  $K_{\text{ПР}}$  и  $K_{\text{БУТ}}$  – то же, что и в (2.3);

$Q_{P(\text{ПР})}^H$  и  $Q_{P(\text{БУТ})}^H$  – низшая теплота сгорания, кДж/м<sup>3</sup>, для газовой фазы

$$Q_{P(\text{ПР})}^H = 91321 \text{ кДж/м}^3, \quad Q_{P(\text{БУТ})}^H = 118736 \text{ кДж/м}^3.$$

$$Q_H^P = 0,85 \cdot 91321 + 0,15 \cdot 118736 = 95433,3 \text{ кДж/м}^3.$$

Плотность газовой фазы, кг/м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$\rho_e = K_{\text{ПР}} \cdot \rho_{\text{ПР}}^G + K_{\text{БУТ}} \cdot \rho_{\text{БУТ}}^G, \quad (2.5)$$

где  $K_{\text{ПР}}$  и  $K_{\text{БУТ}}$  – то же, что и в (2.3);

$\rho_{\text{ПР}}^G$  и  $\rho_{\text{БУТ}}^G$  – плотность газовой фазы пропана и бутана, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{ПР}}^G = 1,872$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{БУТ}}^G = 2,519$  кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho_e = 0,85 \cdot 1,872 + 0,15 \cdot 2,519 = 1,969 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность жидкой фазы, кг/м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$\rho_{\text{ж}} = K_{\text{ПР}} \cdot \rho_{\text{ПР}}^{\text{ж}} + K_{\text{БУТ}} \cdot \rho_{\text{БУТ}}^{\text{ж}}, \quad (2.6)$$

где  $K_{\text{ПР}}$  и  $K_{\text{БУТ}}$  – то же, что и в (2.3);

$\rho_{\text{ПР}}^{\text{ж}}$  и  $\rho_{\text{БУТ}}^{\text{ж}}$  – плотность газовой фазы пропана и бутана, кг/м<sup>3</sup>,

$$\rho_{\text{ПР}}^{\text{ж}} = 528 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_{\text{БУТ}}^{\text{ж}} = 601 \text{ кг/м}^3.$$

$$\rho_{\text{ж}} = 0,85 \cdot 528 + 0,15 \cdot 601 = 539 \text{ кг/м}^3.$$

По нормам расходов, согласно [1], ведем расчет годового газопотребления всеми газопотребителями, учитывая резерв мощности ГНС в размере 20%.

Расчет газопотребления жилым районом сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет потребления газа жилым районом

Назначение расходуемого газа	Количество потребителей	Норма расхода на человека			Расход газа	
		кДж	м <sup>3</sup>	кг	м <sup>3</sup>	кг
При наличии газовой плиты и газового водонагревателя	84325,5	7300000	76,64	157,1	6462844	13251163
При наличии только газовой плиты	4684,75	2540000	26,67	54,7	124928,6	256148,8
Суммарное количество газа					6587772	13507312
Суммарное количество газа с учетом резерва					7575938	15533409

Годовой расход при резерве мощности 20% составляет 15533409 кг.

### **3 Расчет ГНС**

Газонаполнительные станции (ГНС) являются основными производственными единицами в системе снабжения сжиженным газом населения и коммунально-бытовых потребителей.

Они осуществляют прием, хранение, распределение и иногда поставку газа своим транспортом потребителям. Газ на газонаполнительной станции поставляют железнодорожным, трубопроводным, автомобильным транспортом. Для снабжения потребителей используют автомобильные цистерны, баллоны различной вместимости. Современные ГНС снабжены сливными железнодорожными эстакадами, базой хранения с резервуарами для сжиженных газов, в которых обязательно должно быть предусмотрено раздельное хранение пропана ( $C_3H_8$ ) и бутана ( $C_4H_{10}$ ), производственными зданиями с насосно-компрессорным, наполнительным, сливным, воздушно-компрессорным, погрузочно-компрессорным, погрузочно-разгрузочным, бытовым и др. отделениями, а также блоками вспомогательных помещений с механическими мастерскими, котельными, административно-хозяйственными помещениями, гаражами для автотранспорта и оборудованы системами водо-, тепло- и электроснабжения, связи и канализации.

На ГНС сжиженных газов осуществляются следующие операции:

- 1) прием от поставщиков;
- 2) слив в хранилища;
- 3) хранение в наземных и подземных резервуарах, баллонах и т.п.;
- 4) слив из баллонов неиспарившихся остатков и слив газа из неисправных сосудов;
- 5) разлив газа в баллоны, передвижные резервуары, автоцистерны;
- 6) приём пустых и выдача наполненных баллонов;
- 7) транспортировка газа в баллонах и внутренней трубопроводной сети;
- 8) ремонт и переосвидетельствование баллонов и резервуаров ГНС;
- 9) технологическое обслуживание и ремонт оборудования ГНС;
- 10) доставка газа потребителям в баллонах и автоцистернах;
- 11) заправка автомашин, работающих на сжиженном газе;
- 12) регазификация сжиженных газов;
- 13) смешение паров сжиженных газов с воздухом или низкокалорийными газами;
- 14) подача паров сжиженных газов, газовоздушных смесей в городские системы распределения газа.

Проектирование газонаполнительных станций должно осуществляться в соответствии с требованиями [8] и Госгазтехнадзора, т.к. ГНС относится к объектам повышенной опасности. Эти документы устанавливают места их расположения, безопасные расстояния между зданиями и сооружениями и до окружающих зданий и сооружений различного назначения, а также рациональная планировка территории, дорог, противопожарные требования к

зданиям и сооружениям, резервуарам базы хранения, насосам, компрессорам и системам водоснабжения, отопления и вентиляции и мн. др. положения.

Эксплуатация производится в соответствии с правилами эксплуатации ГНС сжиженного газа, в основе которых система планово-предупредительных ремонтов и технических обслуживаний, позволяющая планировать основные затраты рабочей силы и материальных средств и снижать их за счет увеличения сроков службы основных фондов, уменьшения простоев, аварийности.

### 3.1 Расчет резервуаров и эстакады

Для хранения сжиженных газов на ГНС используют горизонтальные цилиндрические резервуары вместимостью 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 и 200 м<sup>3</sup>, устанавливаемые над землей и под землей, изготовленные из стали марки 16ГС с температурой стенки не выше +15°C и не ниже -40°C и рабочим давлением 1,8 МПа. В их верхней части вырезаны отверстия для установки муфт и штуцеров различного назначения. В комплект поставки входят: резервуар с опорами без арматуры; ответные фланцы к штуцерам; прокладки и лапки (в случае установки на железобетонные опоры); металлические опоры. Каждый резервуар оборудован лазовым и световым люком и имеет не менее 2 предохранительных клапанов.

Необходимый объем резервуарного парка определяется, исходя из газового объема потребления, запас рассчитываем на 5 суток, т.к. расстояние до поставщика не превышает 500 км.

Общий объем хранения газа на ГНС, м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$V = \frac{Q_{год} \cdot n}{365 \cdot k \cdot \rho_{ж}}, \quad (3.1)$$

где  $Q_{год}$  – годовое потребление газа, кг, таблица 2.1;

$n$  – принятый запас хранения,  $n = 5$  сут;

$k$  – коэффициент наполнения, для подземного размещения равен 0,9;

$\rho_{ж}$  – плотность жидкой фазы газа, кг/м<sup>3</sup>, по (2.6).

$$V = \frac{15533409 \cdot 5}{365 \cdot 0,9 \cdot 539} = 438,64 \text{ м}^3.$$

Необходимое количество резервуаров, шт, при единичном объеме одного резервуара 100 м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$m = \frac{V}{V_p}, \quad (3.2)$$

где  $V$  – общий объем газа, м<sup>3</sup>, по (3.1);

$V_p$  – единичный объем принятого к установке резервуара, м<sup>3</sup>.

шт.

$$m = \frac{438,64}{100} = 5 \text{ шт.}$$

По итогу принимаем к установке 5 резервуаров с единичным объемом 100 м<sup>3</sup>.

Эстакада представляет собой металлические или ж/б сооружения высотой 5 м и длинной до 180 м. В зависимости от количества сливных и наливных устройств, каждое с двумя патрубками для жидкой фазы и одним для паровой, с отключающей аппаратурой и резинотканевыми шлангами для присоединения к вентилям железнодорожных систем. Под ними прокладывают коллекторы жидкой и паровой фаз сжиженного газа, соединенных с трубопроводами станции.

Количество сливно-наливных устройств принимается из условия обеспечения суточного слива или налива, исходя из месячного грузооборота и грузоподъемности цистерн, и рассчитывается по формуле

$$N = \frac{Q_{\max}}{360 \cdot G}, \quad (3.3)$$

где  $Q_{\max}$  – максимальный месячный грузооборот, т, таблица 2.1;  
 $G$  – грузоподъемность одной цистерны,  $G = 58,8$  т.

$$N = \frac{15533,409}{360 \cdot 58,8} = 0,73 \approx 1 \text{ шт.}$$

С учетом развития ГНС и газификации принимаем 1 сливоналивное устройство.

### 3.2 Расчет отделения наполнения баллонов

Баллононаполнительное отделение – одно из основных отделений ГНС. Оно оборудовано раздаточными постами, которые в зависимости от числа заполняемых баллонов бывают ручными, полуавтоматическими и автоматическими. При наполнении до 200 – 500 баллонов в смену практикуется ручная или полуавтоматическая разливка, при необходимости наполнять свыше 500 баллонов в смену следует переходить на автоматическую разливку.

В наполнительном отделении ГНС выполняются следующие операции: слив из баллов неиспарившихся остатков, наполнение баллонов газом, контроль степени наполнения баллонов, контроль герметичности баллонов. Процесс наполнения баллонов состоит из двух операций: собственно, наполнения и контроля количества, залитого в баллон сжиженного газа.

Количество заполняемого в баллон газа можно оценить взвешиванием или измерением объема жидкости. Поэтому различают весовой и объемный методы наполнения баллонов сжиженным газом.

Наполнение баллонов ручным либо полуавтоматическим способом осуществляется на специальной рампе, вдоль которой вмонтированы весовые установки. Пустые баллоны устанавливаются на весовые установки. При помощи струбцины (или наполнительных головок) к штуцеру баллона прикрепляется шланг от наполнительной рампы. Взвесив баллон, движок рейки весов устанавливают на цифру, указывающую массу баллона плюс массу допустимого количества газа, затемпускают газ. Отсоединив струбчину, после наполнения баллона необходимо проверить массу баллона и убедиться в отсутствии утечки газа через клапан. Сняв баллон с весов, заглушают штуцер запорного устройства баллона и, открыв вентиль или клапан на баллоне, проверяют его герметичность. Убедившись в исправности, вентиль или клапан закрывают.

Наполнению подлежат баллоны емкостью 5, 12, 27, 50 и 80 л.

Количество баллонов, шт, заполняемых в течение суток, рассчитывается по формуле

$$n = \frac{G_{cym}}{g}, \quad (3.4)$$

где  $G_{cym}$  – максимальное потребление газа, т/сут;

$g$  – вес газа, равный 0,021т.

Максимальное потребление газа, т/сут, рассчитывается по формуле

$$G_{cym} = \frac{Q_{год} \cdot k}{365}, \quad (3.5)$$

где  $Q_{год}$  – годовое потребление газа, т, таблица 2.1;

$k$  – реализация газа через газобаллонные установки,  $k = 0,05$ .

$$G_{cym} = \frac{15533,409 \cdot 0,05}{365} = 2,13 \text{ т/сут.}$$

$$n = \frac{2,13}{0,021} = 101,43 \approx 102 \text{ шт.}$$

В течении суток подлежит заполнить 102 шт. баллонов полуавтоматическим способом.

### 3.3 Расчет предохранительно-запорных клапанов

Для предотвращения повышения давления в резервуарах выше допустимого применяем пружинные запорно-бросовые клапаны типов ППК4, ППК4Р.

Предохранительные запорные клапаны (ПЗК) являются устройством, обеспечивающим безопасность эксплуатации оборудования в условиях повышенного давления газа. После сброса необходимого количества среды клапан автоматически закрывается. Установка ПЗК на резервуарах является обязательной, т.к. причин для чрезмерного повышения давления может быть множество. Например:

- 1) нагрев солнечной радиацией или открытым огнем в случае пожара;
- 2) увеличение объема жидкости в случае переполнения при повышении температуры жидкости или отсутствии парового пространства;
- 3) наполнение сжиженным газом, имеющим упругость паров компонентов более высокую, чем та, на которую рассчитан резервуар;
- 4) подача жидкой фазы насосом при переполненном резервуаре и т.д.

Наибольшую опасность представляет нагрев резервуара открытым огнем при пожаре, т.к. резкое повышение давления может привести к его разрушению. Следовательно, ПЗК надо подбирать с такой пропускной способностью, чтобы в случае пожара через них мог пройти весь образующийся пар, имеющий избыточное давление.

Пружинные ПЗК обладают рядом преимуществ перед рычажными: регулировка точнее и тщательнее фиксируется; несложная конструкция; компактная форма; простое исполнение. К ним предъявляются следующие требования:

- 1) клапан должен безотказно срабатывать при достижении предельного давления;
- 2) в открытом положении клапан должен пропускать среду в таком количестве, чтобы дальнейшее повышение давления было невозможным;
- 3) при снижении давления до значения немного ниже рабочего, клапан должен закрыться;
- 4) в закрытом состоянии после многократных срабатываний, клапан должен сохранять герметичность.

В резервуарах должны устанавливаться клапаны, которые должны срабатывать при повышении давления не более чем на 15% от рабочего. При обосновании допускается повышение давления до  $1,25P_p$ .

Необходимую площадь проходного сечения клапана,  $\text{мм}^2$ , в соответствии с правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, рассчитывают по формуле

$$F_c = \frac{G}{15,9 \cdot a \cdot B \cdot ((P_1 - P_2) \cdot \rho_1)^{1/2}}, \quad (3.6)$$

где  $G$  – максимально возможная пропускная способность клапана, кг/ч;  
 $a$  – коэффициент расхода газа клапаном, равный 0,6;  
 $B$  – коэффициент учитывающий расширение среды;  
 $P_1$  – максимальное избыточное давление газа перед клапаном, равное 2,3 Мпа;

$P_2$  – избыточное давление за клапаном, равное 0 МПа;

$\rho_1$  – плотность газа при  $P_1$  и  $t_1$ , кг/м<sup>3</sup>.

Плотность газа при  $P_1$  и  $t_1$ , кг/м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$\rho_1 = \frac{\rho_h \cdot P_h \cdot T}{T_1 \cdot P_h \cdot z}, \quad (3.7)$$

где  $\rho_h$ ,  $T_h$ ,  $P_h$  – плотность, температура, давление газа при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_h = 2,29$  кг/м<sup>3</sup>,  $T_h = 273$  К,  $P_h = 10332$  кг/м<sup>2</sup>;

$T_1$ ,  $P_1$  – температура и давление в рабочих условиях,  $T_1 = 333$  К,  $P_1 = 23000$  кг/м<sup>2</sup>;

$z$  – коэффициент сжимаемости реального газа,  $z = 0,9$ .

$$\rho_1 = \frac{2,29 \cdot 23000 \cdot 273}{333 \cdot 10332 \cdot 0,9} = 4,64 \text{ кг/м}^3.$$

Максимальная производительность резервуара, кг/ч, определяется по формуле

$$G = \frac{k \cdot F \cdot (t_e - t_{жс})}{q}, \quad (3.8)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи от окружающего горячего воздуха через стенку неизолированного резервуара к жидкости равный 23,2 Вт/м<sup>2</sup>ч°С;

$F$  – наружная поверхность резервуара, для резервуара ПС-100  $F = 148$  м<sup>2</sup>;

$t_e$  – температура окружающей среды равная 550 °С;

$t_{жс}$  – температура кипения жидкости при абсолютном давлении ее в резервуаре равная 60 °С;

$q$  – скрытая теплота испарения при  $t_{жс}$   $q = 295,48$  кДж/кг = 1241 ккал/кг = 1439,5 Вт/кг.

$$G = \frac{23,2 \cdot 148 \cdot (550 - 60)}{1439,5} = 1169 \text{ кг/ч.}$$

Пропускную способность, кг/ч, по эмпирической формуле из правил устройства сосудов рассчитывают по формуле

$$G = 1000 \cdot D \cdot \left( Z + \frac{D}{2} \right), \quad (3.9)$$

где  $D$  – диаметр резервуара, м, для ПЕ-100  $D=3$ м;  
 $Z$  – длина резервуара, м, для ПЕ-100  $Z=14,718$ м.

$$G = 1000 \cdot 3 \cdot \left( 14,718 + \frac{3}{2} \right) = 48654 \text{ кг/ч.}$$

$$F_c = \frac{48654}{15,9 \cdot 0,6 \cdot 0,72 \cdot ((2,3 - 0) \cdot 4,64)^{1/2}} = 2146,5 \text{ мм}^2.$$

Диаметр клапана, мм, вычисляют по формуле

$$d = \left( \frac{4 \cdot F_c}{\pi} \right)^{1/2}, \quad (3.10)$$

где  $F_c$  – необходимая площадь проходного сечения клапана,  $\text{мм}^2$ , по (3.6).

$$d = \left( \frac{4 \cdot 2146,5}{3,14} \right)^{1/2} = 52,3 \text{ мм.}$$

По [2] подбираем клапан предохранительный полноподъемный марки ППК4-40,  $D_y = 100$  мм с пружиной № 117 и пределами регулирования 1,8-2,8 МПа.

### 3.4 Расчет насосно-компрессорного отделения

Подбор насосно-компрессорного оборудования производится с учетом объема и характера производимых операций по перекачке сжиженных газов по системе сливных и наливных трубопроводов.

При выборе насосов учитываются особенности перекачки сжиженного газа, заключающуюся в том, что он, обладая высокой упругостью паров, при незначительном понижении давления начинает испаряться и по сравнению с другими жидкостями обладает меньшей загрязненностью. Поэтому во всасывающем патрубке необходимо поддерживать давление выше упругости паров сжиженных газов при максимальной температуре жидкости, а конструкции сальниковых уплотнений должны быть повышенной надежности.

При выборе числа и типа насосов учитывают максимальный расход газа на железнодорожные цистерны и баллоны во время сливных и наливных операций.

При выборе компрессоров учитывается их основное назначение по отбору паров сжиженного газа из заполняемого резервуара и нагнетанию их в паровое пространство опорожняемого резервуара или железнодорожных цистерн. Благодаря этому обеспечивается выдавливание жидкой фазы для подачи ее к насосам или при работе без них. Для определения числа компрессоров и их подачи пользуются опытными и расчетными данными.

