

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 16.09.2024 12:39:24

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6


## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра инфраструктурных энергетических систем

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

  
О. П. Локтионова

«10» 09



### ГОРОДСКИЕ, ПОСЕЛКОВЫЕ И ВНУТРИПОСЕЛКОВЫЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания к практическим занятиям и  
самостоятельной работе студентов направления подготовки  
08.04.01 «Строительство», направленность (профиль)  
«Теплогазоснабжение и вентиляция»  
заочной формы обучения

Курск 2024 г.

УДК 66.042.945, 696.2

Составитель: В.А. Жмакин

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
инфраструктурных энергетических систем Н.Е. Семичева

**Городские, поселковые и внутридомовые системы газоснабжения:** методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство», направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция» заочной формы обучения / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.А. Жмакин. – Курск, 2024. – 107 с.: ил. 6, табл. 28, прилож. 11. – Библиогр.: с. 71.

Приводятся задания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Городские, поселковые и внутридомовые системы газоснабжения» и примеры их решения задач, а также необходимый справочный материал в виде таблиц и диаграмм.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство», направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция» заочной формы обучения и могут быть использованы как для аудиторных практических занятий, так и для самостоятельной работы студентов.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 10.09.24. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ.л. 6,22. Уч. изд.л. 5,63. Тираж 100 экз. Заказ 844. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

Введение.....	4
Задание на проектирование системы газоснабжения жилого района города .....	5
1. Характеристика района строительства. ....	7
2. Характеристика газообразного топлива. ....	8
3. Определение годовой потребности в газе. ....	9
4. Определение расчетно-часовых расходов газа. ....	23
5. Газодинамический расчет газопроводов. ....	27
5.1. Газодинамический расчет сети низкого давления. ....	28
5.2 Газодинамический расчет тупиковой сети высокого (среднего) давления.....	41
5.3. Газодинамический расчет однокольцевой сети высокого (среднего) давления.....	47
5.4 Газодинамический расчет внутридомового газопровода. ....	59
6. Выбор оборудования для сетевых ГРП. ....	66
Заключение .....	70
Библиографический список .....	71
Приложение 1.....	72
Приложение 2.....	73
Приложение 3.....	91
Приложение 4.....	95
Приложение 5.....	96
Приложение 6.....	97
Приложение 7.....	99
Приложение 8.....	100
Приложение 9.....	101
Приложение 10.....	102
Приложение 11.....	106

## Введение

В нашей стране и в развитых странах Европы основная роль в XXI веке отводится природному газу как топливу.

Для обеспечения максимального пользования природным газом промышленных предприятий, жилищно-коммунальных объектов городов, рабочих поселков и сельских населенных пунктов, требуется выполнение большого объема работ по проектированию и строительству газовых сетей на современном уровне, обеспечивающих охрану окружающей среды и высокую экономическую эффективность при их использовании.

Одним из наиболее сложных вопросов является разработка проекта газоснабжения населенного пункта или жилого района города. Поэтому на примере проектирования газоснабжения квартала города Курск предложена методика разработки дипломного и курсового проектов. Данная методика позволяет в максимально полном объеме выполнить расчетную, пояснительную и графическую части по проекту газификации природным газом жилых домов квартала, группы населенных пунктов, села или специального объекта, присоединенных к магистральным, кольцевым или тупиковым газовым сетям среднего или низкого давления.

При выполнении проекта развиваются и закрепляются теоретические знания пройденного курса в области проектирования внутриквартальных дворовых систем газоснабжения и газовых сетей жилых зданий, в решении задач по определению расчетных расходов газа в сети и газодинамического расчета газопроводов, правильной их трассировки и подбора газового оборудования, труб и арматуры.

В процессе выполнения проекта накапливаются умения и навыки работ с нормативно справочной литературой и проектной документацией.

Настоящие методические указания помогут студентам в определенной последовательности произвести расчеты, найти необходимые справочные данные, правильно оформить пояснительную записку и чертежи проекта.

### Задание на проектирование системы газоснабжения жилого района города

Рассматривается пример проектирования системы газоснабжения жилого района г. Курск при следующих исходных данных. Номер генерального плана выбирается по приложению 2.

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования

1. Номер генерального плана	см. рис. 1
2. Номер ГРС	4
3. Город	Курск
4. Номера жилых кварталов: А — с горячим водоснабжением от районной газовой котельной и центральным отоплением (9 - этажная застройка)	1,2,3,5
Б – без горячего водоснабжения с отоплением от индивидуальных отопительных установок (1 – этажная застройка)	7,9
В — с горячим водоснабжением от проточных водонагревателей и центральным отоплением (5 – этажная застройка)	4,6
5. Районная газовая котельная; квартал №	9
6. Хлебозавод; квартал №	6
7. Банно-прачечный комбинат; квартал №	5
8. Процент охвата газификацией общественных зданий и сооружений	$P_n = 31\%$
9. Удельная кубатура жилых зданий	$V_{уд} = 40 \text{ м}^3/\text{чел}$
10. Промышленные предприятия: А) Трехсменное производство (плавка стали); квартал № ____, $P_{пр}^{п1}$	8, 112917680 т/год
Б) Двухсменное производство (обжиг цемента); квартал № ____, $P_{пр}^{п2}$	10, 2869600 т/год
В) Односменное производство (обжиг извести); квартал № ____, $P_{пр}^{п3}$	11 1688000 т/год
11. Плотность населения жилой части города, $n$	325 чел/га [1]
12. Номер планировки жилого здания	12