При определении подачи компрессора расчетным путем за основу принимают условие: нагнетаемые пары сжиженного газа имеют повышенную температуру и, соприкасаясь с холодной поверхностью, подогревают верхний слой жидкости, способствуя ее испарению и дополнительному повышению давления в испаряемом резервуаре.

Подачу компрессора, кг/ч, для слива 3 железнодорожных цистерн объемом 51 м<sup>3</sup> при D=2,6 м, Z=10,8 м, диаметр сливных трубопроводов d<sub>T</sub>=100 мм, приведенная длина трубопровода l<sub>T</sub>=250 м, время слива τ = 2 ч, λ = 0,02, и плотностью смеси 539 кг/м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$G_{\text{q}} = \frac{k_1 \cdot F \cdot \Delta P}{r \cdot \tau^{1/2}}, \quad (3.11)$$

где k<sub>1</sub> – коэффициент условий охлаждений, равный 50;

F – поверхность зеркала конденсации, м<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле

$$F = D \cdot Z, \quad (3.12)$$

где D – диаметр цистерны, м;

Z – длина цистерны, м.

ΔP – перепад давлений в резервуаре, Па;

r – скрытая теплота преобразования, равная 80 кДж/кг;

τ – время слива, ч.

$$F = 2,6 \cdot 10,8 = 28 \text{ м}^2.$$

Скорость движения жидкости в сливном трубопроводе, м/с, рассчитывается по формуле

$$\omega_{\text{sc}} = \frac{V_e \cdot k}{f_T \cdot 3600 \cdot \tau}, \quad (3.13)$$

где V<sub>e</sub> – объем цистерны, м<sup>3</sup>;

k – коэффициент наполнения цистерны, 0,8;

f<sub>T</sub> – площадь сечения трубопровода, м<sup>2</sup>;

τ – время слива, ч.

Площадь сечения трубопровода, м<sup>2</sup>, определяем по формуле

$$f_T = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4}, \quad (3.14)$$

где  $d_T$  – диаметр трубопровода, м.

$$f_T = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 0,008 \text{ м}^2;$$

$$\omega_{\text{ж}} = \frac{3 \cdot 51 \cdot 0,8}{0,008 \cdot 3600 \cdot 2} = 2,2 \text{ м/с.}$$

Гидравлическое сопротивление сливного трубопровода, Па, определяется по формуле

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l_T \cdot \rho \cdot \omega_{\text{ж}}^2}{d_T \cdot 2}, \quad (3.15)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;

$l_T$  – длина трубы, м;

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

$\omega$  – скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с, по (3.13);

$d_T$  – диаметр трубопровода, м.

$$\Delta P = 0,02 \cdot \frac{250 \cdot 539 \cdot 2,2^2}{0,1 \cdot 2} = 65219 \text{ Па} = 0,7 \text{ кгс/см}^2.$$

Учитывая разность уровней и скоростной напор, принимаем  $\Delta P = 2 \text{ кгс/см}^2$ .

$$G_u = \frac{50 \cdot 28 \cdot 2}{80 \cdot 1^{1/2}} = 24,75 \text{ кг/ч}$$

Определим среднюю подачу компрессора за 1 ч при  $\tau_{cp} = \tau/2 = 1$

$$G_{cp} = \frac{50 \cdot 28 \cdot 3 \cdot 2}{80 \cdot 1^{1/2}} = 105 \text{ кг/ч.}$$

Определим подачу компрессора за первые 5 минут

$$G_{\text{q}}^{\text{нач}} = \frac{50 \cdot 28 \cdot 3 \cdot 2}{80 \cdot 0,083^{1/2}} = 364,46 \text{ кг/ч.}$$

Отсюда принимаем подачу компрессора не более 364,46 кг/ч и не менее 105 кг/ч.

К установке принимаем два компрессора: 1АВ-22 с подачей 239,7 кг/ч при давлении всасывания 0,4 МПа с двигателем 7,8 кВт, числом оборотов в минуту 1440 и 1АВ-22 с подачей 159 кг/ч при давлении всасывания 0,4 МПа с двигателем 5,5 кВт, числом оборотов в минуту 960. Один компрессор с подачей 239,7 кг/ч резервный.

### 3.5 Расчет количества автотранспорта

Сжиженные газы от заводов-поставщиков к потребителям или к базам их приема, хранения и раздачи доставляются в сосудах, работающих под давлением. Доставка является сложным организационно-хозяйственным и технологическим процессом, включающим транспортирование сжиженных газов на дальние расстояния, обработку газов на ГНС, транспортирование их на ближние расстояния для непосредственной доставки газа мелким потребителям.

Опыт эксплуатации показывает, что ГНС должны располагать необходимым автотранспортом для повышения оперативности газоснабжения населения и коммунально-бытовых объектов. Численность подвижного состава, находящегося в эксплуатации на ГНС зависит от количества газа, подлежащего перевозке и производительности подвижного состава за единицу времени. При этом подвижный состав, используемый для доставки сжиженного газа, может быть представлен в виде транспортных и раздаточных автоцистерн, автомобили, оборудованные под перевозку баллонов или обычные.

Автомобильные цистерны представляют собой горизонтальные цилиндрические сосуды, в задних днищах которых вварен люк с требуемыми приборами. Транспортные автоцистерны предназначены для перевозки сжиженных газов с заводов-поставщиков до газораздаточных станций или с газораздаточных станций и кустовых баз крупным потребителям и групповым установкам со сливом их в резервуары. Раздаточные автоцистерны предназначены для доставки сжиженных газов потребителю с разливкой газа в малые сосуды, автомобильные и обычные баллоны. Грузовые автомобили предназначены для перевозки баллонов от газораздаточной станции до каждого потребителя. Автоцистерны наполняют из специальных колонок.

Необходимое количество автоцистерн рассчитывается по формуле

$$A_o^{\text{q}} = \frac{V}{V \cdot n} \cdot \frac{c}{\text{q}}, \quad (3.16)$$

где  $V_c$  – среднесуточный расход сжиженного газа, м<sup>3</sup>;  
 $V_u$  – полезный объем, для АЦТ-8-130, 6,2 м<sup>3</sup>;  
 $n$  – число рейсов в сутки, рассчитывается по формуле

$$n = \frac{t}{\frac{2 \cdot l}{c} + 2 \cdot t_1}, \quad (3.17)$$

где  $t$  – время работы в сутки, ч;  
 $l$  – расстояние от ГНС до потребителя, 5 км;  
 $c$  – средняя техническая скорость автомобиля, 40 км/ч;  
 $t_1$  – время погрузки-разгрузки, 1,5 ч.

$$n = \frac{8}{\frac{2 \cdot 5}{40} + 2 \cdot 1,5} = 2 \text{ рейса.}$$

Рассчитываем среднесуточный расход газа, м<sup>3</sup>/сут, по формуле

$$V_c = \frac{Q \cdot k}{\rho \cdot 365}, \quad (3.18)$$

где  $Q$  – общий расход газа в год, кг;  
 $\rho$  – плотность жидкой фазы газа, кг/м<sup>3</sup>;  
 $k$  – доля реализации газа через групповые установки, 0,95.

$$V_c = \frac{15533409 \cdot 0.95}{539 \cdot 365} = 75 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$A_o^u = \frac{75}{6,2 \cdot 2} = 6 \text{ шт.}$$

Количество заправочных колонок определяется по формуле

$$n_k = \frac{G_{cym}}{q \cdot k \cdot r}, \quad (3.19)$$

где  $G_{cym}$  – суточная реализация сжиженного газа, т/сут;  
 $q$  – расчетная производительность колонки, 5 т/ч;  
 $k$  – коэффициент использования автотранспорта, 0,65;  
 $r$  – время работы колонки, 8 ч.

Суточная реализация газа, т, рассчитывается по формуле

$$G_{\text{cym}} = \frac{G \cdot k}{365}, \quad (3.20)$$

где  $G$  – общий расход газа, т, таблица 2.1;  
 $k$  – то же, что и в (3.18).

$$G_{\text{cym}} = \frac{15533,409 \cdot 0,95}{365} = 40,43 \text{ т};$$

$$n_k = \frac{40,43}{5 \cdot 0,65 \cdot 8} = 1,55 \approx 2 \text{ шт.}$$

В результате для заправки автоцистерн принимаем 2 колонки.  
Определяем средний объем перевозок, т, одной машиной типа «клетка» в сутки по формуле

$$q_1 = q \cdot n, \quad (3.21)$$

где  $q$  – грузоподъемность одного автомобиля, 0,8 т;  
 $n$  – число рейсов автомобиля.

$$q_1 = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ т.}$$

Определяем необходимый объем перевозок в сутки по формуле

$$q_2 = \frac{Q}{N} \cdot k, \quad (3.22)$$

где  $Q$  – количество реализуемого газа в год, т;  
 $N$  – число рабочих дней в году, 320;  
 $k$  – коэффициент неравномерности, принимается равным 1,15.

$$q_2 = \frac{15533,409 \cdot 0,05}{320} \cdot 1,15 = 2,79 \text{ т.}$$

Рассчитываем требуемое число автомобилей типа «клетка», шт, по формуле

$$A_o^u = \frac{q_2}{q_1}, \quad (3.23)$$

где  $q_1$  – средний объем перевозок одной машиной, т, по (3.21);

$q_2$  – общий объем перевозок, т, по (3.22).

$$q_o^u = \frac{2,79}{1,6} = 1,7 \approx 2 \text{ шт.}$$

Принимаем 2 автомобиля типа «клетка» и 6 автоцистерны.

## **4 Расчет групповых резервуарных установок сжиженного углеводородного газа**

Для хранения сжиженных углеводородных газов непосредственно у потребителя используются стационарные и передвижные резервуары различного объема. Установки газоснабжения с двумя и более резервуарами, предназначенные для снабжения сжиженным газом различных потребителей, называют резервуарными. Они бывают надземными и подземными. Надземные установки, как правило, применяют для газоснабжения предприятий промышленного и сельскохозяйственного производства, подземные для газоснабжения промышленных и коммунальных предприятий, отдельных многоэтажных жилых и общественных зданий и их групп, а также объектов сельского хозяйства. Число резервуаров определяется расчетом, но должно быть не менее двух.

В состав резервуарной установки должны входить: резервуары, трубопроводы обвязки резервуаров по жидкой и паровой фазам, запорная арматура, регуляторы давления газа, предохранительные запорные и сбросные клапаны, показывающие манометры, устанавливаемые до регулятора давления, штуцеры с кранами после регулятора регуляторов давления для присоединения контрольного манометра, устройство для контроля уровня сжиженных газов в резервуарах и испарители (в установках с искусственным испарением). Арматура и приборы групповых резервуарных установок должны быть защищены кожухами от атмосферных осадков и повреждений.

Площадки резервуарных установок должны быть ограждены забором высотой не менее 1,6 м из несгораемых материалов. На территории должны быть углекислотные огнетушители, ящик с песком и лопата. Число резервуаров в установке определяется характером потребителей, районом установки резервуаров (север, юг и т.д.), расходом газа и объемом используемых резервуаров. Для бесперебойного снабжения населения газом и во избежание перегрузки транспорта объем резервуарных установок рассчитывают, исходя из двухнедельного запаса газа. Расчет систем газоснабжения от этих установок с естественным испарением имеет свою специфику, обусловленную процессом теплообмена между грунтом и резервуарами, а также теплопроводность грунта.

Проектирование, строительство и эксплуатация ГРУ производится в соответствии со СНиП 2.04.08-87\*, правилами безопасности в газовом хозяйстве Гостехнадзора, правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

### **4.1 Расчет резервуарной установки с естественным испарением**

Схема газоснабжения включает в себя источник газоснабжения (резервуарную установку с естественным испарением), трубопроводы обвязки, распределительные газопроводы и запорно-регулирующую арматуру.

Испарение сжиженного газа в резервуарах происходит за счет тепла, поступающего к ним от окружающего грунта. Производительность резервуаров зависит от фракционного состава газа (содержание пропана), температурных условий, в которых находится резервуары, и режима наполнения резервуаров газом по мере его расхода. Надежность и экономичность резервуарных установок в значительной степени зависит от правильности выбора количества резервуаров и точности определения расчетного расхода газа. Расчетным режимом для групповой подземной установки являются зимний и весенний периоды эксплуатации. В это время резервуар работает в зоне грунта при отрицательной температурой.

Требуемое количество резервуаров, шт, в установке определяется по формуле

$$N = \frac{V_p}{V_{rez}}, \quad (4.1)$$

где  $V_{rez}$  – производительность одного резервуара,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , по [1], для резервуара объемом 5  $\text{м}^3$   $V_{rez} = 1,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

$V_p$  – расчетный расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , при максимально суточном потреблении, рассчитывается по формуле

$$V_p = \frac{n \cdot K_{год} \cdot q_{год} \cdot K_e^h}{Q_p \cdot 365}, \quad (4.2)$$

где  $n$  – количество жителей, пользующихся газом от резервуарной установки, чел;

$K_{год}$  – коэффициент суточной неравномерности потребления газа в течение года, при наличии в квартирах только газовых плит  $K_{год} = 1,4$ ;

$q_{год}$  – годовой расход газа на одного человека в тепловых единицах  $\text{kДж}/\text{год}$ , при наличии в квартире газовой плиты и при газоснабжении сжиженным газом  $q_{год} = 2540000 \text{ кДж}/\text{год}$ ;

$K_e^h$  – показатель часового максимума суточного расхода, принимается по [1],  $K_e^h = 0,12$ ;

$Q_p$  – низшая теплота сгорания газа,  $\text{kДж}/\text{м}^3$ , по (2).

$$V_p = \frac{880 \cdot 1,4 \cdot 2540000 \cdot 0,12}{95433,3 \cdot 365} = 10,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$N = \frac{10,8}{1,9} = 6 \text{ шт.}$$

При грунтовом расположении резервуаров на расстоянии друг от друга, равным диаметру резервуара, происходит тепловое взаимодействие между ними. В результате грунт между ними охлаждается, и производительность каждого резервуара в групповой установке уменьшается. Поэтому производительность группы резервуаров не равна сумме производительностей такого же количества отдельно стоящих резервуаров, а зависит от расстояния между ними и их взаимного расположения. Все эти факторы учитываются коэффициентом теплового взаимодействия  $m$ . Коэффициент принимается по [1]. Для 6 резервуаров коэффициент равен 0,67.

Производительность групповой установки,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , с учетом теплового взаимодействия определяется по формуле

$$V_{ycm} = N \cdot V_{pes} \cdot m, \quad (4.3)$$

где  $N$  – количество резервуаров, шт, по (4.1);

$V_{pes}$  – то же, что и в (4.1);

$m$  – коэффициент теплового взаимодействия.

$$V_{ycm} = 6 \cdot 1,9 \cdot 0,67 = 7,64 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для обеспечения бесперебойности снабжения запас газа в резервуарах установки должен быть не менее чем на две недели, поэтому следует проверить запас газа,  $\text{м}^3$ , находящихся в резервуарах установки, который определяется по формуле

$$V_{zan} = N \cdot V_{geom} \cdot h \cdot V_{cm}, \quad (4.4)$$

где  $N$  – количество резервуаров, шт, по (4.1);

$V_{geom}$  – геометрическая емкость резервуаров,  $\text{м}^3$ ;

$h$  – количество газа, которое может быть отобрано из резервуара между очередными заправками. Начальный уровень заполнения 85%, остаточный 25 – 35%.

$$h = 0,85 - (0,25 \dots 0,35) \quad (4.5)$$

$V_{cm}$  – объем паров, который образуется при сжигании 1  $\text{м}^3$  газа. При сжигании пропана образуется 269  $\text{м}^3$  пара, а при испарении 1  $\text{м}^3$  бутана 235  $\text{м}^3$  пара.

Объем паров,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$V_{cm} = \sum x_i \cdot V_i, \quad (4.6)$$

где  $x_i$  – содержание компонентов жидкой фазы в смеси;  
 $V_i$  – объем компонентов при испарении, м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{см}} = 0,85 \cdot 269 + 0,15 \cdot 235 = 263,9 \text{ м}^3.$$

$$h = 0,85 \cdot 0,25 = 0,6.$$

$$V_{\text{зап}} = 6 \cdot 5 \cdot 0,6 \cdot 263,9 = 4750,2 \text{ м}^3.$$

Число суток между заправками рассчитывается по формуле

$$Z = \frac{V_{\text{зап}}}{V_{\text{сум}}}, \quad (4.7)$$

где  $V_{\text{зап}}$  – объем запаса газа в резервуарных установках, м<sup>3</sup>, по (4.4);  
 $V_{\text{сум}}$  – среднесуточный расход газа, м<sup>3</sup>/сут, определяется по формуле

$$V_{\text{сум}} = \frac{n \cdot K_h \cdot q_{\text{год}}}{Q_h^p \cdot 365}, \quad (4.8)$$

где  $n, K_h, q_{\text{год}}, Q_h^p$  – то же, что и в (4.2).

$$V_{\text{сум}} = \frac{880 \cdot 1,4 \cdot 2540000}{95433,3 \cdot 365} = 89,84 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Z = \frac{4750,2}{89,84} = 53 \text{ суток.}$$

## 4.2 Расчет резервуарной установки с искусственным испарением

Схема газоснабжения включает в себя резервуарную установку, испарительные устройства, трубопроводы обвязки, распределительные газопроводы и запорно-регулирующую арматуру.

Резервуарные установки сжиженного газа могут оборудоваться емкостями, проточными и комбинированными испарителями.

Требуемую производительность, кг/ч, испарителя определяем исходя из расчетного расхода газа по формуле

$$G = \frac{n \cdot q_{\text{год}} \cdot K_h \cdot K_e^h}{Q_h^p \cdot 365}, \quad (4.9)$$

где  $n, K_h, q_{\text{год}}, K_e^h$  – то же, что и в (4.2);

$Q_h^p$  – низшая теплота сгорания газа, кДж/кг, по (2).

$$G = \frac{880 \cdot 1,4 \cdot 2540000 \cdot 0,12}{46454,5 \cdot 365} = 22,15 \text{ кг/ч.}$$

Требуемое количество испарителей, шт, рассчитываются по формуле

$$N_u = \frac{G}{G_{\text{паспортная}}}, \quad (4.10)$$

где  $G$  – требуемая производительность испарителя, кг/ч;

$G_{\text{паспортная}}$  – паспортная производительность испарителя, выбранного по технико-экономическим показателям, с учетом климатических условий его эксплуатации.

$$N_u = \frac{22,15}{60} = 0,37 \approx 1 \text{ испаритель}$$

Количество резервуаров, шт, необходимое для снабжения газом потребителей, определяется по формуле

$$N = \frac{Z \cdot G_{\text{сум}}}{V_{\text{рез}} \cdot \rho_{\text{ж}}}, \quad (4.11)$$

где  $Z$  – количество суток между заправками. Принимается в зависимости от радиуса обслуживания, качества автомобильных дорог и климатических условий (от 7 до 30 сут.), принимаем  $Z=15$  суток;

$G_{\text{сум}}$  – среднесуточный расход газа, кг/сут;

$V_{\text{рез}}$  – емкость одного резервуара, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкой фазы газа, м<sup>3</sup>/кг.