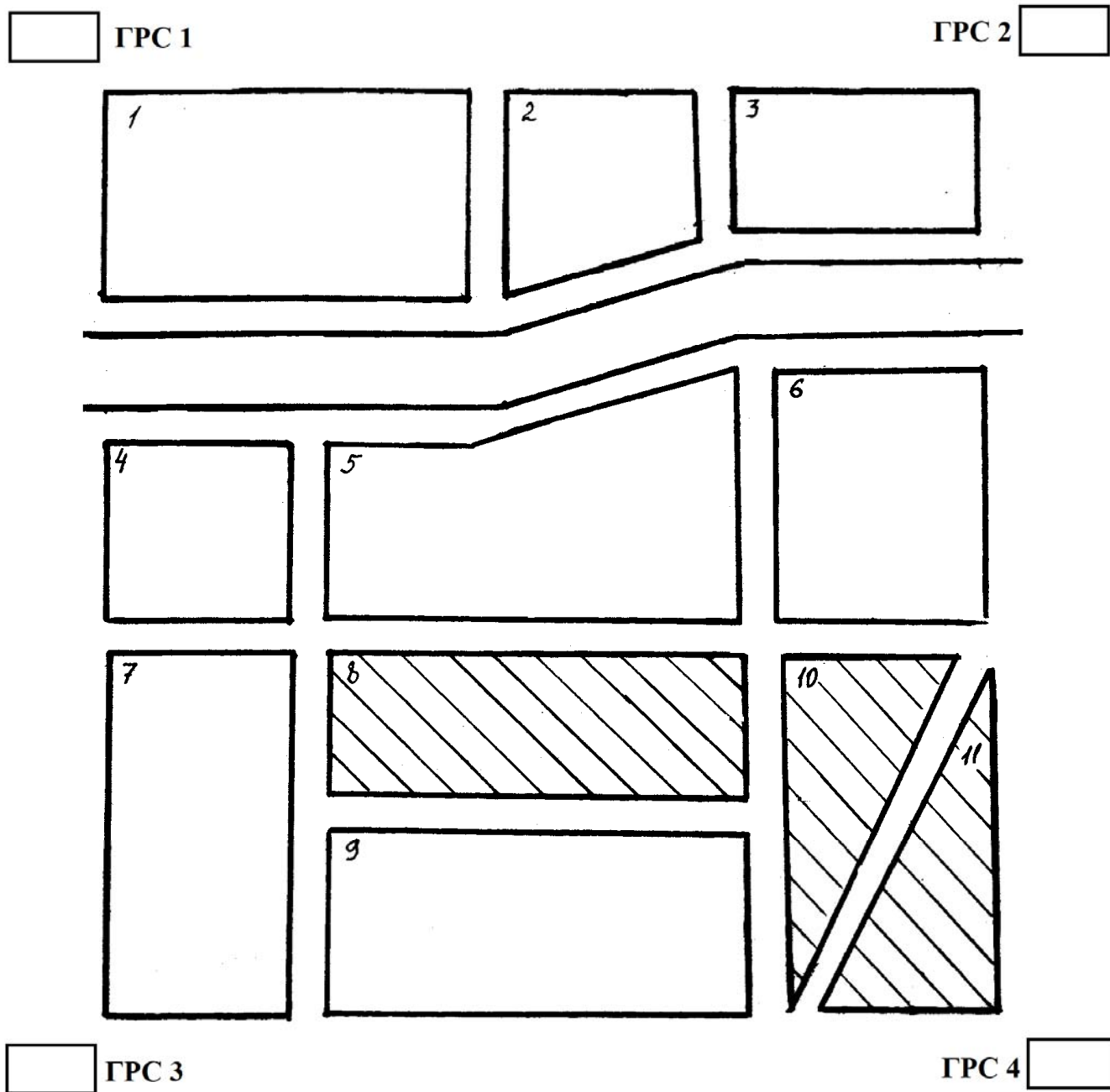


Рисунок 1 – Генплан района города Курск (М 1:10000)

## 1. Характеристика района строительства

### 1.1. Наименование населенного пункта, где производится строительство

г. Курск.

### 1.2. Плотность населения жилой части района газификации

$n = 325$  чел/га, принимаем по СП 42.13330.2016 [1].

### 1.3. Количество жителей в каждом квартале

$$N'_i = F'_i \times n, \quad (1)$$

где  $F'_i$  — площадь квартала, га;

$n$  — плотность населения жилой части района газификации, чел/га.

В соответствии с масштабом генерального плана (см. рис. 1), по формулам элементарной геометрии вычисляем площади каждого квартала. Затем, подставляя полученные значения в формулу (1), вычисляем количество жителей в каждом квартале. Результаты расчетов сводим в таблицу 2.

### 1.4. Доля населения каждого квартала от населения района газификации

$$P'_i = \frac{N'_i}{\sum_{i=1}^n N'_i}, \quad (2)$$

где  $\sum N'_i$  — общее количество жителей в районе газификации.

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Характеристика района газификации в г. Курск

№ кв-ла	$F'_i$ , га	$n$ , чел/га	$N'_i$ , чел	$\Sigma N'_i$ , чел	$P'_i$
1	60	325	19500	112775	0,173
2	25	325	8125		0,072
3	28	325	9100		0,081
5	62	325	20150		0,179
4	25	325	8125		0,072
6	42	325	13650		0,121
7	50	325	16250		0,144
9	55	325	17875		0,158

## 1.5. Климатические данные района строительства

### 1.5.1. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления принята равной средней наиболее холодной пятидневке из 8 наиболее холодных зим за 50 лет.

$t_{н.о.}$  — расчетная температура наружного воздуха, °С, выбирается по СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [2], для г. Курск  $t_{н.о.} = - 23^{\circ}\text{C}$ .

### 1.5.2. Средняя температура наружного воздуха отопительного периода

$t_{н.о.}^{cp}$  — средняя температура наружного воздуха отопительного периода, °С, выбирается по СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [2], для г. Курск  $t_{н.о.}^{cp} = - 2,2^{\circ}\text{C}$ .

### 1.5.3. Продолжительность отопительного периода

Продолжительность отопительного периода определена по числу дней с устойчивой среднесуточной температурой наружного воздуха  $+8^{\circ}\text{C}$  и ниже.

$z_0$  — продолжительность отопительного периода, сут, выбирается по СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [2], для г. Курск  $z_0 = 194$  сут.

## 2. Характеристика газообразного топлива

По приложению 1, учитывая свой вариант, необходимо выбрать тип газообразного топлива (для данного варианта принят газ под №12) и определить для него низшую теплоту сгорания сухой массы газообразного топлива по следующей формуле:

$$Q_H^C = 357,97 \cdot \text{CH}_4 + 636,39 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 912,72 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 1189,05 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} + 1465,38 \cdot \text{C}_5\text{H}_{12} + 590,34 \cdot \text{C}_2\text{H}_4 + 858,29 \cdot \text{C}_3\text{H}_6 + 1134,62 \cdot \text{C}_4\text{H}_8 + 108,02 \cdot \text{H}_2 + 126,44 \cdot \text{CO} + 234,46 \cdot \text{H}_2\text{S}, \text{ кДж/нм}^3. \quad (3)$$

где 357,97; 636,39... 234,46 — низшая теплота сгорания 1% сухой массы соответственно метана, этана ... сероводорода в процентах по объему, кДж/нм<sup>3</sup>.



Таблица 3 – Состав природного газа, % объема

Вариант	Плотность газа, кг/м <sup>3</sup>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	H <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> S
12	0,85	85	4,6	1,6	0,75	0,55	-	-	-	5,0	0,6	1,3

$$Q_{\text{H}}^{\text{C}} = 357,97 \times 85 + 636,39 \times 4,9 + 912,72 \times 1,6 + 1189,05 \times 0,75 + 1465,38 \times 0,55 + 108,02 \times 5,0 + 126,44 \times 0,6 + 234,46 \times 1,3 = 37624,622 \text{ кДж/нм}^3.$$

### 3. Определение годовой потребности в газе

Расчет годового расхода газа на бытовые, коммунальные и общественные нужды представляет собой сложную задачу, так как количество газа, расходуемого этими потребителями, зависит от большого числа факторов: газового оборудования, благоустройства и населенности квартир, оборудования городских учреждений и предприятий, степени обслуживания этими учреждениями и предприятиями, охвата потребителей централизованным горячим водоснабжением, климатических условий.

Большинство приведенных факторов не поддается точному учету, поэтому годовое потребление газа рассчитывается по средним нормам, разработанным в результате многолетнего опыта. Особенно трудно определить годовой расход газа квартирами, так как он зависит от наличия предприятий общественного питания, бань, прачечных и других учреждений, обслуживающих население. В годовых нормах расхода газа в квартирах учтено, что население частично питается в буфетах, столовых и ресторанах, а также пользуется услугами коммунальных предприятий.

Годовое потребление газа городом, районом города или поселком ложится в основу проекта газоснабжения.

Все виды городского потребления газа можно сгруппировать следующим образом:

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

### 3.1. Бытовое потребление газа

Бытовое потребление газа рассчитывается по следующей формуле:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{j=1}^n Q_j + \sum_{k=1}^n Q_k, \quad (4)$$

где  $\sum Q_i$  — потребление газа на приготовление пищи в кварталах с горячим водоснабжением от РГК (районной газовой котельной),  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$\sum Q_j$  — потребление газа на приготовление пищи и горячей воды в кварталах с газовыми водонагревателями и газовыми плитами,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$\sum Q_k$  — потребление газа на приготовление пищи и горячей воды в кварталах без горячего водоснабжения при наличии газовой плиты,  $\text{нм}^3/\text{год}$ .