Среднесуточный расход газа, кг/сут, рассчитывается по формуле

$$G_{\text{сум}} = \frac{n \cdot K_h \cdot q_{\text{год}}}{Q_h^p \cdot 365}, \quad (4.12)$$

где  $n, K_h, q_{\text{год}}$ , – то же, что и в (4.2);

$Q_h^p$  – то же, что и в (4.9).

$$G_{\text{сут}} = \frac{2540000 \cdot 880 \cdot 1,4}{46454,5 \cdot 365} = 184,55 \text{ кг/сут.}$$

$$N = \frac{15 \cdot 184,55}{5 \cdot 539} = 1,03 \approx 2$$

Принимаем резервуарную установку с 2 резервуарами емкостью 5 м<sup>3</sup> и один форсуночным испарителем.

## **5 Расчет внутридомового газопровода**

В жилые здания газ поступает по газопроводам от городской распределительной сети. Эти газопроводы состоят из абонентских ответвлений, подводящих газ к зданию и внутридомовых газопроводов, которые транспортируют газ внутри здания и распределяют его между отдельными газовыми приборами.

Газопровод монтируется в здания через нежилые помещения, доступные для осмотра труб.

Газовые стояки прокладывают в кухнях, лестничных клетках или коридорах. Если от одного ввода в жилое здание газ подают к нескольким стоякам, то на каждом из них устанавливают кран или задвижку. Перед каждым газовым прибором устанавливают краны.

Расчет внутридомового газопровода сводится к определению диаметров газопровода при условии бесперебойного снабжения всех потребителей в часы наибольшего газопотребления.

Значение расчетных параметров давления газа при проектировании газовых сетей бытовых, коммунальных и других потребителей принимается в зависимости от предполагаемого давления в месте подключения газовых плит и водонагревателей.

Сопротивление газа в трубопроводах складывается из сопротивлений на трение и в местных сопротивлениях. Сопротивления на трение имеют место по всей длине трубопровода, а сопротивления местные только в местах изменения скоростей, направлений движения газа.

При определении потерь давления в газопроводах низкого давления должны учитываться не только потери на трение и местные сопротивления, но и потери, вызываемые разностью плотностей газа и воздуха, т.е. гидростатический напор.

Гидравлический расчет начинаем с определения расчетных расходов газа по участкам.

Расчетная схема представлена на рисунке 5.1.

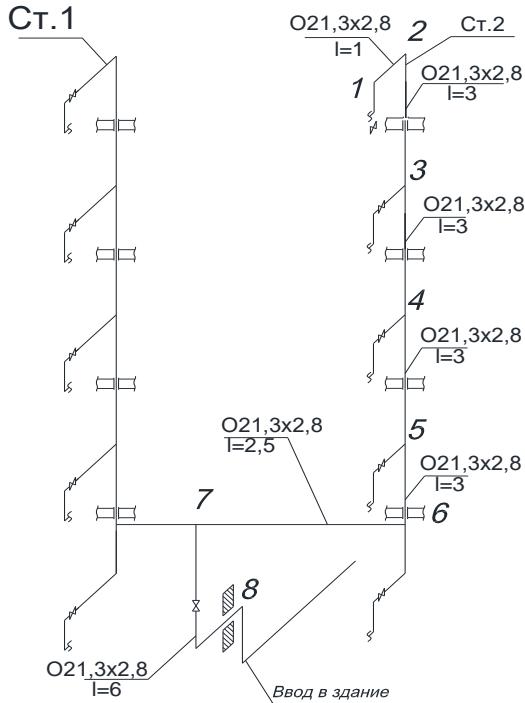


Рисунок 5.1 – Расчетная схема внутридомового газопровода

Расчетные расходы газа, м<sup>3</sup>/ч, на участках определяем по формуле

$$Q_p = \sum K_{oi} \cdot \frac{q_i}{Q_p''} \cdot n_i, \quad (5.1)$$

где  $K_{oi}$  – коэффициент одновременности действия однотипных групп приборов, принимается по [1];

$q_i$  – номинальный расход газа одним или несколькими приборами, кДж/ч, для четырехконфорочной плиты  $q=40000$  кДж/ч;

$Q_p''$  – низшая теплота сгорания газа, кДж/м<sup>3</sup>, по (2);

$n_i$  – количество квартир.

Расчет расходов газа по участкам сводим в таблицу 5.1.

Расчетные длины участков, м, рассчитываются по формуле

$$l_p = l \cdot \left(1 + \frac{a}{100}\right), \quad (5.2)$$

где  $l$  – длина участка по плану, м;

$a$  – процентная надбавка к потерям давления по длине, %, на подводках к стоякам принимается равной 25 %; на стояках – 20%; на разводках 1-2 м – 450%, 2-3 м – 350% .

Средние удельные потери давления, Па/м, определяются по формуле

$$\left( \frac{\Delta P}{l} \right)_{cp}, \quad (5.3)$$

где  $\Delta P$  – расчетный перепад давления, принимается равным 350 Па;

$l$  – сумма расчетных длин участков, м.

Согласно расчетным расходам газа и средним удельным потерям давления определяем диаметры газопровода по участкам, принимая ближайшие к стандартным размерам труб по номограмме рис. 11.10 [2]. Затем по этой же номограмме определяем действительные удельные потери давления.

Определяем потери давления, Па, на участках по формуле

$$\Delta P = \left( \frac{\Delta P}{l} \right)_o \cdot l_p, \quad (5.4)$$

где  $\left( \frac{\Delta P}{l} \right)_o$  – действительные удельные потери давления, Па/м;

$l_p$  – расчетная длина участка, м.

Определяем гидростатический напор, Па, по формуле

$$h_{\text{гидр}} = \pm g \cdot Z \cdot (\rho_e - \rho_g), \quad (5.5)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$Z$  – разность высотных отметок, м;

$\rho_e$  – плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $\rho_e = 1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_g$  – плотность газа,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

По окончанию расчета находим сумму всех потерь на участках, она не должна превышать располагаемый напор давления. Если потери давления превышают располагаемое давление, то необходимо увеличить диаметры на участках с большими потерями давления.

Гидравлический расчет сводим в таблицу 5.2.

Таблица 5.1 – Расчетные расходы газа по участкам

№ уч.	Ассортимент приборов	Количество квартир	Коэффициент одновременности, $K_o$	Расчетный расход газа, $Q_p$ , м <sup>3</sup> /ч
1-2	П4	1	1	0,419
2-3	П4	1	1	0,419
3-4	2П4	2	0,65	0,545
4-5	3П4	3	0,45	0,566
5-6	4П4	4	0,35	0,587
6-7	5П4	5	0,29	0,608
7-8	5П4	5	0,29	0,608
8-9	10П4	10	0,254	1,065

Таблица 5.2 – Гидравлический расчет внутридомового газопровода

№ уч.	Длина участка, $l$ , м	Расчетный расход газа, $Q_p$ , м <sup>3</sup> /ч	Надбавка к потериам давления по длине, $a$ , %	Расчетная длина, $l_p$ , м	$\left(\frac{\Delta P}{l}\right)_{ep}$ , Па/м	Диаметр г/пр, $d$ , мм	$\left(\frac{\Delta P}{l}\right)_o$ , Па/м	Потери давления на участке $\Delta P_{yч}$ , Па	Разность абсолютных отметок, $Z$ , м	Гидростатический напор, $h_{гид}$ , Па	Общие потери давления $\Delta P$ , Па
1-2	1,0	0,419	450	5,5	9,72	21,3×2,8	0,8	4,4	0,7	4,88	9,28
2-3	3	0,419	20	3,6		21,3×2,8	0,8	2,88	3	20,9	2378
3-4	3	0,545	20	3,6		21,3×2,8	1,55	5,58	3	20,9	26,48
4-5	3	0,566	20	3,6		21,3×2,8	1,6	5,76	3	20,9	26,66
5-6	3	0,587	20	3,6		21,3×2,8	1,8	6,48	3	20,9	27,38
6-7	2,5	0,608	20	3		21,3×2,8	2	6	2,5	17,41	23,41
7-8	6	0,608	25	7,5		21,3×2,8	2,1	15,75	0	0,00	15,75
8-9	4,5	1,065	25	5,63		21,3×2,8	6	33,75	2	13,93	47,68
$\Sigma 36,03$											$\Sigma 200,4$

## 6 Расчет внутриквартального газопровода

Расчет ведется для квартального газопровода низкого давления. Расчетный перепад давления принимается 250 Па, потери давления местных сопротивлений учитываются с помощью десятипроцентной надбавки к потерям давления по длине.

Расчет считается законченным, если суммарные потери давления по наибольшей магистрали не превышают 250 Па.

Расчетная схема внутриквартального газопровода представлена на рисунке 6.1.

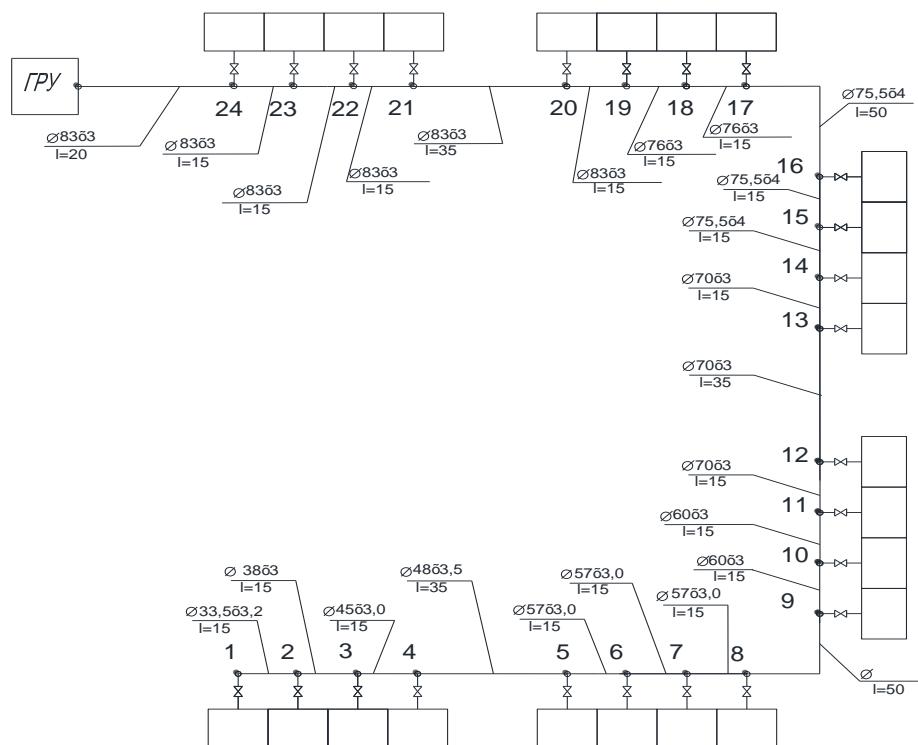


Рисунок 6.1 – Расчетная схема внутриквартального газопровода

Расчетные расходы газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , на участках определяются по формуле

$$Q_p = \sum K_{oi} \cdot \frac{q_i}{Q_p^u} \cdot n_i, \quad (6.1)$$

где  $K_{oi}$  – коэффициент одновременности действия однотипных групп приборов, принимается по [1];

$q_i$  – номинальный расход газа одним или несколькими приборами,  $\text{kДж}/\text{ч}$ , для четырех конфорочной плиты  $q=40000 \text{ кДж}/\text{ч}$ ;

$Q_p^u$  – низшая теплота сгорания газа,  $\text{kДж}/\text{м}^3$ ;

$n_i$  – количество квартир.

Расчет расходов газа по участкам сводим в таблицу 6.1.  
Определяем количество подъездов в квартале по формуле

$$N_{\text{под}} = \frac{N_{\text{ном}}}{K_{\text{сем}} \cdot N_{\text{кв}}}, \quad (6.2)$$

где  $N_{\text{ном}}$  – количество потребителей в квартале, чел;

$K_{\text{сем}}$  – коэффициент семейности;

$N_{\text{кв}}$  – количество квартир в одном доме.

$$N_{\text{под}} = \frac{880}{3.7 \cdot 10} = 24 \text{ под.}$$

Расчетные длины участков, м, определяются по формуле

$$l_p = 1.1 \cdot l, \quad (6.3)$$

где  $l$  – длина участка по плану, м.

Средние удельные потери давления, Па/м, определяются по формуле

$$\left( \frac{\Delta P}{l} \right)_{cp}, \quad (6.4)$$

где  $\Delta P$  – расчетный перепад давления, принимается равным 250 Па;

$l$  – сумма расчетных длин участков, м.

Согласно расчетным расходам газа и средним удельным потерям давления определяем диаметры газопровода по участкам, принимая ближайшие к стандартным размерам труб по номограмме рис. 11.10 [2]. Затем по этой же номограмме определяем действительные удельные потери давления.

Определяем потери давления, Па, на участках по формуле

$$\Delta P = \left( \frac{\Delta P}{l} \right)_o \cdot l_p, \quad (6.5)$$

где  $\left( \frac{\Delta P}{l} \right)_o$  – действительные удельные потери давления, Па/м;

$l_p$  – расчетная длина участка, м.

По окончании расчета находим сумму всех потерь на участках, она не должна превышать располагаемый напор давления. Если потери давления превышают располагаемое давление, то необходимо увеличить диаметры на участках с большими потерями давления.

Гидравлический расчет сводим в таблицу 6.2.

Таблица 6.1 – Расчетные расходы газа по участкам

№ участка	Ассортимент приборов	Количество квартир	Коэффициент одновременности, $K_o$	Расчетный расход газа, $Q_p, \text{м}^3/\text{ч}$
1-2	10П4	10	0,254	1,07
2-3	20П4	20	0,235	1,97
3-4	30П4	30	0,231	2,91
4-5	40П4	40	0,227	3,81
5-6	50П4	50	0,233	4,89
6-7	60П4	60	0,22	5,54
7-8	70П4	70	0,217	6,38
8-9	80П4	80	0,214	7,19
9-10	90П4	90	0,212	8,01
10-11	100П4	100	0,21	8,82
11-12	110П4	110	0,209	9,65
12-13	120П4	120	0,208	10,48
13-14	130П4	130	0,207	11,30
14-15	140П4	140	0,206	12,11
15-16	150П4	150	0,205	12,91
16-17	160П4	160	0,204	13,71
17-18	170П4	170	0,203	14,49
18-19	180П4	180	0,202	15,27
19-20	190П4	190	0,201	16,04
20-21	200П4	200	0,2	16,80
21-22	210П4	210	0,199	17,55
22-23	220П4	220	0,198	18,29
23-24	230П4	230	0,197	19,03
24-ГНС	240П4	240	0,196	19,75

Таблица 6.2 – Гидравлический расчет внутриквартального газопровода

№ уч.	Расчетный расход газа, $Q_p, \text{м}^3/\text{ч}$	Длина участка, $l, \text{м}$	Расчетная длина участка, $l_p, \text{м}$	Средние удельные потери давления $\left(\frac{\Delta P}{l}\right)_{cp}, \text{ Па/м}$	Диаметр г/пр. $d, \text{мм}$	Действительные удельные потери давления $\left(\frac{\Delta P}{l}\right)_o, \text{ Па/м}$	Общие потери давления $\Delta P, \text{ Па}$
1-2	1,07	15	16,5	0,46	33,5x3,2	0,45	7,425
2-3	1,97	15	16,5		38x3,0	0,51	8,415
3-4	2,91	15	16,5		45x3,0	0,48	7,92
4-5	3,81	35	38,5		48x3,5	0,5	19,25
5-6	4,89	15	16,5		57x3,0	0,3	4,95
6-7	5,54	15	16,5		57x3,0	0,4	6,6
7-8	6,38	15	16,5		57x3,0	0,5	8,25

Окончание таблицы 6.2

№ уч.	Расчетный расход газа, $Q_p$ , м <sup>3</sup> /ч	Длина участка, $l$ , м	Расчетная длина участка, $l_p$ , м	Средние удельные потери давления $\left(\frac{\Delta P}{l}\right)_{cp}$ , Па/м	Диаметр г/пр. $d$ , мм	Действительные удельные потери $\left(\frac{\Delta P}{l}\right)_d$ , Па/м	Общие потери давления $\Delta P$ , Па
8--9	7,19	50	55	0,46	60x3	0,46	25,3
9--10	8,01	15	16,5		60x3	0,51	8,415
10-11	8,82	15	16,5		60x3	0,6	9,9
11-12	9,65	15	16,5		70x3,0	0,35	5,775
12-13	10,48	35	38,5		70x3,0	0,4	15,4
13-14	11,30	15	16,5		70x3,0	0,41	6,765
14-15	12,11	15	16,5		75,5x4,0	0,45	7,425
15-16	12,91	15	16,5		75,5x4,0	0,47	7,755
16-17	13,71	50	55		75,5x4,0	0,5	27,5
17-18	14,49	15	16,5		76x3,0	0,45	7,425
18-19	15,27	15	16,5		76x3,0	0,5	8,25
19-20	16,04	15	16,5		83x3,0	0,35	5,775
20-21	16,80	35	38,5		83x3,0	0,4	15,4
21-22	17,55	15	16,5		83x3,0	0,42	6,93
22-23	18,29	15	16,5		83x3,0	0,45	7,425
23-24	19,03	15	16,5		83x3,0	0,47	7,755
24-ГНС	19,75	20	22		83x3,0	0,5	11
$\Sigma$ 544,5							$\Sigma$ 247,005

## **7 Расчет внутреннего газового оборудования котельной**

В котельной установлен котел КОВ-80С максимальной тепловой мощностью 80 кВт. Котельная предназначена для отопления существующих зданий промышленной площадки. В качестве основного вида топлива используется сжиженный углеводородный газ с теплотой сгорания равной 95433,3 кДж/м<sup>3</sup>.