#### 3.1.1. Приготовление пищи в кварталах с горячим водоснабжением от районной газовой котельной (кварталы с 9-этажной застройкой)

$$\sum Q_i = \frac{g_1 \sum N_i}{Q_n^c}, \quad (5)$$

где  $g_1$  — годовая норма потребления теплоты на приготовление пищи на 1 человека в жилых кварталах с горячим водоснабжением от районной газовой котельной (РГК) (выбирается по приложению 3),  $g_1 = 2800 \text{ МДж}$ ;

$\sum N_i$  — количество жителей в кварталах с 9-этажной застройкой.

$$\sum N_i = 19500 + 8125 + 9100 + 20150 = 56875 \text{ жителей};$$

$$\sum Q_i = 2800 \times 56875 / 37,625 = 4629900 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

#### 3.1.2. Приготовление пищи и горячей воды в кварталах с газовыми водонагревателями и газовыми плитами (кварталы с 5-этажной застройкой)

$$\sum Q_j = \frac{g_2 \sum N_j}{Q_n^c}, \quad (6)$$

где  $g_2$  — годовая норма потребления теплоты на приготовление пищи на 1 человека в жилых кварталах с 5-этажной застройкой (выбирается по приложению 3),  $g_2 = 8000$  МДж;

$\Sigma N_j$  — количество жителей в кварталах с 5-этажной застройкой.

$$\Sigma N_j = 8125 + 13650 = 21775 \text{ жителей};$$

$$\Sigma Q_j = 8000 \times 21775 / 37,625 = 4172093 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### **3.1.3. Приготовление пищи и горячей воды в кварталах без горячего водоснабжения при наличии газовой плиты (кварталы с 1-этажной застройкой)**

$$\Sigma Q_k = \frac{g_3 \Sigma N_k}{Q_n^c}, \quad (7)$$

где  $g_3$  — годовая норма потребления теплоты на приготовление пищи на 1 человека в жилых кварталах без горячего водоснабжения (выбирается по приложению 3),  $g_3 = 4600$  МДж;

$\Sigma N_k$  — количество жителей в кварталах с 1-этажной застройкой.

$$\Sigma N_k = 16250 + 17875 = 34125 \text{ жителей};$$

$$\Sigma Q_k = 4600 \times 34125 / 37,625 = 4232558 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### **3.1.4. Бытовое потребление газа**

$$Q_1 = \Sigma Q_i + \Sigma Q_j + \Sigma Q_k = 4232558 + 4629900 + 4172093 = 14605888 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

## **3.2. Потребление газа крупными коммунально-бытовыми предприятиями района газификации**

$$Q_2 = Q_{\text{год}}^{\text{пр}} + Q_{\text{год}}^{\text{б}} + Q_{\text{год}}^{\text{х.з.}}, \quad (8)$$

где  $Q_{\text{год}}^{\text{пр}}$  — годовое потребление газа прачечными,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{\text{год}}^{\text{б}}$  — годовое потребление газа в банях,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{\text{год}}^{\text{х.з.}}$  — годовое потребление газа на хлебозаводе,  $\text{нм}^3/\text{год}$ .

### **3.2.1. Годовое потребление газа прачечными**

$$Q_{\text{год}}^{\text{пр}} = 1,2 g_{\text{пр}} \times b_1 \times N_{\text{пр}} / Q_n^c, \quad (9)$$

где  $g_{\text{пр}}$  — годовая норма потребления теплоты на стирку белья в прачечной на 1 человека (принимается по приложению 3),  $g_{\text{пр}}=8800$  МДж;

$b_1$  — годовая норма накопления грязного белья на 1 человека (выбирается по приложению 5),  $b_1=0,11$ ;

$N_{\text{пр}}$  — число жителей района газификации, которые пользуются услугами прачечной, вычисляется по следующей формуле:

$$N_{\text{пр}} = \Sigma N_i' - m_1(\Sigma N_i + \Sigma N_j); \quad (10)$$

где  $m_1$  — доля населения, не пользующаяся услугами прачечной (принимается, учитывая приложение 5),  $m_1=0,5$ ;

$\Sigma N_i'$  — общее количество жителей в районе газификации;

$\Sigma N_i$  — количество жителей в кварталах с 9-этажной застройкой;

$\Sigma N_j$  — количество жителей в кварталах с 5-этажной застройкой.

$$N_{\text{пр}} = 112775 - 0,5 \times (56875 + 21775) = 49885 \text{ жителей};$$

$$Q_{\text{год}}^{\text{пр}} = 1,2 \times 8800 \times 0,11 \times 49885 / 37,625 = 1539178 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.2.2. Годовое потребление газа в банях

$$Q_{\text{год}}^{\text{б}} = k \times g_{\text{б}} \times N_{\text{б}} / Q_{\text{н}}^{\text{с}}, \quad (11)$$

где  $k$  — норма посещения бани 1 человеком в год, принимается  $k=52$  раза в год;

$g_{\text{б}}$  — годовая норма потребления теплоты в бане на 1 человека (принимается по приложению 3),  $g_{\text{б}} = 40$  МДж;

$N_{\text{б}}$  — число жителей района газификации, которые пользуются услугами бани, вычисляется по следующей формуле:

$$N_{\text{б}} = \Sigma N_i' - m_2(\Sigma N_i + \Sigma N_j) = N_{\text{пр}}, \quad (12)$$

где  $m_2 = m_1 = 0,5$  — доля населения, не пользующегося услугами бани (принимается с учетом приложения 5).

$$Q_{\text{год}}^{\text{б}} = 52 \times 40 \times 49885 / 37,625 = 2756104 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.2.3. Годовое потребление газа на хлебозаводе

$$Q_{\text{год}}^{\text{x.3}} = g_{\text{x3}} \times b_2 \times \Sigma N_i' / Q_{\text{н}}^{\text{с}}, \quad (13)$$

где  $g_{xz}$  — годовая норма потребления теплоты для выпечки хлебобулочных изделий на 1 человека в год, вычисляется по формуле:

$$g_{xz} = 0,6g_x + 0,3g_b + 0,1g_{ки}, \quad (14)$$

где  $g_x$ ;  $g_b$ ;  $g_{ки}$  — годовые нормы потребления теплоты для выпечки хлеба, булок и кондитерских изделий на 1 человека (принимаются по приложению 3):  $g_x = 2500$  МДж,  $g_b = 5450$  МДж,  $g_{ки} = 7750$  МДж.

$$g_{xz} = 0,6 \times 2500 + 0,3 \times 5450 + 0,1 \times 7750 = 3890 \text{ МДж};$$

$b_2$  — годовая норма выпечки хлебобулочных изделий на 1 человека (принимается по приложению 5),  $b_2 = 0,292$  т.

$$Q_{\text{год}}^{x.3} = 3890 \times 0,292 \times 112775 / 37,625 = 3404621 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

#### **3.2.4. Потребление газа крупными коммунально-бытовыми предприятиями района газификации**

$$Q_2 = 1539178 + 2756104 + 3404621 = 7699903 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### **3.3. Годовое потребление газа общественными предприятиями и сооружениями района газификации**

$$Q_3 = (Q_{бн} + Q_{пк} + Q_{шк} + Q_{гс} + Q_{ст} + Q_{ну})P_{\eta} / 100\%, \quad (15)$$

где  $P_{\eta} = 31\%$  — процент охвата газификацией общественных зданий и сооружений, принимается в соответствии с заданием;

$Q_{бн}$  — годовое потребление газа больницами,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{пк}$  — годовое потребление газа поликлиниками,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{шк}$  — годовое потребление газа школами,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{гс}$  — годовое потребление газа гостиницами,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{ст}$  — годовое потребление газа столовыми и ресторанами,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{ну}$  — годовое потребление газа неучтенными потребителями,  $\text{нм}^3/\text{год}$ .

#### **3.3.1. Годовое потребление газа больницами**

$$Q_{бн} = g_{бн} \times b_{бн} \times \sum N_i' / (1000 Q_n^{\circ}), \quad (16)$$

где  $g_{бн}$  — годовая норма потребления теплоты на 1 койку больницы, вычисляется по следующей формуле:

$$g_{бн} = g_{пр.п} + g_{пр} + g_{ст.б}, \quad (17)$$

где  $g_{пр.п}$ ;  $g_{пр}$ ;  $g_{ст.б}$  — годовые нормы потребления теплоты на приготовление пищи, проведение процедур и стирку белья соответственно (принимаются по приложению 3):  $g_{пр.п}=3200$  МДж,  $g_{пр} = 9200$  МДж,  $g_{ст.б} = 8800$  МДж.

$$g_{бн} = 3200 + 9200 + 8800 = 21200 \text{ МДж};$$

$b_{бн}$  — количество коек в больнице на 1000 человек населения (принимается по приложению 5),  $b_{бн} = 8$  шт.

$$Q_{бн} = 21200 \times 8 \times 112775 / (1000 \times 37,625) = 508349 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### ***3.3.2. Годовое потребление газа поликлиниками***

$$Q_{пк} = g_{пк} \times b_{пк} \times \Sigma N_i' / (1000 Q_H^{\circ}), \quad (18)$$

где  $g_{пк}$  — годовая норма потребления теплоты на посещение поликлиники 1 человеком в год, вычисляется по следующей формуле:

$$g_{пк} = g_{пр} + g_{ст.б}, \quad (19)$$

где  $g_{пр}$ ;  $g_{ст.б}$  — годовые нормы потребления теплоты на проведение процедур и стирку белья соответственно (принимаются по приложению 3):  $g_{пр}=9200$  МДж,  $g_{ст.б}=8800$  МДж.

$$g_{пк} = 9200 + 8800 = 18000 \text{ МДж};$$

$b_{пк}$  — количество посещений поликлиники 1 человеком в год (принимается по приложению 5),  $b_{пк} = 10$  шт.

$$Q_{пк} = 18000 \times 10 \times 112775 / (1000 \times 37,625) = 539522 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### ***3.3.3. Годовое потребление газа школами***

$$Q_{шк} = g_{шк} \times b_{шк} \times \Sigma N_i' / (1000 Q_H^{\circ}), \quad (20)$$

где  $g_{шк}$  — годовая норма потребления теплоты на одно место в школе (выбирается по приложению 3),  $g_{шк} = 50$  МДж;

$b_{шк}$  — количество школьников на 1000 человек населения (принимается по приложению 5),  $b_{шк} = 180$  чел.

$$Q_{\text{шк}} = 50 \times 180 \times 112775 / (1000 \times 37,625) = 26976 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.3.4. Годовое потребление газа гостиницами

$$Q_{\text{гс}} = g_{\text{гс}} \times b_{\text{гс}} \times \Sigma N_i' / (1000 Q_{\text{н}}^{\circ}), \quad (21)$$

где  $g_{\text{гс}}$  — годовая норма потребления теплоты на одно место в гостинице (выбирается по приложению 3),  $g_{\text{гс}} = 2100$  МДж;

$b_{\text{гс}}$  — количество мест в гостинице на 1000 человек населения (принимается по приложению 5),  $b_{\text{гс}} = 5$  шт.

$$Q_{\text{гс}} = 2100 \times 5 \times 112775 / (1000 \times 37,625) = 31472 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.3.5. Годовое потребление газа столовыми и ресторанами

$$Q_{\text{ст}} = g_{\text{ст}} \times 365 \times b_{\text{ст}} \times \Sigma N_i' / (1000 Q_{\text{н}}^{\circ}), \quad (22)$$