Газорегуляторные установки (ГРУ) размещают в котельной вблизи от ввода газопровода в котельном зале или в смежном помещении, соединенном с ним открытым проемом. Оборудование и приборы ГРУ должны быть защищены от механических повреждений и от воздействия сотрясения и вибраций, а место размещения ГРУ освещено. Оборудование ГРУ, к которому возможен доступ лиц, не связанных с эксплуатацией газового хозяйства, должно иметь ограждение из несгораемых материалов. Расстояние между оборудованием или ограждением и другими сооружениями должно быть не менее 0,8 м. Ограждение ГРУ не должно препятствовать проведению ремонтных работ.

### **7.1 Расчет внутrikотельного газопровода**

Гидравлический расчет производим согласно правилам расчета газопроводов среднего давления.

Газопровод разбиваем на участки согласно общепринятым правилам. Замеряем длины участков по плану. Далее используя nomogrammu для гидравлического расчета газопроводов среднего и высокого давления, определяем среднюю потерю давления на протяжении всего газопровода, далее диаметры участков газопровода, потери давления по участкам. После вычисляем начальное и конечное давление по участкам.

Расчетный перепад давления  $\Delta P=250$  кПа

Разбиваем газопровод на участки, определяем расчетные расходы длины участков, среднее падение давления. По расчетным расходам и удельному среднему давлению, подбираем диаметры газопровода и действительное удельное давление.

Потери давления в местных сопротивлениях принимаем в отношении 10% к потерям давления по длине.

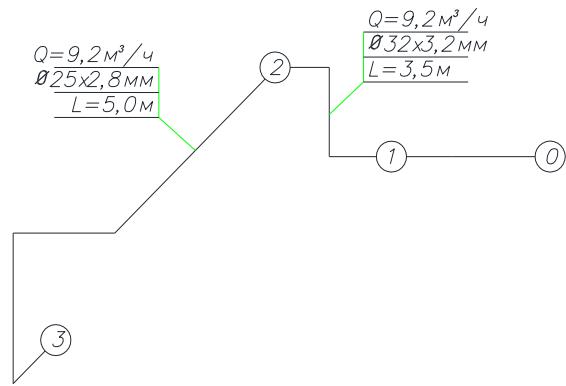


Рисунок 7.1 – Расчетная схема котельной

Расчетная длина, м, определяется по формуле

$$L_p = 1,1 \cdot L, \quad (7.1)$$

Диаметр определяют по номограмме для определения потерь давления в газопроводах низкого давления, причем диаметр зависит от расчетного расхода газа и средней удельной потере давления, Па/м, которая находится по формуле

$$\left(\frac{\Delta P}{l}\right)_{cp} = \frac{250}{\Sigma L_p}, \quad (7.2)$$

Средняя удельная потеря давления составляет

$$\left(\frac{\Delta P}{l}\right)_{cp} = 6,68 \text{ Па/м.}$$

Расчет сводим в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Гидравлический расчет внутри котельного газопровода

№ участка	Расчетный расход газа $Q_p$ , $\text{м}^3/\text{ч}$	Длина участка $L$ , м	Расчетная длина $L_p$ , м	Диаметр газопровода $d$ , мм	Средняя удельная потеря давления $(\Delta P/l)_{cp}$ , Па/м	Потери давления $\Delta P$ , Па	Конечное давление на участке, Па
0-1	9,2	4	68,5	63x5,8	1200	39	1161
1-2	9,2	30	3,5	32x3,2	1161	11	1150
2-3	9,2		5	25x2,8	1150	106	1044
$\Sigma$			77,5			156	

Расчет выполнен, т.к.  $156 < 250$  Па.

## **7.2 Котел КОВ-80С**

Котлы КОВ предназначены для отопления домов, коттеджей и квартир, оборудованных системой водяного отопления с рабочим давлением воды до 0,1 МПа. Котел КОВ-80С газовый со стальным теплообменником, работает на сжиженном газе, применяется для отопления жилых домов, коттеджей, офисов, объектов соцкультбыта и т.д., оборудованных системами водяного отопления с принудительной циркуляцией. Котел газовый может работать с бойлерами, а также на природном газе.

Котел состоит из следующих основных узлов: теплообменника, горелки, датчиков безопасности по тяге и по предельной температуре, два указателя работы запальника, пьезорозжига, индикатора температуры, а в котел КОВ – дополнительно входит медный змеевик.

Термогенератор (ТГ), находящийся в пламени запальной горелки, после открытия клапана вырабатывает термо-ЭДС, которая подается на обмотку электромагнита входного клапана газового клапана газогорелочного устройства.

Электромагнит (ЭМК) удерживает клапан в открытом положении – газ поступает на запальную и основные горелки, входящие в состав газогорелочного устройства. На шкале регулятора газового клапана задается величина температуры, выходящей из котла воды

При достижении заданной температуры воды клапан терморегулятора прикрывается и уменьшает поступление газа на основные горелки, автоматически регулируя тепло производительность.

Датчик безопасности по тяге или датчик безопасности по предельной температуре разрывают цепь питания электромагнита входного клапана при нарушении тяги в топке или нагреве выходящей воды выше 95°C соответственно, входной клапан перекрывает проход газа на основные и запальную горелки, горелки гаснут. Термогенератор остывает и прекращает вырабатывать ЭДС. Розжиг горелки производится вручную после устранения причин, вызвавших прекращение тяги в топке или перегрев выходящей воды.

Технические характеристики котла КОВ-80С:

- Номинальная тепловая мощность – 80 кВт;
- КПД – 89 %;
- Номинальное давление газа – 1,3 кПа;
- Расход газа – 9,2 м<sup>3</sup>/ч;
- Диаметр патрубка дымохода – 200 мм.

Отличительными особенностями котла КОВ-80С являются:

- автоматическое регулирование теплопроизводительности котла в диапазоне от 100% до 25% номинальной теплопроизводительности в аналоговом режиме (горелка не гаснет) и в диапазоне меньше 25% – в релейном режиме (погасание-зажигание горелки). Это обеспечивает экономию газа и, в конечном итоге, экономит Ваши деньги;
- подача газа к основным горелкам происходит только при наличии пламени на запальной горелке;

- прекращение подачи газа на газогорелочное устройство при аварийном отключении газа, при перегреве воды в теплообменнике, при погасании пламени на запальной горелке, при засорении дымохода (нарушении тяги);
- наличие пьезорозжига поможет Вам зажечь горелку;
- наличие указателя работы запальника поможет Вам контролировать работу запальной горелки;
- возможность использования котла с принудительной циркуляцией отопительной воды и в системах отопления закрытого типа с обязательной установкой расширительного бака и предохранительного клапана (предохранительный клапан не должен быть отсечен от котла никаким запорным устройством).

Технические требования к размещению и установке:

Объем помещения, в котором устанавливается котел, должен соответствовать СП 41-108-2004.

Расстояние между облицовкой котла и стенами должно быть не менее:

- 150 мм сзади, справа и слева;
- 900 мм спереди.

В помещении, в котором устанавливается котел, предусмотреть поступление необходимого количества воздуха для горения и вентиляции через проемы около пола и потолка.

Суммарная площадь отверстий проема выбирается из расчета 1 см<sup>2</sup> на каждые 225 Вт мощности газогорелочного устройства.

Помещение должно быть достаточно просторным для беспрепятственного доступа к котлу при проведении профилактических работ.

Указания по монтажу:

Перед монтажом и эксплуатацией внимательно ознакомьтесь с правилами и рекомендациями, изложенными в настоящем руководстве.

Монтаж, инструктаж по эксплуатации, запуск в работу, профилактическое обслуживание и ремонт котла производятся специализированной организацией и местным управлением газового хозяйства в соответствии с ПБ12-529-2003, утвержденными Ростехнадзором РФ, и строительными нормами и правилами СП 62.13330.2011 и СП 41-108-2004 Госстроя РФ с обязательным заполнением контрольного талона на установку котла.

При нарушении правил, изложенных в настоящем руководстве, котел гарантийному ремонту не подлежит.

Подключение котла к газовой магистрали производится через отверстие в боковой стенке. Патрубок и прокладка, как правило, входят в комплект поставки. Проверьте герметичность мест соединения обмыливанием.

Запрещается использовать пламя или искру для обнаружения утечки газа. Для этой цели можно использовать только мыльную пену, специально предназначенные жидкие составы или спец. течеискатели.

На выходном патрубке системы отопления для котлов КОВ установите шаровой кран с проходным диаметром Вашей системы. Кран необходим для

отключения системы отопления и обеспечения работы системы горячего водоснабжения в неотапливаемый период.

Горизонтальные участки трубопроводов системы отопления необходимо выполнять с уклоном не менее 10 мм на 1 м в сторону нагревательных приборов (отопительных радиаторов) и от нагревательных приборов к котлу.

При установке котла в неотапливаемом помещении или при прохождении трубопроводов через открытое пространство или неотапливаемое помещение их необходимо тщательно утеплить.

Расширительный бачок устанавливается в верхней точке стояка, желательно в отапливаемом помещении. При установке бачка в неотапливаемом помещении трубопроводы, бачок и сливную трубу необходимо тщательно утеплить.

В системе отопления не должно быть участков, в которых возможно образование воздушных «пробок».

Трубопроводы, нагревательные приборы (отопительные радиаторы) и места соединений должны быть герметичны, подтеки воды не допускаются.

#### Требования к системе отопления:

До начала монтажа и перед эксплуатацией необходимо несколько раз промыть систему отопления.

Материалы, используемые при монтаже, должны быть очищены от грязи, ржавчины, окалины и т.п.

Материалы, используемые при монтаже (трубы, фитинги, фильтры и др.), должны быть сертифицированы и разрешены к применению.

В системе отопления, горячего водоснабжения могут применяться различные виды труб: медные, стальные, пластиковые с алюминиевой фольгой и т.д.

На вход в котел отопительной обратной воды рекомендуется установить фильтр (шламосборник, грязесборник с сетчатым фильтром) и производить периодическую чистку фильтра.

После окончания монтажа провести гидравлические испытания и устраниТЬ возможные протечки.

Во избежание образования накипи на внутренних стенках теплообменника котла, которая ухудшает теплообмен и уменьшает КПД, а также сокращает срок службы, приводит к прогару теплообменника, необходимо заполнять котел и систему отопления дистиллированной или специально подготовленной водой.

Подключить газовый клапан через переходной патрубок из комплекта поставки к газовой трубе, установив прокладку из комплекта поставки.

Газовая часть горелки состоит из 2 труб: основной и запальной, которая расположена внутри основной по ее оси. Угольник, через который поступает в горелку газ, имеет прилив с отверстием для ввода запальной трубы, ее крепления и уплотнения. Второй конец основной трубы снабжен внутренней заглушкой с отверстием в центре для пропуска запальной трубы, питание которой газом осуществляется по самостоятельному газопроводу через блок соленоидов автоматики. Горелка имеет 2 электрода, заключенные в

фарфоровые трубы. Электроды фиксированы относительно трубы хомутами. Электрод служит для зажигания газа, выходящего из запальной трубы, искрой, возникающей между электродом и корпусом горелки при подаче тока высокого напряжения от трансформатора зажигания. Для стабилизации пламени запальника на расстоянии около 30 мм от его торца на трех стержнях закреплен стабилизирующий плоский диск. При наличии устойчивого запального пламени через второй электрод, являющийся контрольным и омываемым пламенем, поступает сигнал на подачу газа в основную трубу. Из трубы газ выходит через 3 ряда отверстий, просверленных на боковой поверхности в шахматном порядке, под углом 90° к потоку воздуха.

Воспламеняется газовоздушная смесь от стационарного запальника. Постоянно горящий запальник, а также наличие специальной шайбы пути движения потока смеси обеспечивает надежную стабилизацию факела горелки на любых режимах ее работы. Смешение газа с воздухом заканчивается в смесителе. К котлу горелку крепят с помощью фронтового листа, покрытого со стороны топки тепловой изоляцией.

Отвод продуктов сгорания от котла производится в проектируемый дымоход ф200 мм (фирмы ООО «КДМ» г. Нижний Новгород) из нержавеющей стали первый контур - по AISI 430: сталь нержавеющая, коррозионностойкая, жаропрочная до 8500С, ГОСТ 5382-75, изоляционный материал: минеральная вата с температурой плавления волокон не ниже 10000 С, производимая из сырьевой смеси на основе горных пород базальтовой группы; второй контур - Сталь оцинкованная ГОСТ 14918-80.

Узлы стыковых соединений дымоходов должны располагаться на расстояниях, обеспечивающих удобство их монтажа, обслуживания и ремонта.

Вентиляция котельной естественная, приточно-вытяжная предусматривается через проектируемую вентиляционную трубу ф150мм (сталь оцинкованная ГОСТ 14918-80. фирмы ООО «КДМ» г. Нижний Новгород). Приток воздуха осуществляется через устанавливаемую жалюзийную решетку СТД 5289, размером 150•580мм, Fж.с.=0,06м<sup>2</sup>.

$$F = V / (v * 3600) = 24,1 / (1,0 * 3600) = 0,06 \text{ м}^2.$$

Вентиляция кухни естественная, предусматривается через устанавливаемую вентиляционную изолированную трубу диаметром 150 мм. снаружи здания, обеспечивающий трехкратный воздухообмен в час. На вентканале должна быть установлена вентиляционная решетка с живым сечением не менее 250 см<sup>2</sup>. Приток воздуха через форточку и дверной проем.

### 7.3 Расчет ГРУ для котельной

Количество резервуаров необходимое для газоснабжения котельной, определяется исходя из расчетного суточного расхода, кг/ч, по формуле

$$G_{\text{сут}} = G \cdot \rho, \quad (7.3)$$

где  $G$  – расчетный расход газа, м<sup>3</sup>/ч

$\rho$  – плотность газа в пересчете с природного на сжиженный, кг/м<sup>3</sup>.

Суточный расход составляет

$$G_{\text{сут}} = 9,2 \cdot 2,126 = 19,56 \text{ кг/ч.}$$

Количество резервуаров определяется по формуле

$$N = \frac{z \cdot G_{\text{сум}}}{V_{\text{рез}} \cdot \rho_{\text{ж}}}, \quad (7.4)$$

где  $z$  – число суток между очередными заправками резервуара газом;

$V_{\text{рез}}$  – объем резервуара;

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкой фазы газа.

Количество резервуаров составляет

$$N = \frac{10 \cdot 20}{5 \cdot 587,25} = 3 \text{ шт.}$$

По производительности котельной выбираем тип испарителя – змеевиковый, производительностью 100 кг/ч, тогда

$$N_u = 42,52 / 100 = 0,4$$

К установке принимаем 1 змеевиковый испаритель.

#### 7.4 Описание малогабаритного с промежуточным теплоносителем испарителя

Малогабаритный с промежуточным теплоносителем испаритель установлен внутри горловины резервуара. К верхнему фланцу редукционной головки крепится из стандартного 50 литрового баллона малогабаритный змеевиковый испаритель, а к испарителю крепится патрубок для отбора жидкой фазы. Для регазификации жидкой фазы минеральное масло или антифриз служат теплоносителем, которые предварительно были нагреты в газовом автоматическом подогревателе.

Подогреватель выглядит как конструкция типа «труба в трубе», в которой устанавливают змеевиковый теплообменник и газовую горелку инфракрасного излучения типа «Фонарь». Подогреватель подключается к газопроводу низкого давления и устанавливается на расстоянии 10 м от групповой резервуарной установки. Подача теплоносителя от подогревателя к испарителю осуществляется центробежным насосом. Испаритель оборудован автоматикой.

В результате отбора паровой фазы потребителем давление внутри испарителя понизится, и за счет образовавшейся разности давления жидкая фаза постепенно заполнит пространство испарителя, поплавок всплынет и

закроет нижний клапан, что предотвратит поступление жидкой фазы в редукционную головку и далее к потребителю. Одновременно с этим откроется верхний клапан, соединяющий патрубок паровой фазы с паровым пространством резервуара, и паровая фаза, образующаяся за счет естественного испарения из всего объема жидкой фазы, будет продолжать поступать к потребителю.

## **8 Технология возведения инженерных систем**

Трассировка газопроводов по территориям населенных пунктов, внутри кварталов или дворов должна обеспечивать наименьшую протяженность газопроводов и ответвлений от них к жилым зданиям, а также максимальное удаление от подземных строений и не напорных подземных коммуникаций. Трассировка газопроводов по незастроенным территориям должна производиться с учетом планировки будущей застройки.

### **8.1 Монтаж систем внутреннего газоснабжения**

Материалы, применяемые для газопроводов и газовые приборы – трубы стальные бесшовные.

Трубы соединяют на сварке. Резьбовые соединения применяют для установки запорной арматуры и газовых плит. Разъемные соединения газопроводов должны быть доступны для осмотра и ремонта. Соединительные части применяют из ковкого чугуна и спокойной стали.

Для уплотнения резьбовых соединений применяют льняную прядь, пропитанную свинцовыми белилами (суриком), или уплотняют лентой ФУМ. При сварке применяют электроды. Для сниженных углеводородных газов применяют специальную арматуру.

Краны должны иметь риску, указывающую направление газа, которые устанавливаются таким образом, чтобы ось пробки крана была параллельна стене.

#### **8.1.1 Подготовительные работы**

К началу монтажа работ по внутреннему газооборудованию должны быть выполнены работы по устройству междуэтажных перекрытий, стен и перегородок, на которые будут устанавливаться газовое оборудование и приборы, а так же монтироваться газопроводы и арматура; отверстий для прокладки газопроводов в фундаментах, перекрытиях, стенах и перегородках; каналов и борозд для газопроводов; чистых полов или фундаментов под газовое оборудование и приборы.

Должны быть выполнены: штукатурка стен в помещениях кухонь и ванн, в которых предусмотрена установка газового оборудования; облицовка стен, около которых устанавливаются газовые приборы и монтируются газопроводы; окраска полов в местах установки газовых приборов. Помещения кухонь должны быть оснащены форточками. После приемки составляем акт о приемке объекта под монтаж.

### **8.1.2 Монтажные работы**

Прокладку газопроводов внутри зданий следует предусматривать открытой. Сварные и разъемные соединения нельзя заделывать в стены или перекрытия. Вертикальные газопроводы в местах пересечения строительных конструкций следует прокладывать в футлярах. Пространство между газопроводом и футляром необходимо заделывать просмоленной паклей. Конец футляра должен выступать под полом не менее чем на 3 см. Участки, проложенные в футлярах или гильзах не должны иметь стыков, расстояние от сварного шва до футляра 100 м. Участки цеховых газопроводов прокладывают в подпольных каналах, которые не должны иметь разъемных соединений. При разметке опор нужно учитывать необходимость крепления труб в местах арматуры, поворотов. Краны на вертикальных и горизонтальных газопроводах следует размещать так, чтобы пробка была параллельна стене.