где  $g_{\text{ст}}$  — норма потребления теплоты для приготовления пищи, потребляемой 1 человеком в столовой, вычисляется по формуле:

$$g_{\text{ст}} = g_z + g_o = g_o + g_y, \quad (23)$$

где  $g_z$ ,  $g_o$ ,  $g_y$  — норма потребления теплоты для приготовления одного завтрака, обеда и ужина соответственно на 1 человека (выбирается по приложению 3):  $g_z = g_y = 2,1$  МДж,  $g_o = 4,2$  МДж.

$$g_{\text{ст}} = 2,1 + 4,2 = 6,3 \text{ МДж};$$

$b_{\text{ст}}$  — количество посещений столовой (ресторана) на 1000 человек в год (принимается по приложению 5),  $b_{\text{ст}} = 375$ .

$$Q_{\text{гс}} = 6,3 \times 365 \times 375 \times 112775 / (1000 \times 37,625) = 2584646 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.3.6. Годовое потребление газа неучтенными потребителями

$$Q_{\text{ну}} = 0,1(Q_1 + Q_{\text{год}}^{\text{б}} + Q_{\text{год}}^{\text{пр}}), \quad (24)$$

где  $Q_1$ ,  $Q_{\text{год}}^{\text{б}}$ ,  $Q_{\text{год}}^{\text{пр}}$  — годовое потребление газа на бытовые нужды, в банях и в прачечных соответственно.

$$Q_{\text{ну}} = 0,1(14605888 + 2756104 + 1539178) = 1890117 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.3.7. Годовое потребление газа общественными предприятиями и сооружениями района газификации

$$Q_3 = (508349 + 539522 + 26976 + 31472 + 2584646 + 1890117) \times \times 31 / 100 = 1730135 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.4. Годовой расход газа на отопление и горячее водоснабжение от районных газовых котельных и от индивидуальных отопительных установок

$$Q_4 = Q_{\text{год}}^{\text{РГК}} + Q_{\text{год}}^{\text{инд}}, \quad (25)$$

где  $Q_{\text{год}}^{\text{РГК}}$  — годовой расход газа на отопление и горячее водоснабжение от районной газовой котельной (РГК),  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{\text{год}}^{\text{инд}}$  — годовой расход газа на отопление от индивидуальных отопительных установок,  $\text{нм}^3/\text{год}$ .

#### 3.4.1. Годовой расход газа на отопление и горячее водоснабжение от районной газовой котельной

$$Q_{\text{год}}^{\text{РГК}} = Q_{\text{год}}^{\text{от}} + Q_{\text{год}}^{\text{гвс}}, \quad (26)$$

где  $Q_{\text{год}}^{\text{от}}$  — годовой расход газа на отопление от РГК, вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{год}}^{\text{от}} = g_0 \cdot V_{\text{уд}} \cdot \sum N_{i,j} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{но}}^{\text{ср}}) \cdot 24 \cdot z_0 \cdot \frac{1 + k_1}{Q_{\text{н}}^{\text{с}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \quad (27)$$

где  $g_0$  — удельная отопительная характеристика зданий (выбирается по приложению 4); для г. Курск при  $t_{\text{но}} = -23^\circ\text{C}$ :

$g_0 = 1,71 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{C})$  для кварталов с 9-этажной застройкой;

$g_0 = 1,65 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{C})$  для кварталов с 5-этажной застройкой;

$V_{\text{уд}}$  — удельная кубатура жилых зданий (берется из задания)  $\text{м}^3/\text{чел}$ ;

$\sum N_{i,j}$  — число жителей в кварталах, получающих тепло и горячую воду от РГК (кварталы с 9-этажной и с 5-этажной застройкой);

$t_{\text{вн}}$  — температура воздуха внутри помещения, принимается  $t_{\text{вн}} = 20^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{но}}^{\text{ср}}$  — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, берется из п. 1.5.2;



$z_0$  — продолжительность отопительного периода, берется из п. 1.5.3;

$k_1$  — коэффициент, учитывающий расход газа на отопление общественных зданий, принимается равным  $k_1 = 0,25$ ;

$\eta_k$  — КПД котельной, принимаем равный  $0,8-0,85$  [3].

#### ***3.4.1.1. Вычислим годовой расход газа на отопление от районных газовых котельных для кварталов с 9-этажной застройкой***

Вычисляем общее число жителей в кварталах с 9-ти этажной застройкой:

$$\Sigma N_i = 19500 + 8125 + 9100 + 20150 = 56875 \text{ жителей};$$

и годовое потребление газа на отопление от РГК:

$$\Sigma Q_{от}^{кв.i} = 1,71 \times 40 \times 56875 \times (20 + 2,2) \times 24 \times 194 \frac{1 + 0,25}{37625 \times 0,85} = 15716580$$

нм<sup>3</sup>/год;

#### ***3.4.1.2. Вычислим годовой расход газа на отопление от районных газовых котельных для кварталов с 5-этажной застройкой***

Вычисляем общее число жителей в кварталах с 5-ти этажной застройкой:

$$\Sigma N_j = 8125 + 13650 = 21775 \text{ жителей};$$

и годовое потребление газа на отопление от РГК:

$$\Sigma Q_{от}^{кв.j} = 1,65 \times 40 \times 21775 \times (20 + 2,2) \times 24 \times 194 \frac{1 + 0,25}{37625 \times 0,85} = 580607$$

5 нм<sup>3</sup>/год.

#### ***3.4.1.3. Вычисляем общий годовой расход газа на отопление от районной газовой котельной***

$$Q_{год}^{от} = \Sigma Q_{от}^{кв.i,j} = 15716580 + 5806075 = 21522655 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### **3.4.2. Вычисляем годовой расход газа на горячее водоснабжение от районной газовой котельной**

Вычисляем годовой расход газа на горячее водоснабжение от РГК по следующей формуле:

$$Q_{\text{год}}^{\text{ГВС}} = g_{\text{ГВС}} \times \Sigma N_i / Q_{\text{н}}^{\text{с}}, \quad (28)$$

где  $g_{\text{ГВС}}$  — годовая норма потребления газа на горячее водоснабжение от РГК, кДж/чел., вычисляется по формуле:

$$g_{\text{ГВС}} = 24 \cdot q_{\text{звс}} \cdot \left[ z_o + (350 - z_o) \cdot \frac{60 - t_{\text{хл}}}{60 - t_{\text{хз}}} \cdot \beta \right] \cdot \frac{1}{\eta_{\text{к}}} \quad (29)$$

где  $q_{\text{ГВС}}$  — укрупненный показатель среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение, кДж на 1 чел. в час (с учетом общественных зданий района), принимается по приложению 3 по табл. П 3.8:  $q_{\text{ГВС}} = 1260$  кДж/(ч·чел);

$z_o$  — продолжительность отопительного периода, берется из п. 1.5.3;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды в летний период (при отсутствии данных принимают 0,8);

$t_{\text{хз}}, t_{\text{хл}}$  — температуры водопроводной воды в отопительный и летний периоды, °С (при отсутствии данных принимаем соответственно 5 и 15 °С);

$\eta_{\text{к}}$  — КПД районной газовой котельной, принимаем равный 0,8-0,85.

$$g_{\text{ГВС}} = 24 \cdot 1260 \cdot \left[ 194 + (350 - 194) \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot 0,8 \right] \cdot \frac{1}{0,85} = 10534516 \text{ кДж/чел.}$$

$\Sigma N_i$  — общее число жителей в кварталах с 9-этажной застройкой;  $\Sigma N_i = 56875$  жителей;

$$Q_{\text{год}}^{\text{ГВС}} = 10534516 \times 56875 / 37625 = 15924268 \text{ нм}^3/\text{год.}$$

### **3.4.3. Вычисляем годовой расход газа на отопление и горячее водоснабжение от районной газовой котельной.**

$$Q_{\text{год}}^{\text{РГК}} = Q_{\text{год}}^{\text{от}} + Q_{\text{год}}^{\text{ГВС}} = 21522655 + 15924268 = 37446923 \text{ нм}^3/\text{год.}$$

### 3.4.4. Годовой расход газа на отопление от индивидуальных отопительных установок

Годовой расход газа на отопление от индивидуальных отопительных установок рассчитывается по следующей формуле:

$$Q_{год}^{инд} = g_0 \cdot V_{уд} \cdot \sum N_k \cdot (t_{вн} - t_{но}^{cp}) \cdot 24 \cdot z_o \cdot \frac{1}{Q_H^c \cdot \eta_{инд}}, \quad (30)$$

где  $g_0$  — удельная отопительная характеристика зданий (выбирается по приложению 4), для г. Курск с  $t_{но} = -23^\circ\text{C}$ :

$g_0 = 2,81 \text{ кДж}/(\text{м}^3\text{ч}^\circ\text{C})$  — для кварталов с 1-этажной застройкой;

$V_{уд}$  — удельная кубатура жилых зданий (берется из задания)  $\text{м}^3/\text{чел}$ ;

$\sum N_k$  — общее число жителей в кварталах с 1-этажной застройкой; берется из п. 1.3.1:  $\sum N_k = 34125$  жителей;

$t_{вн}$  — температура воздуха внутри помещения, принимается  $t_{вн} = 20^\circ\text{C}$ ;

$t_{но}^{cp}$  — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, берется из п. 1.5.2;

$z_o$  — продолжительность отопительного периода, берется из п. 1.5.3;

$\eta_{инд}$  — КПД индивидуальных отопительных установок,  $\eta_{инд} = 0,75$  [3].

$$Q_{год}^{инд} = 2,81 \times 40 \times 34125 \times (20 + 2,2) \times 24 \times 194 \frac{1}{37625 \times 0,75} = 14049703$$

$\text{нм}^3/\text{год}$ .