Стойки газопровода устанавливают вертикально с допустимым отклонением 2 мм на 1м высоты. Для установки арматуры и оборудования необходимо применение сгонов. Расстояние от стенки до трубы в свету должно быть не менее радиуса трубы.

Запорную арматуру до установки ревизируют, удаляют смазку и проверяют сальники, прокладки на герметичность.

Ввод газопровода в зданиях, располагают в нежилых, доступных для осмотра помещениях (лестничная клетка).

Внутренние газопроводы, в том числе прокладываемые в каналах, следует окрашивать. Для окраски следует применять водостойкие лакокрасочные материалы.

### **8.1.3 Испытание внутреннего газопровода**

Смонтированные газопроводы испытывают на прочность и плотность представители монтажной организации. Причем на плотность в присутствии представителя-заказчика и эксплуатационной организации. При пневматическом испытании давлением 0,01 МПа применяют жидкостные V-образные манометры. При большем давлении можно использовать V-образные ртутные и пружинные манометры. Испытания проводят при отключенном оборудовании. В жилых зданиях газопровод низкого давления испытывают воздухом на прочность давлением равным 0,01 МПа. При снабжении сжиженным газом испытательное давление равно 5 кПа с подключенными приборами. Газопровод считают выдержавший испытание на плотность, если падение давления в нем в течении 5 мин не превышает 200 Па. Испытание внутренних газопроводов на плотность проводят после выравнивания температуры внутри газопровода и окружающей среды.

Пуск газа в газовую сеть осуществляется эксплуатирующей организацией в присутствии представителя монтажной организации.

Приемка системы в эксплуатацию оформляется актом.

## **8.2 Монтаж подземного газопровода**

### **8.2.1 Подготовительные работы**

Прежде всего, строительная организация должна получить разрешение на право проведения земляных работ на территории города. Разрешение выдается из организации с указанием имени ответственного за производство работ.

Кроме того, организация, производящая земляные работы, получает письменное уведомление на производство земляных работ от всех организаций, прокладывающих подземные коммуникации.

Вскрытие инженерных коммуникаций, пересекаемых трубопроводами, должно производиться в присутствии представителей заинтересованных организаций. При этом должны приниматься меры к предохранению вскрытых коммуникаций от повреждений.

Для получения допуска необходимо указать срок строительства, мероприятия по благоустройству территории строительства и восстановлению дорожных покрытий.

#### **Разбивка трассы газопровода**

До начала строительства газопровода заказчиком с участием эксплуатационных организаций должна быть разбита трасса, при этом:

1) нивелирование постоянных реперов должно производиться с точностью, предусмотренной главой СНиП по геодезическим работам в строительстве;

2) вдоль трассы установлены временные реперы, связанные нивелировочными ходами с постоянным;

3) разбивочные оси и углы поворота трассы должны быть закреплены на местности.

В проекте на строительство газопровода привязка оси делается от красных линий застройки. Ось закрепляется через 100-150 метров металлическим штырем. За состояние разбивки трассы несет ответственность монтажная организация.

Трубы, запорную арматуру поставляют на автомобиле ЗИЛ 130-76 с ЦЗМ или заводов согласно составленных заявок по спецификациям. Трубы, арматура, сварочные и изоляционные материалы, применяемые для строительства систем газоснабжения, должны иметь сертификаты заводов-изготовителей, подтверждающие соответствие требованиям государственных стандартов или технических условий.

При погрузке, перевозке и выгрузке труб, сваренных секций газопровода, фасонных частей, монтажных узлов и запорной арматуры должна быть обеспечена их сохранность. Сбрасывание труб, секций, фасонных частей, арматуры и монтажных узлов с транспортных средств запрещается.

На оборудование должны иметься технические паспорта заводов-изготовителей и, как правило, инструкции по его монтажу и эксплуатации.

Технические паспорта должны иметься также на изолированные трубы, конденсатосборники, гнутые колена и другую продукцию. Трубы на трассу поставляют с неизолированными концами для сварки на бровку траншей. Их раскладывают по трассе по схеме ППР.

### **8.2.2 Земляные работы**

Земляные работы по рытью траншей и котлованов должны производиться после разбивки трассы газопроводов. Должны быть определены границы разработки траншей или котлованов с установкой указателей о наличии на данном участке трассы подземных коммуникаций.

Рытье траншей должно выполняться в общем потоке с другими работами по перекладке газопровода.

Приемки для сварки неповоротных стыков, также котлованы для установки конденсатосборников и других устройств на газопроводе должны отрываться непосредственно перед выполнением этих работ.

Срезка растительного слоя производится бульдозером ДЗ-42 на базе трактора Т-75. Рытье траншей производится экскаватором ЭО 1621 с обратной лопатой. После рытья траншей следует ручная зачистка стенок и дна траншей, затем грунт отсыпают в отвал, с одной стороны. Лишний грунт вывозится самосвалом МАЗ-503. Основание под газопровод заполняют песчаным грунтом толщиной минимум 100 мм. Через каждые 100-150 метров устанавливают пешеходные мостики.

### **8.2.3 Сборка и сварка труб в звенья**

Перед сборкой под сваркой стальных труб необходимо:

- 1) очистить их внутреннюю полость от возможных засорений (грунта, льда, снега, воды, строительного мусора, отдельных предметов и др.);
- 2) проверить геометрические размеры разделки кромок, выпрямить плавные вмятины на концах труб глубиной до 3,5% наружного диаметра трубы;
- 3) очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб.

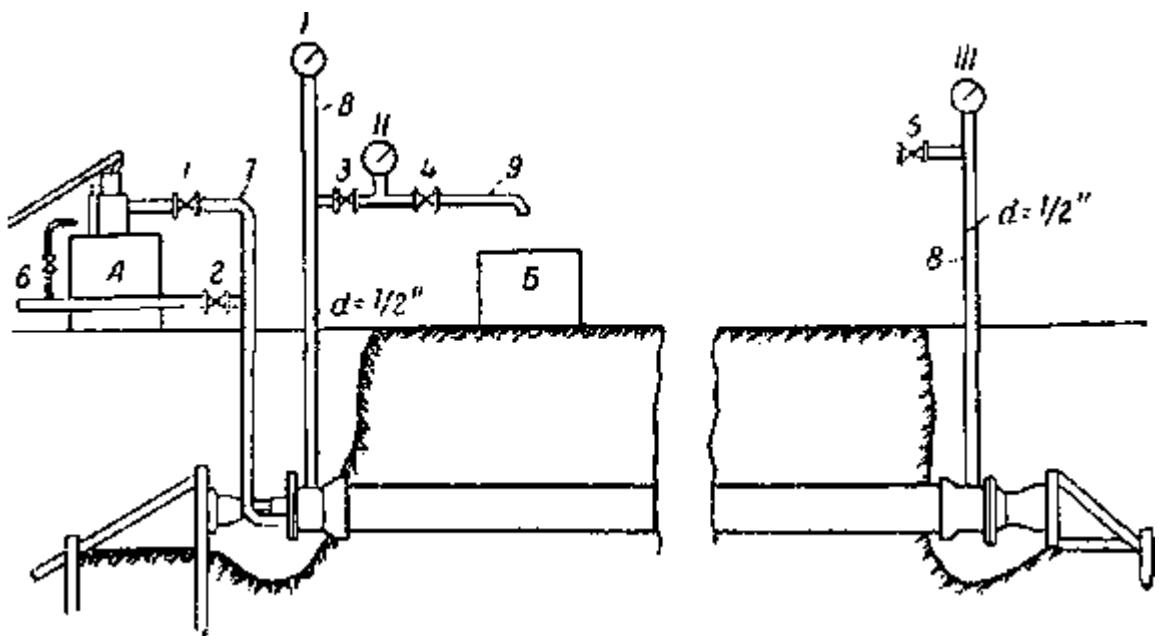
## **8.3 Монтаж трубопроводов**

Монтаж производится в соответствии со СНиП 2.04.08-87\* «Наружные газопроводы, сооружения». Перед монтажом и укладкой должна быть подготовлена постель под газопровод и проверен уклон дна траншеи. Газопровод плетями укладывают на петли и при помощи двух автокранов КС-1562А опускают в траншею, укладывая плеть по оси. В траншеях, в местах сварки звеньев между собой, отрывают приямки для работы сварщиков. При монтаже газопровода должен быть постоянный пооперационный контроль со стороны заказчика. Сварщики на монтаже должны иметь допуск и личное клеймо.

Проводится гаммография 5% поворотных стыков и неповоротных стыков. На стыках ГРУ производится 100% просветка.

#### 8.4 Предварительное испытание газопровода

Испытания проводятся в соответствии со СНиП 3.05.04-85 «Испытания трубопроводов и сооружений». Для очистки внутренней поверхности труб от грязи, влаги применяют пневматическую очистку. Затем производят испытание газопровода на прочность давлением 3 кгс/см<sup>2</sup> в течение 1 часа, затем давление снижают до 1 кгс/см<sup>2</sup> и выдерживают в течение суток – испытание на плотность. Под этим давлением осматривают сварные стыки и арматуру, устраняют утечки. После испытания приступают к изоляции стыков. Схема оборудования испытательного участка трубопровода для гидравлического испытания представлена на рисунке 8.1.



I, II, III – манометры; А – гидравлический пресс; Б – мерный сосуд; 1, 2, 3, 4, 5 – вентили; 6 – труба для заполнения трубопровода; 7 – труба гидравлического пресса; 8 – стояки; 9 – труба для выпуска воды в мерный сосуд Б

Рисунок 8.1 – Схема оборудования испытательного участка трубопровода для гидравлического испытания

#### 8.5 Монтаж резервуаров

Перед монтажом резервуаров должен быть открыт котлован до проектной отметки, защищено и спланировано дно котлована.

Основание котлована перед устройством фундаментов резервуаров уплотняется утрамбовыванием щебня. Устанавливают фундаменты с соблюдением условия, чтобы при установке уклон был 0,02 в сторону

горловины. Резервуары устанавливают на фундамент при помощи автокрана марки КС-1562А. После установки производят обвязку резервуаров трубопроводами  $d = 50$  мм.

При двух подземных резервуарах один из них оборудуется специальной редукционной головкой, размещенной на фланце головке резервуара, выходящей на поверхность земли. Резервуары соединены между собой трубопроводами паровой и жидкой фазами. В редукционной головке вырезается место для монтажа испарителя. Прокладывают контур заземления (на расстоянии 1 м от резервуаров) и соединяют на сварке с опорами резервуаров. Величина сопротивления контура не более 10 см.

Монтажные конструкции, изделия и детали должны поступать на монтажную площадку в готовом виде.

Все такелажные операции: разгрузка, погрузка и перемещение оборудования или его отделочных устройств, узлов в монтажной зоне, а также подъем и установка в проектное положение при монтаже, надлежит производить так, чтобы была обеспечена полная сохранность оборудования.

Групповые установки сжиженного газа после окончания их строительства должны быть испытаны и приняты комиссией, назначенной заказчиком в составе его представителей, а также представителей строительно-монтажной организацией треста.

Резервуары групповых установок совместно с их обвязкой испытываются на плотность воздухом, на максимальное рабочее давление  $10 \text{ кг}/\text{см}^2$  при закрытой обвязке арматуры с проверкой всех соединений мыльной эмульсией.

Испытание резервуаров на плотность воздухом допускается после гидравлического испытания их.

При производстве земляных работ необходимо обеспечить защиту котлована от атмосферных вод и промерзания дна котлована.

Для удобства обслуживания оборудования предусмотрена асфальтовая дорожка шириной 1 м. За условную отметку 0.000 принята отметка обсыпки резервуаров, соответствующая абсолютной отметке. По всему периметру групповая установка резервуаров ограждается оградой из металлической сетки по железобетонным столбам высотой 1,6 м по серии 3.017-1.

Столбы ограды устанавливаются в предельно пробуренные скважины с последующей заливкой бетона марки 100. Угловые столбы ограды устанавливаются на фундаменты.

При привязке проекта необходимо откорректировать глубину заложения фундаментов резервуаров с учетом местных гидрогеологических условий.

## 8.6 Изоляция трубопровода

Изоляция предназначена для защиты газопровода от почвенной коррозии. Перед изоляцией стыки очищают до металлического блеска. Для изоляции применить битумно-резиновую весьма усиленную изоляцию при толщине слоя 9 мм. Битумное изоляционное покрытие наносят на трубу механическим

способом и вручную. Сначала наносят грунтовку и покрывают трубы ровным слоем, а затем слой битумной мастики. Для повышения надежности покрытия слои битумной мастики армируют оберткой рулонными материалами. Для предохранения покрытия (при внешней высокой температуре окружающего воздуха) от стекания битума в момент его нанесения в полевых условиях, а также от внешних механических повреждений, последний слой битумного покрытия обертывают крафт-бумагой. Применение весьма усиленной изоляции обосновывается тем, что грунты городские, засоренные сточными водами, имеющие разнородную структуру и включения различных предметов, являются коррозионно-активными.

## **8.7 Благоустройство трассы**

После окончания испытанийстыки газопровода присыпают вручную и делают присыпку газопровода мягким грунтом на высоту 10 см от верха трубы. Остальная засыпка производится бульдозером марки ДЗ-42 с последующим уплотнением грунта катками марки ДУ-8В. Восстанавливают растительный слой.

Вся работа по монтажу газопровода и резервуарных установок должна выполняться в строгом соответствии с технологическими инструкциями и правилами безопасности в газовом хозяйстве Госгортехнадзора и [1].

## **8.8 Окончательное испытание газопровода**

Испытания на прочность и плотность газопровода должны производиться строительно-монтажной организацией в присутствии представителей заказчика и предприятия газового хозяйства, о чем делаются соответствующие записи в строительных паспортах объектов.

Газопроводы и газовое оборудование перед сдачей в эксплуатацию испытывают, используя пружинные и водяные V-образные манометры. Газопроводы давлением 0,1 МПа испытывают V-образными жидкостными манометрами. Свыше 0,1 МПа – пружинными, типа ОБМ класса 1,5. Испытания производят в соответствии с ГОСТ III-29-76 «Правила производства и приемки работ».

## **8.9 Определение объема земляных работ**

Ширина котлована понизу, м, рассчитывается по формуле

$$a = A + 0,5, \quad (8.1)$$

где  $A$  – необходимая ширина для установки резервуаров, м.

$$a = 3,5 + 0,5 = 4 \text{ м.}$$

Длина котлована понизу, м, рассчитывается по формуле

$$b = B + 0,5, \quad (8.2)$$

где  $B$  – необходимая длина для установки резервуаров, м

$$b = 3,5 + 0,5 = 4 \text{ м.}$$

Глубину котлована, м, определяем по формуле

$$h_{\kappa} = H_y + 0,5, \quad (8.3)$$

где  $H_y$  – высота резервуаров, м.

$$h_{\kappa} = 2,3 + 0,5 = 2,8 \text{ м.}$$

Ширина котлована поверху, м, определяется по формуле

$$a_1 = a + 2 \cdot m \cdot h_{\kappa}, \quad (8.4)$$

где  $a$  – ширина котлована понизу, м, по (8.1);

$m$  – коэффициент откоса, для суглинка  $m = 0,2$ ;

$h_{\kappa}$  – глубина котлована, м, по (8.3).

$$a_1 = 4 + 2 \cdot 0,2 \cdot 2,8 = 5,12 \text{ м.}$$

Длина котлована поверху, м, рассчитывается по формуле

$$b_1 = b + 2 \cdot m \cdot h_{\kappa}, \quad (8.5)$$

где  $b$  – длина котлована понизу, м, по (8.2);

$m, h_{\kappa}$  – то же, что и в (8.4).

$$b_1 = 4 + 2 \cdot 0,2 \cdot 2,8 = 5,12 \text{ м.}$$

Глубина траншеи, м, определяется по формуле

$$H = h + d_{cp} + k + c, \quad (8.6)$$

где  $h$  – глубина заложения газопровода, м,  $h=0,8$  м;

$d_{cp}$  – средний диаметр газопровода, м;

$k$  – толщина песчаного основания,  $k = 0,1$  м;

$c$  – толщина подушки под газопровод,  $c = 0,15$  м.

Средний диаметр газопровода, м, рассчитываем по формуле

$$d_{cp} = \frac{\sum d_i \cdot l_i}{\sum l_i}, \quad (8.7)$$

где  $d_i$  – диаметр данного участка, м;

$l_i$  – длина участка, м.

$$d_{cp} = \frac{0,083 \cdot 115 + 0,076 \cdot 30 + 0,0755 \cdot 80 + 0,07 \cdot 65 + 0,06 \cdot 80}{115 + 30 + 80 + 65 + 80} + \\ + \frac{0,057 \cdot 45 + 0,048 \cdot 35 + 0,045 \cdot 15 + 0,038 \cdot 15 + 0,0335 \cdot 15}{45 + 35 + 15 + 15 + 15} = 0,067 \text{ м};$$

$$H = 0,8 + 0,067 + 0,1 + 0,15 = 1,12 \text{ м.}$$

Определяем объем траншеи,  $\text{м}^3$ , по формуле

$$V_{mp} = L_{e/n} \cdot C \cdot H, \quad (8.8)$$

где  $L_{e/n}$  – длина газопровода, м;

$C$  – ширина траншеи сверху, м;

$H$  – глубина траншеи, м, по (8.6).

$$V_{mp} = 495 \cdot 0,6 \cdot 1,12 = 332,64 \text{ м}^3.$$

Объем котлована,  $\text{м}^3$ , рассчитываем по формуле

$$V_k = \frac{h}{6} \cdot (a \cdot b + a_1 \cdot b_1 + (a + a_1) \cdot (b + b_1)), \quad (8.9)$$

где  $h_k$ ,  $a$  – то же, что и в (8.4);

$a_1$  – ширина котлована поверху, м, по (8.4);

$b$  – то же, что и в (8.5);

$b_1$  – длина котлована поверху, м, по (8.5).

$$V_k = \frac{2,8}{6} \cdot (4 \cdot 4 + 5,12 \cdot 5,12 + (4 + 5,12) \cdot (4 + 5,12)) = 58,5 \text{ м}^3.$$

Объем работ по срезке растительного слоя траншеи, м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$V_{p.c.mp.} = L_{\varepsilon/n} \cdot C \cdot H_{p.c.}, \quad (8.10)$$

где  $L_{\varepsilon/n}$ ,  $C$  – то же, что и в (8.8);

$H_{p.c.}$  – высота растительного слоя, принимается равной 0,2 м.

$$V_{p.c.mp.} = 495 \cdot 0,6 \cdot 0,2 = 59,4 \text{ м}^3.$$

Объем работ по срезке работ растительного слоя котлована, м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$V_{p.c.k} = a_1 \cdot b_1 \cdot H_{p.c.}, \quad (8.11)$$

где  $a_1$ ,  $b_1$  – то же, что и в (8.9);

$H_{p.c.}$  – то же, что и в (8.10).

$$V_{p.c.k} = 5,12 \cdot 5,12 \cdot 0,2 = 5,27 \text{ м}^3.$$

Объем недобора грунта по всей площади котлована, м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$V_{h.k} = a \cdot b \cdot h_h, \quad (8.12)$$

где  $a$  – то же, что и в (8.4);

$b$  – то же, что и в (8.5);

$h_h$  – недобор грунта, принимается равным 0,1 м.

$$V_{h.k} = 4 \cdot 4 \cdot 0,1 = 1,6 \text{ м}^3.$$

Объем недобора грунта по всей площади траншеи, м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$V_{h.mp} = C \cdot L_{\varepsilon/n} \cdot h_h, \quad (8.13)$$

где  $C$ ,  $L_{\varepsilon/n}$  – то же, что и в (8.8);

$h_h$  – то же, что и в (8.12).

$$V_{h.mp} = 0,6 \cdot 495 \cdot 0,1 = 29,7 \text{ м}^3.$$

Объем грунта при разработке котлована экскаватором с погрузкой в транспортное средство, м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{этс.к}} = V_y, \quad (8.14)$$

где  $V_y$  – объем резервуарной установки, м<sup>3</sup>, который рассчитывается по формуле

$$V_y = V_{\text{рез}} \cdot n, \quad (8.15)$$

где  $V_{\text{рез}}$  – объем резервуара, м<sup>3</sup>;  
 $n$  – количество резервуаров.

$$V_y = 1,9 \cdot 2 = 3,8 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{этс.к}} = 3,8 \text{ м}^3.$$

Объем работ при разработке траншеи экскаватором с погрузкой в транспортное средство, м<sup>3</sup>, рассчитываем по формуле

$$V_{\text{этс.тп}} = V_{\text{э/н}}, \quad (8.16)$$

где  $V_{\text{э/н}}$  – объем газопроводов, м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{э/н}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э/н}}^{cp}}{4} \cdot L_{\text{э/н}}, \quad (8.17)$$

где  $L_{\text{э/н}}$  – то же, что и в (8.8);  
 $d_{\text{э/н}}^{cp}$  – то же, что и в (8.6).

$$V_{\text{э/н}} = \frac{3,14 \cdot 0,067^2}{4} \cdot 495 = 1,74 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{этс.тп}} = 1,74 \text{ м}^3.$$

Объём работ по разработке грунта в траншее экскаватором с выгрузкой в отвал, м<sup>3</sup>, рассчитываем по формуле

$$V_{\text{эо.тп}} = V_{\text{тп}} - V_{\text{р.с.тп.}} - V_{\text{н.тп.}} - V_{\text{э/н}}, \quad (8.18)$$

где  $V_{mp}$  – объем траншеи, м<sup>3</sup>;

$V_{p.c.}$  – объем работ по срезке растительного слоя траншеи, м<sup>3</sup>;

$V_{h.mp}$  – объем недобора грунта в траншее, м<sup>3</sup>;

$V_{e/n}$  – объем газопровода, м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{о.тп}} = 332,64 - 59,4 - 29,7 - 1,74 = 241,8 \text{ м}^3.$$

Объем работ по разработке грунта в котловане экскаватором с выгрузкой в отвал, м<sup>3</sup>, рассчитываем по формуле

$$V_{\text{о.к}} = V_k - V_{p.c.k.} - V_{h.k} - V_y, \quad (8.19)$$

где  $V_k$  – объем котлована, м<sup>3</sup>;

$V_{p.c.k.}$  – объем работ по срезке растительного слоя котлована, м<sup>3</sup>;

$V_{h.k}$  – объем недобора грунта в котловане, м<sup>3</sup>;

$V_y$  – объем резервуарной установки, м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{о.тп}} = 58,5 - 5,27 - 1,6 - 3,8 = 47,83 \text{ м}^3.$$

Объем грунта обратной засыпки траншем, м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$V_{\text{о.тп}} = \frac{V_k - V_{e/n}}{K_{op}}, \quad (8.20)$$

где  $V_{mp}$ ,  $V_{e/n}$  – то же, что и в (8.18);

$K_{op}$  – коэффициент остаточного разрыхления, равный 1,05.

$$V_{\text{о.тп}} = \frac{332,64 - 1,74}{1,05} = 315 \text{ м}^3.$$

Объем грунта обратной засыпки котлована, м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$V_{\text{о.тп}} = \frac{V_k - V_y}{K_{op}}, \quad (8.21)$$

где  $V_k$ ,  $V_y$  – то же, что и в (8.19);

$K_{op}$  – коэффициент остаточного разрыхления, равный 1,05.

$$V_{\text{о.тп}} = \frac{58,5 - 3,8}{1,05} = 52,1 \text{ м}^3.$$

Ведомость объемов земляных работ представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Ведомость объемов земляных работ

Наименование строительных процессов	Единица измерения	Количество единиц
Срезка растительного слоя грунта I категории бульдозером ДЗ-42	м <sup>3</sup>	64,67
Разработка растительного слоя грунта I категории экскаватором ЭО-1621 с обратной лопатой с емкостью ковша 15 м <sup>3</sup> с погрузкой в транспортное средство	м <sup>3</sup>	5,54
Разработка грунта I категории в траншее и котловане экскаватором обратная лопата с емкостью ковша 15 м <sup>3</sup> в отвал	м <sup>3</sup>	289,63
Разработка грунта I категории в котловане и траншее вручную (зачистка дна)	м <sup>3</sup>	31,3
Обратная засыпка грунта I категории в траншее и котлован	м <sup>3</sup>	367,1

## 8.10 Выбор комплекта машин и механизмов

Для разработки грунта I категории из траншеи в отвал, принят одноковшовый экскаватор, оборудованный обратной лопатой – ЭО 1621.

Технические характеристики:

- емкость ковша – 0,15 м<sup>3</sup>;
- наибольшая высота выгрузки – 1,7 м;
- максимальный радиускопания – 4,10 м;
- мощность двигателя – 60 кВт;
- масса экскаватора – 3,9 т;
- наибольшая глубинакопания – 2,2 м.

В комплексе с экскаватором ЭО 1621 принимаем бульдозер марки ДЗ-42 на базе трактора ДТ-75.

Технические характеристики:

- длина отвала – 2,56 м;
- высота отвала – 0,8 м;
- скорость перемещения – 11,3 км/ч.

Габаритные размеры:

- длина – 4,98 м;
- ширина – 2,52 м;
- высота – 2,65 м.

Техническая характеристика автокрана марки КС-1562А:

Расчетный вылет стрелы при монтаже резервуаров ориентировочно равен 10 м.

Грузоподъемность:

- при наименьшем вылете крюка – 4 т;
- при наибольшем вылете крюка – 1,2 т.

Длина основной стрелы – 6 м.

Вылет крюка основной стрелы:

- наименьший – 3,5 м;
- наибольший – 8,5 м.

Высота подъема :

- при наименьшем вылете крюка – 6,2 м;
- при наибольшем вылете крюка – 3,8 м.

Скорость передвижения:

- рабочая (с грузом) – 5 км/ч;
- транспортная – 75 км/ч.

Мощность двигателя – 77 кВт.

Масса крана в рабочем состоянии – 7,1 т.

Автокран марки КС-1562А представлен на рисунке 8.3.

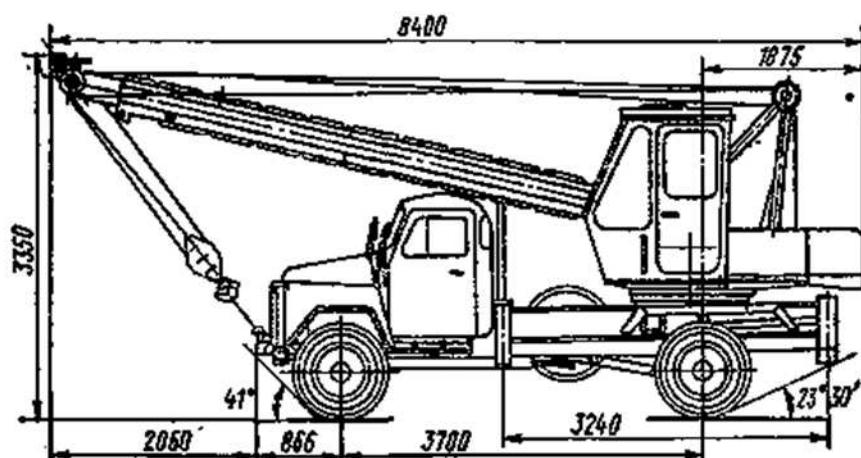


Рисунок 8.3 – Автокран марки КС-1562А

Технические характеристики бортового автомобиля:

- марка – ЗИЛ 130-76
- грузоподъемность – 6 т
- габариты – 6675×2500×3800

Бортовой автомобиль ЗИЛ 130-76 представлен на рисунке 8.4.

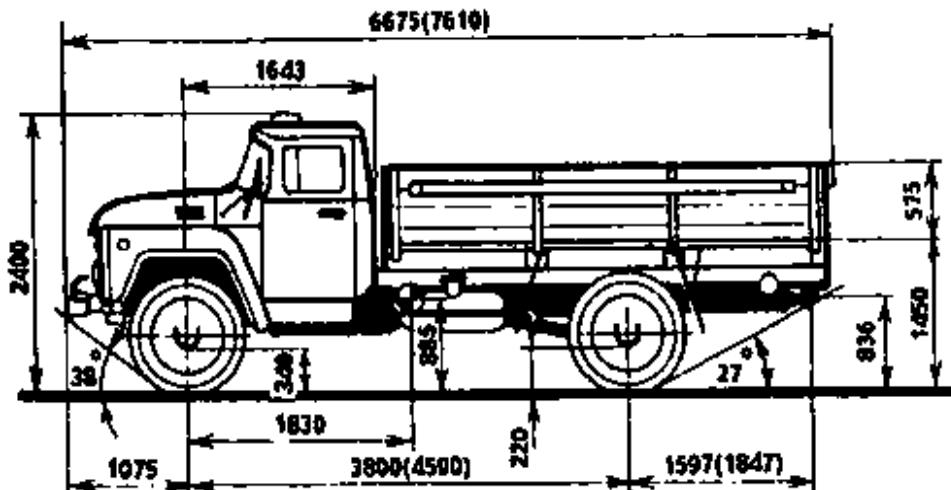


Рисунок 8.4 – Бортовой автомобиль ЗИЛ 130-76

Техническая характеристика самосвала МАЗ-503:

Грузоподъемность – 7т.

Габариты – 5920×2500×2700.

Вес в снаряженном состоянии – 6,75 т.

Емкость кузова – 4,0 м<sup>3</sup>.

Скорость V<sub>max</sub> = 80 км/ч.

Самосвал МАЗ-503 представлен на рисунке 8.5.

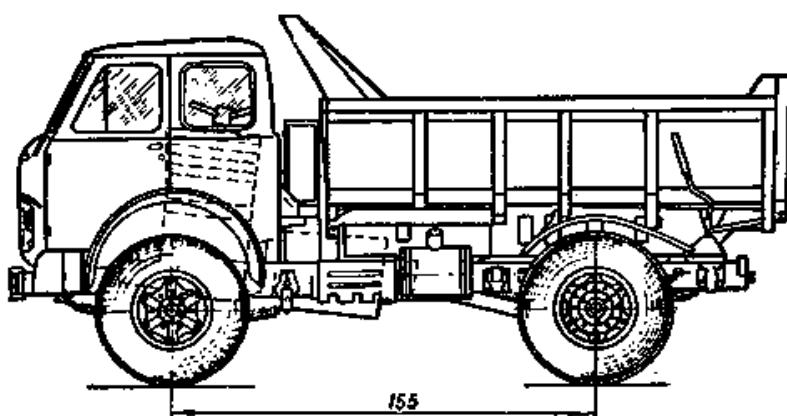


Рисунок 8.5 – Самосвал МАЗ-503

Технические характеристики катка марки ДУ-8В

Ширина уплотняемой полосы – 1,29 м.

Количество колес – 2 шт.

Диаметр колес:

ведущего – 1,6 м;

ведомого – 1,3 м.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения работы достигнута главная цель – проектирование системы газоснабжения жилого района.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- рассчитано годовое газопотребление на основании расчета численности населения жилого района;
- рассчитана и спроектирована газонаполнительная станция;
- произведен расчет резервуарных установок;
- рассчитаны внутридомовой и внутрквартальный газопроводы.

В разделе технологии возведения инженерных систем представлено описание по монтажу газового оборудования, а также составлена монтажная схема обвязки резервуаров.

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ГНС – газонаполнительная станция.

ПЗК – предохранительно-запорный клапан.

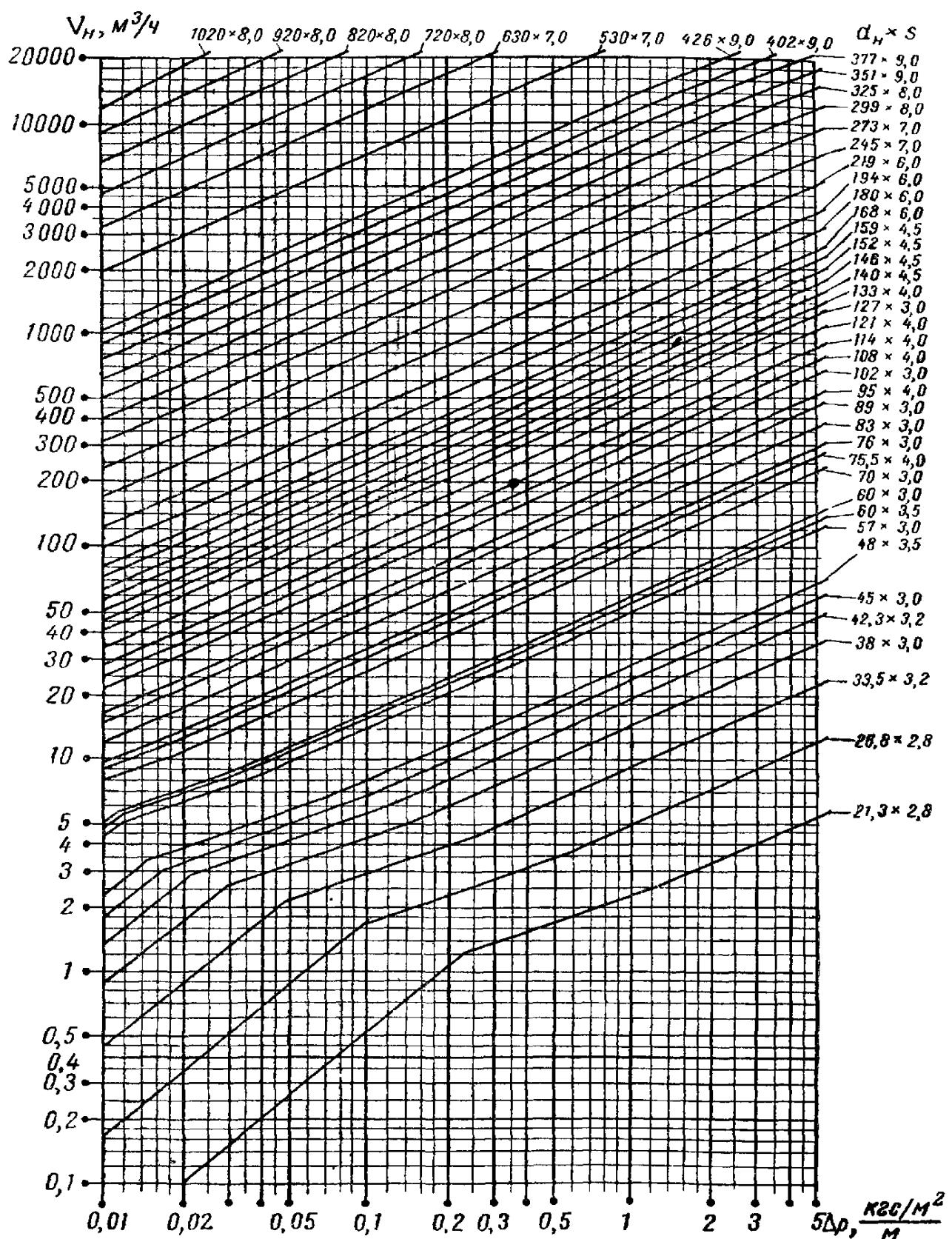
ГРУ – газорегуляторная установка.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 СНиП 2.04.08-87. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1988. – 64 с.
- 2 Рябцев Н. И., Кряжев Б. Г. Сжиженные углеводородные газы. – Москва: Недра, 1977 – 28с.
- 3 Стаскевич Н. Л., Вигдорчик Д. Я. Справочник по сжиженным углеводородным газам. – Ленинград: Недра, 1986 – 534 с.
- 4 Кулаков Н. Г., Бережнов И. А. Справочник по газоснабжению. – Киев: Будивельник, 1968. – 320 с.
- 5 Ионин А. А. Газоснабжение: Учебник для вузов. – 3-е изд., перерб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1981. – 415с., ил.
- 6 Преображенский Н. И. Сжиженные углеводородные газы. – Ленинград: Недра, 1977.
- 7 Стаскевич Н. Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа. – Ленинград: Недра, 1990. – 762 с.
- 8 СП 62.13330.2011\* Газораспределительные системы. Акт. ред. СНиП 42-01-2002). Введ. 01.01.2013.
- 9 Рябцев Н. И. Газовое оборудование, приборы и арматура. – Москва: Недра, 1985.
- 10 Черемушкин П. А., Шальнов А. П. Технология и организация строительства. – Москва: Высшая школа, 1970.
- 11 Журавлев Б. А. Справочник мастера-сантехника. – Москва: Стройиздат, 1982.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

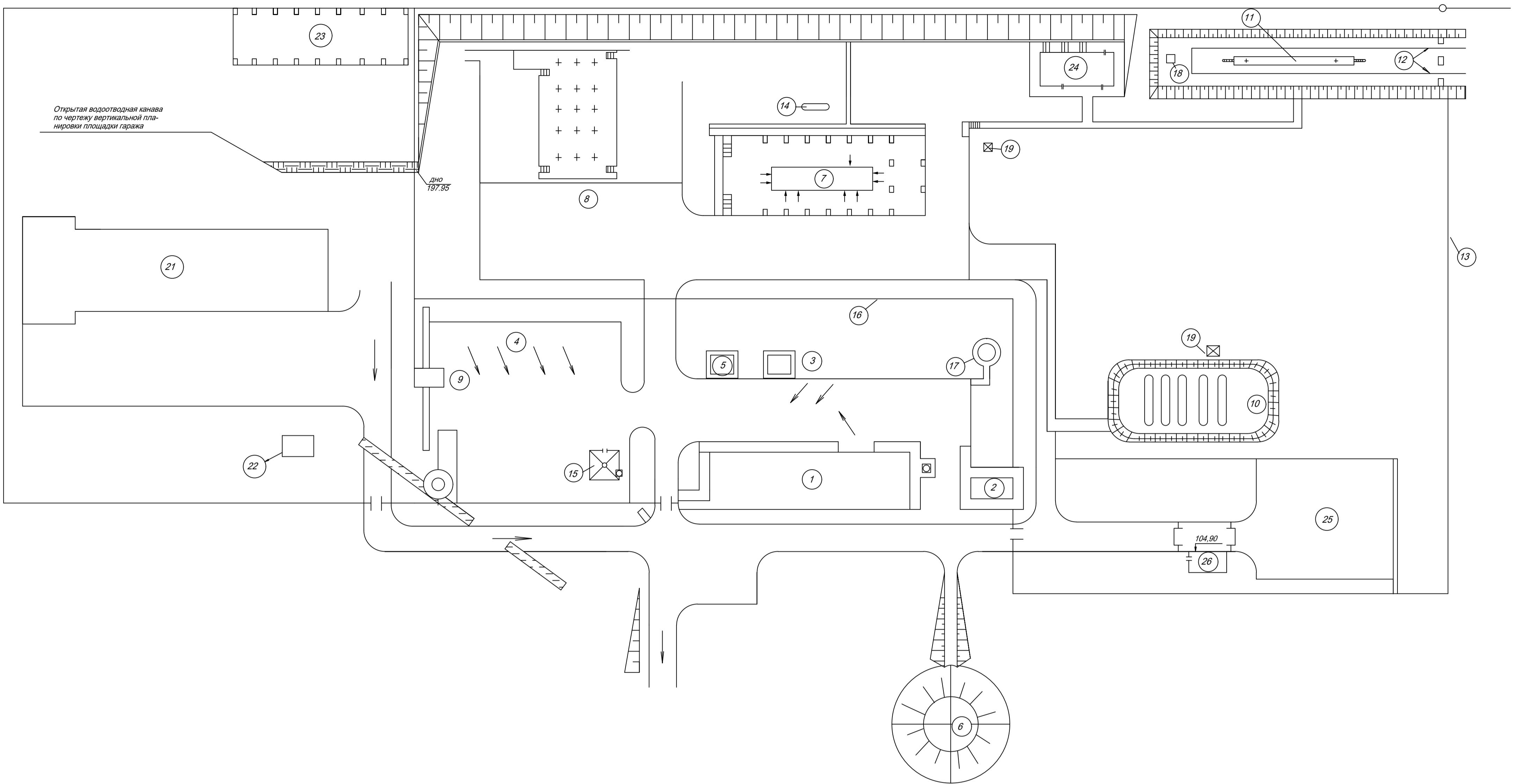
**Номограмма для определения удельных потерь давления в газопроводах низкого давления**





# *СХЕМА ГЕНПЛАНА ГНС.*

# Экспликация



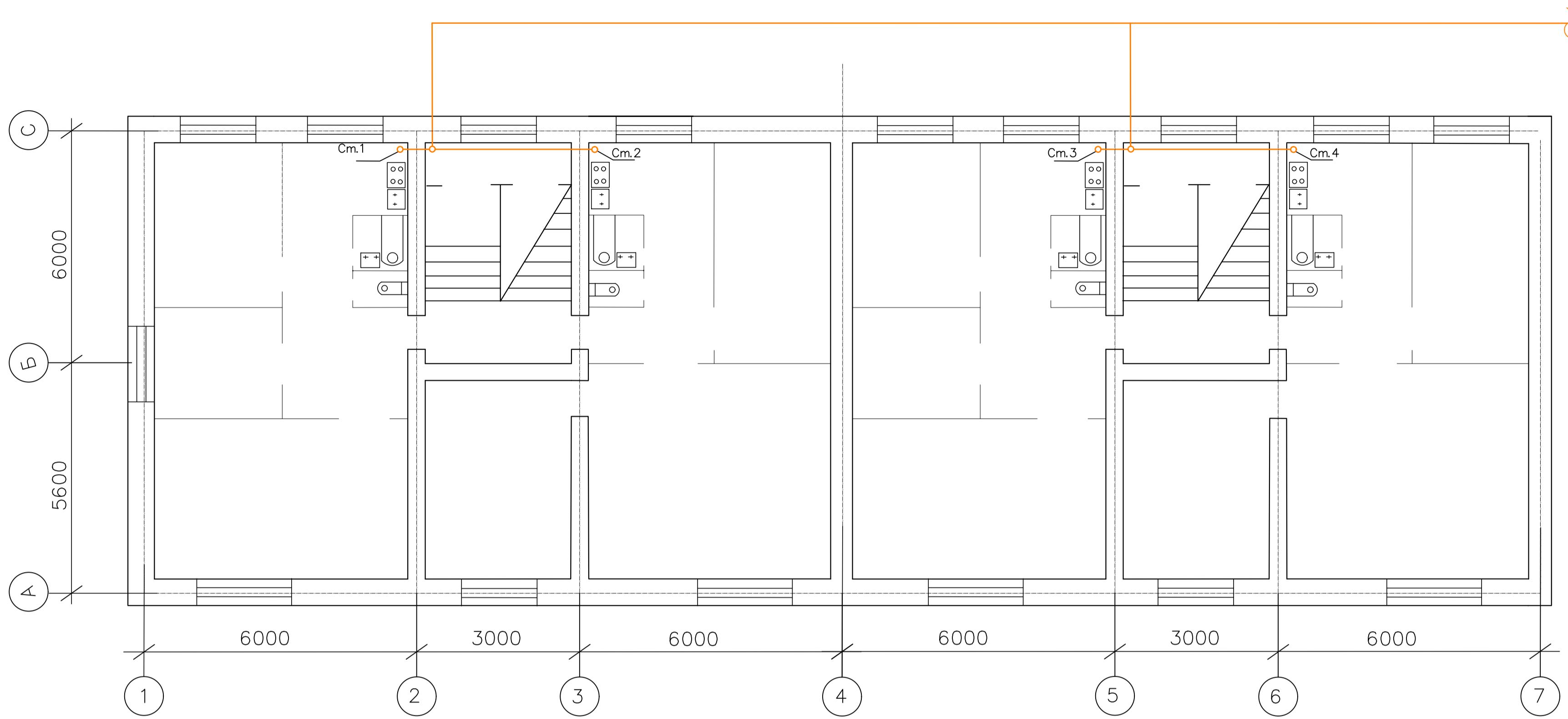
Номер на плане	Наименование	Координаты квадрата сетки
1	Блок вспомогательных помещений	
2	Трансформаторная подстанция	
3	Склад ГСМ	
4	Открытая стоянка автомашин	
5	Дворовая уборная	
6	Резервуар для воды емк. 1000 м <sup>3</sup>	
7	Наполнительный цех	
8	Колонки для наполнения автоцистерн	
9	Калориферная	
10	База хранения	
11	Эстакада для слива сжиженного газа	
12	Железнодорожные пути	
13	Ограждение H=2.05 м.	
14	Резервуар для слива тяжелых остатков	
15	Эстакада для мойки автомашин (разборная)	
16	Ограждение H=1.05 м.	
17	Водонапорная башня	
18	Электролебедка	
19	Молниеотводы	
20	Отстойник	
21	Гараж	
22	Эстакада для мойки машин	
23	Склад	
24	Насосно-компрессорная	
25	Автоколонки	
26	Автовесы	
27	Вытяжная камера	

Согласовано			
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	

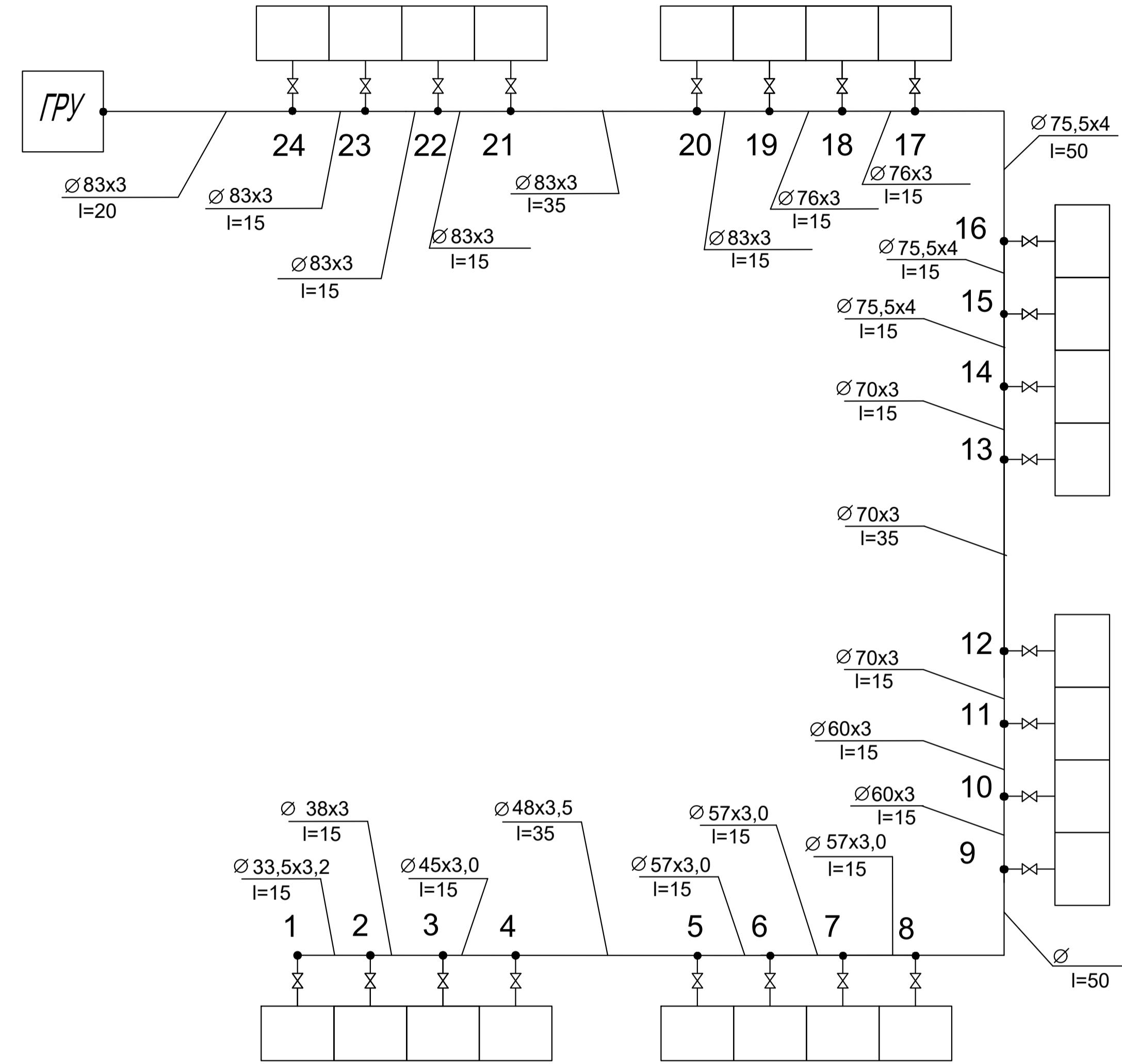
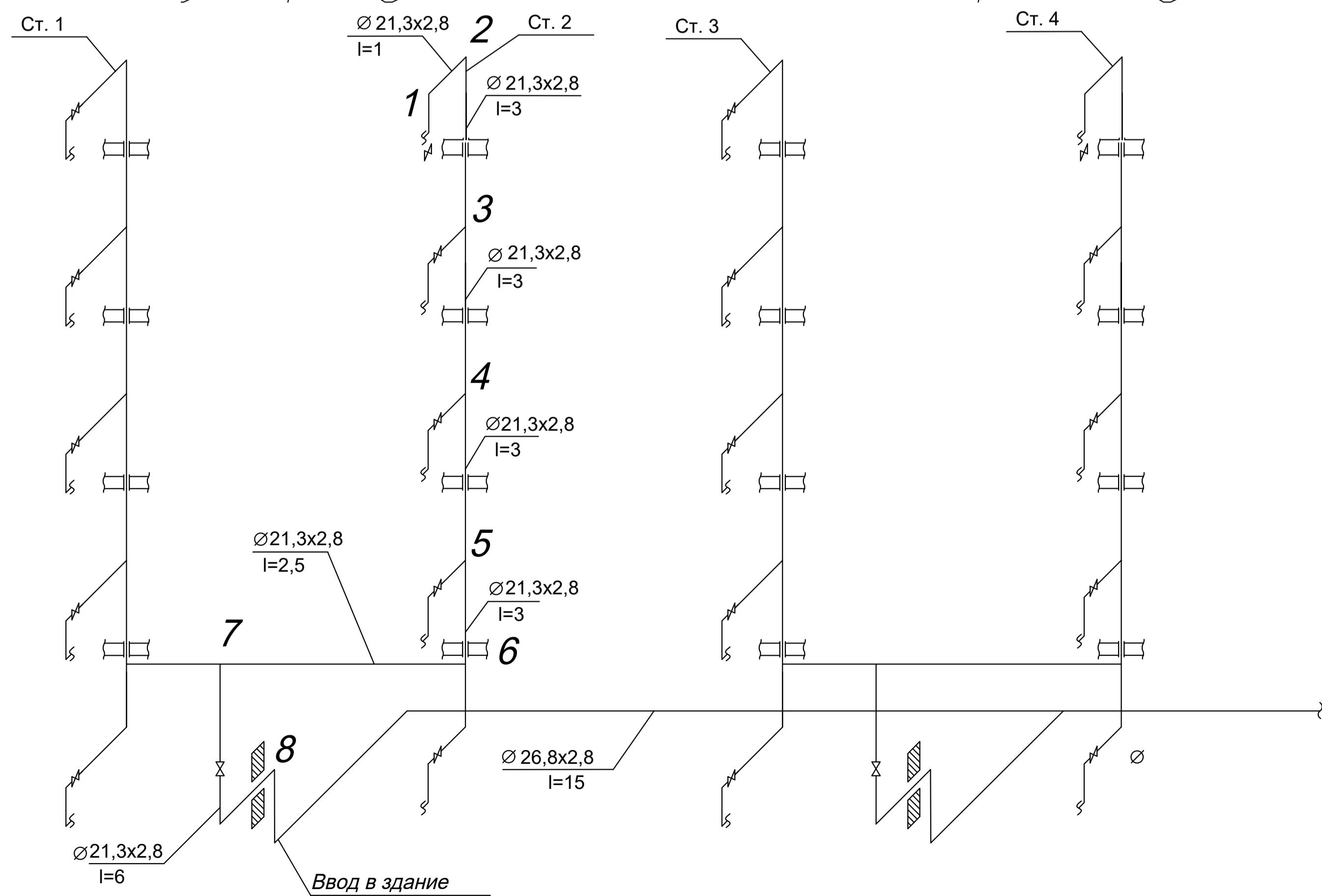


# План типового этажа М 1:50.

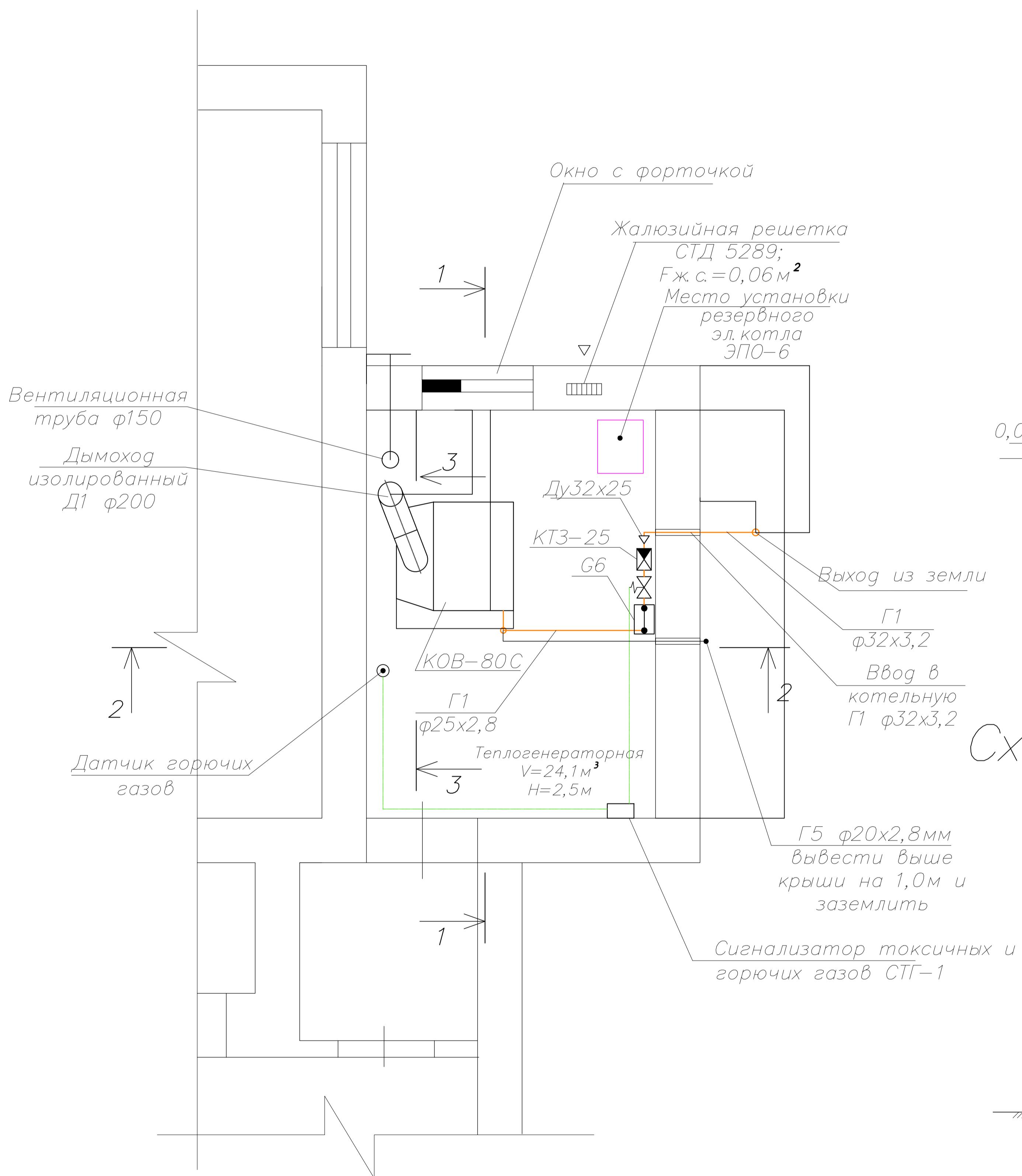
# Схема внутривартального газопровода.



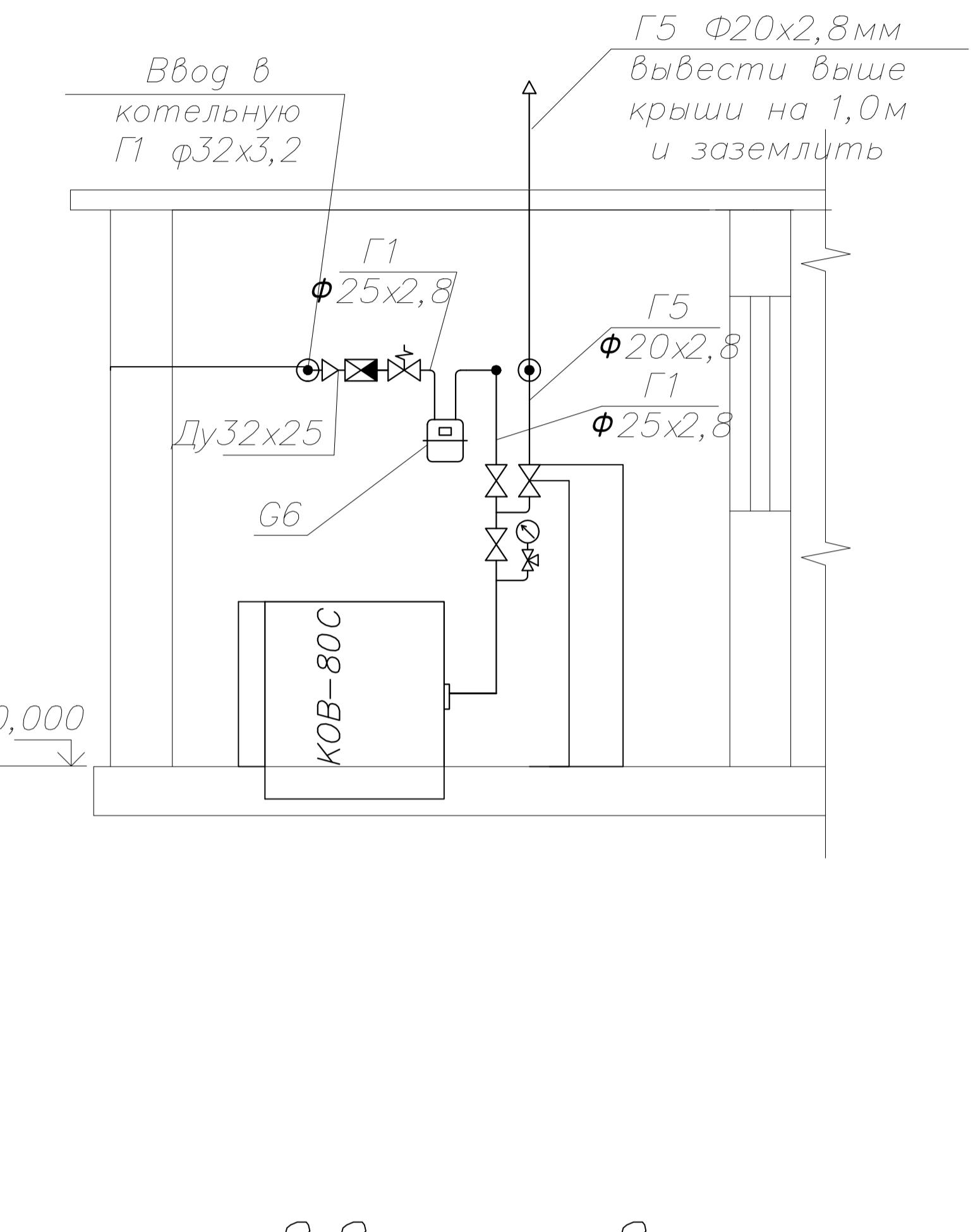
# Аксонометрическая схема внутридомового газопровода.



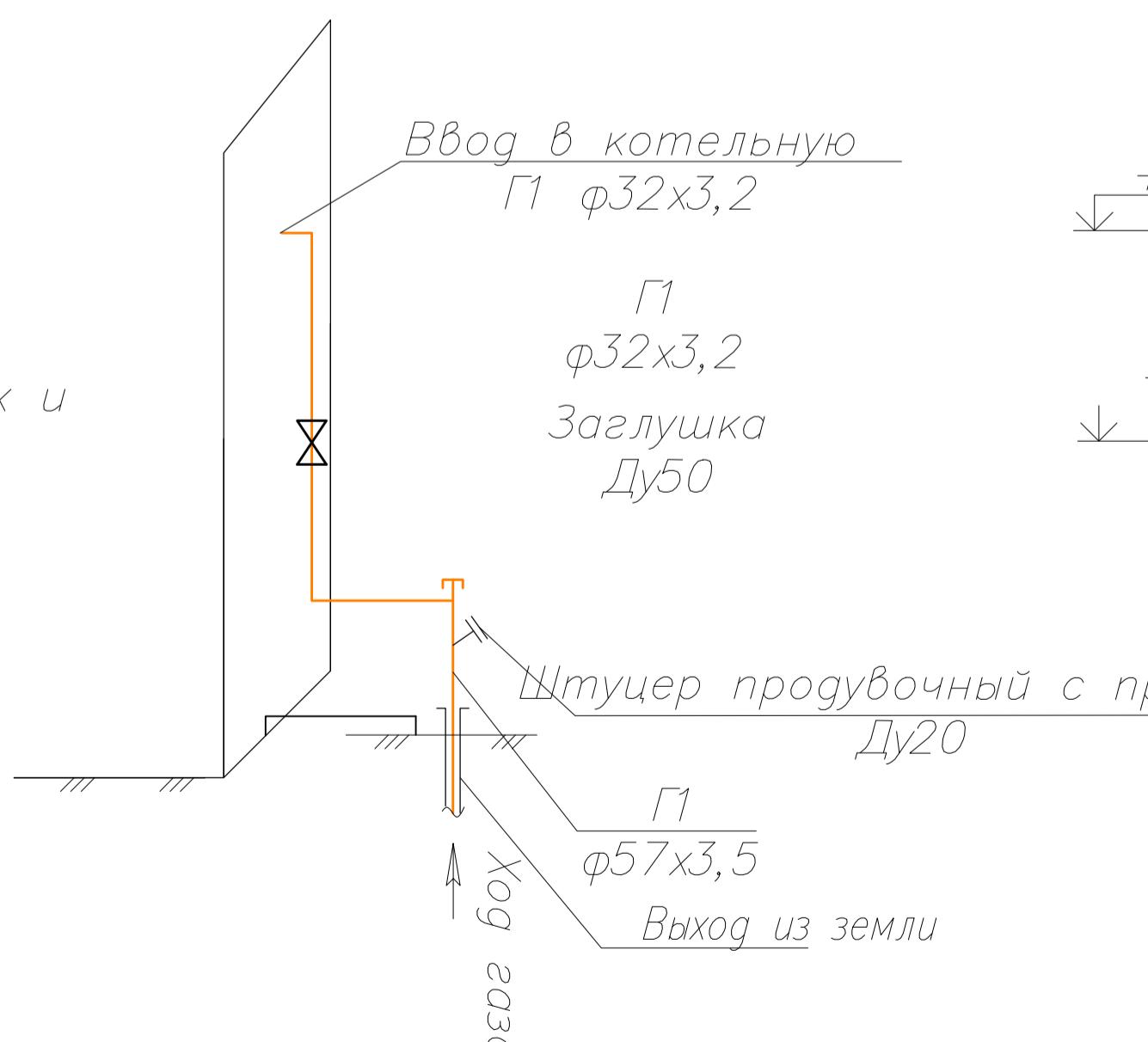
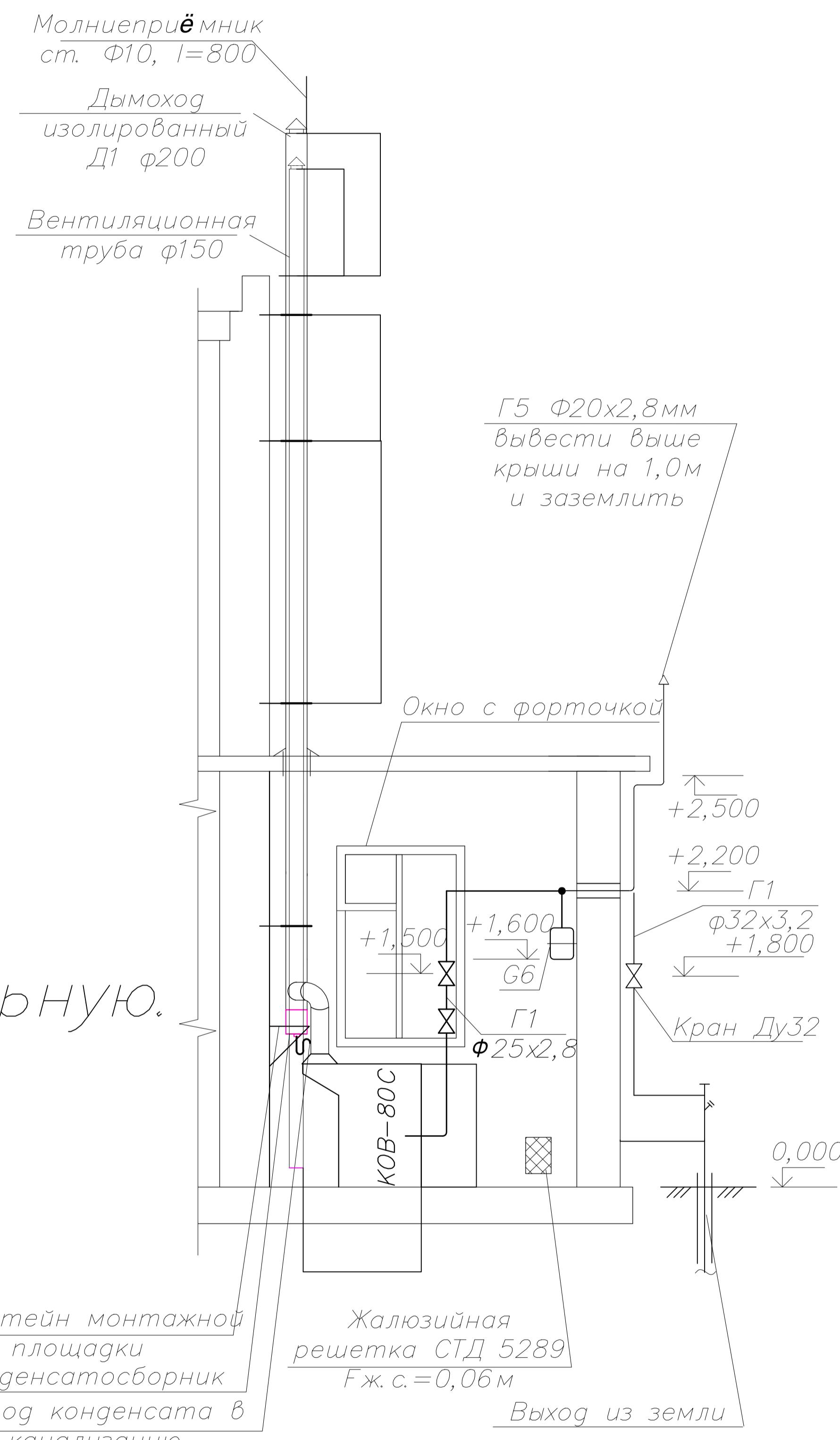
План котельной М 1:50



Разрез 1-1 М 1:50



Разрез 2-2 М 1:50



БКР-08.03.01.00.05					
Изм	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Лит
Разраб.					
Прое.					
Н. контр.					

Снабжение сжиженным газом жилого района и предприятия

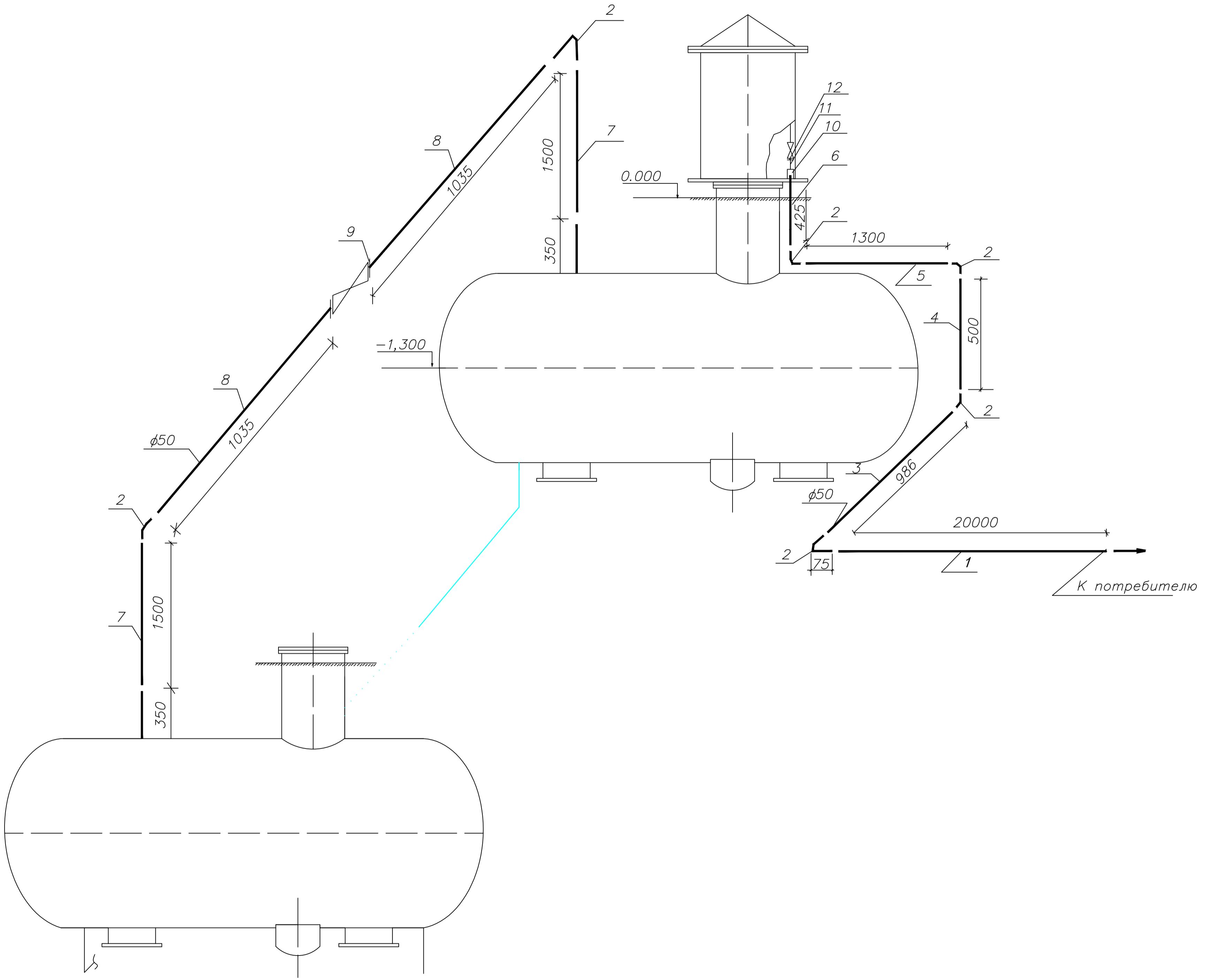
План котельной М 1:50. Разрез 1-1 М 1:50. Разрез 2-2 М 1:50. Схема ввода в котельную

Лист

Листове 5

ИСЗиС

# Монтажная схема обвязки резервуаров



Технические требования: газопровод собирать на сварке и резервуары изолируют защитным покрытием весьма усиленного типа.

# Комплектовочная ведомость

Номер узла	Число узлов	Номер детали	Эскиз детали	Условный проход	Заготовительная длина	Количество
	1		C ————— C	50	20000	1
	2		отвог 90°	50	75	6
	3		C ————— C	50	986	1
	4		C ————— C	50	500	1
	5		C ————— C	50	1300	1
	6		C ————— C	50	425	1
	7		C ————— C	50	1500	2
	8		C ————— C	50	1035	2
	9		фланец	50	—	2
	10		муфта	50	50	1
	11		сгон	50	130	1
	12		контр. гайка	50	—	1

# Спецификация ГРУ

Поз.	Обозначение	Наименование	кол во	мас- са	приме- чание
1	2	3	4	5	6
1	ГОСТ 87.34-75*	Труба бесшовная холод-но деформированная Ø50	8281	39,6	м
2	11Ч3Бк	Кран пробковый настяж-ной муфтовый чугунный Ø 50.	2	10,6	шт.
3	15КЧ19Н	Вентиль запорный фланцевый Ø50	4	32	шт.

BKR 08.03.01.00.05

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Г. В. Сакаш

запланувані

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

## 08.03.01.05 Теплогазоснабжение и вентиляция

## Снабжение сжиженным газом жилого района и предприятия

### Пояснительная записка

## Руководитель

Мороз доцент, к. т. н  
подпись, дата      должность, учесная степень

А. И. Авласевич

Выпускник

18.06.18

А.Д. Пахомова

Консультант:  
ТВИС

2018-06-15

А. И. Авласевич

## Нормоконтролер

М 8.06.18  
подпись, дата

А. И. Авласевич

Красноярск 2018