Для дальнейших расчетов необходимо знать годовые расходы газа на отопление от индивидуальных отопительных установок, вычисленные для каждого квартала с 1-этажной застройкой отдельно. Рассчитываем годовые расходы газа по вышестоящей формуле, подставляя вместо  $\sum N_k$  число жителей в каждом квартале  $N_k$ :

$$Q_{год}^{инд кв.7} = 2,81 \times 40 \times 16250 \times (20 + 2,2) \times 24 \times 194 \frac{1}{37625 \times 0,75} =$$

$$= 6690335 \text{ нм}^3/\text{год};$$

$$Q_{\text{год}}^{\text{инд кв.9}} = 2,81 \times 40 \times 17875 \times (20 + 2,2) \times 24 \times 194 \frac{1}{37625 \times 0,75} =$$

$$= 7359368 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

**3.4.5. Вычислим годовой расход газа на отопление и горячее водоснабжение от районной газовой котельной и индивидуальных отопительных установок**

$$Q_4 = Q_{\text{год}}^{\text{РГК}} + Q_{\text{год}}^{\text{инд}} = 37446923 + 14049703 = 51496626 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

**3.5. Годовой расход газа промышленными предприятиями района газификации**

$$Q_5 = Q_{\text{год}}^{\text{пр1}} + Q_{\text{год}}^{\text{пр2}} + Q_{\text{год}}^{\text{пр3}}, \quad (31)$$

где  $Q_{\text{год}}^{\text{пр1}}$  — годовой расход газа на трехсменном производстве,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{\text{год}}^{\text{пр2}}$  — годовой расход газа на двухсменном производстве,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_{\text{год}}^{\text{пр3}}$  — годовой расход газа на односменном производстве,  $\text{нм}^3/\text{год}$ .

**3.5.1. Годовой расход газа на трехсменном производстве**

$$Q_{\text{год}}^{n1} = \frac{29330 \cdot P_{\text{пр}}^{n1} \times b_{\text{пр}}^{n1}}{Q_n^c}, \text{ нм}^3/\text{год} \quad (32)$$

где 29330 — теплота сгорания 1 тонны условного топлива,  $\text{кДж/т}$ ;

$P_{\text{пр}}^{n1}$  — производительность трехсменного производства (берется из задания);

$b_{\text{пр}}^{n1}$  — удельный расход условного топлива для трехсменного производства (выбирается по приложению 7),  $b_{\text{пр}}^{n1} = 0,2 \text{ т/т}$ ;

$$Q_{\text{год}}^{n1} = \frac{29330 \times 112917680 \times 0,2}{37625} = 17604654 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

**3.5.2. Годовой расход газа на двухсменном производстве**

$$Q_{\text{год}}^{n2} = \frac{29330 \cdot P_{\text{пр}}^{n2} \times b_{\text{пр}}^{n2}}{Q_n^c}, \text{ нм}^3/\text{год} \quad (33)$$

где 29330 — теплота сгорания 1 тонны условного топлива, кДж/т;

$P_{\text{пр}}^{n2}$  — производительность двухсменного производства (берется из задания);

$b_{\text{пр}}^{n2}$  — удельный расход условного топлива для двухсменного производства (выбирается по приложению 7),  $b_{\text{пр}}^{n2} = 0,2$  т/т;

$$Q_{\text{год}}^{n2} = \frac{29330 \times 2869600 \times 0,2}{37625} = 447391 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.5.3. Годовой расход газа на односменном производстве

$$Q_{\text{год}}^{n3} = \frac{29330 \cdot P_{\text{пр}}^{n3} \times b_{\text{пр}}^{n3}}{Q_n^c}, \text{ нм}^3/\text{год}, \quad (34)$$

где 29330 — теплота сгорания 1 тонны условного топлива, кДж/т;

$P_{\text{пр}}^{n3}$  — производительность односменного производства (принимается в соответствии с заданием);

$b_{\text{пр}}^{n3}$  — удельных расход условного топлива для односменного производства (выбирается по приложению 7),  $b_{\text{пр}}^{n3} = 0,17$  т/т;

$$Q_{\text{год}}^{n3} = \frac{29330 \times 1688000 \times 0,17}{37625} = 223695 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

### 3.5.4. Годовой расход газа промышленными предприятиями района газификации

$$Q_5 = Q_{\text{год}}^{\text{пр1}} + Q_{\text{год}}^{\text{пр2}} + Q_{\text{год}}^{\text{пр3}} = 17604654 + 447391 + 223695 = 18275740 \text{ нм}^3/\text{год}.$$

## 3.6. Суммарное годовое потребление газа отдельными кварталами и районом газификации

Суммарное годовое потребление газа районом газификации вычисляем по следующей формуле:

$$Q_{\text{год}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (35)$$

где  $Q_1$  — бытовое потребление газа за год, нм<sup>3</sup>/год;

$Q_2$  — годовое потребление газа крупными коммунально-бытовыми предприятиями района газификации, нм<sup>3</sup>/год;

$Q_3$  — годовое потребление газа общественными предприятиями и сооружениями района газификации,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_4$  — годовой расход газа на отопление и горячее водоснабжение от РГК и индивидуальных отопительных установок,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$Q_5$  — годовой расход газа промышленными предприятиями района газификации,  $\text{нм}^3/\text{год}$ .

$Q_{\text{год}} = 14605888 + 7699903 + 1730135 + 51496626 + 18275740 = 93808292 \text{ нм}^3/\text{год}$ .

### ***3.6.1. Суммарное годовое потребление газа отдельными кварталами***

Суммарное годовое потребление газа отдельными кварталами вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{\text{год}}^{\text{КВ}} = Q_1^{\text{КВ}} + Q_3^{\text{КВ}} + Q_{\text{инд}}^{\text{КВ}}, \quad (36)$$

где  $Q_1^{\text{КВ}}$  — годовой расход газа на приготовление пищи и горячей воды (в кварталах с 5-этажной и 1-этажной застройкой) вычисляется по формулам, приведенным в п.п. 3.1.1; 3.1.2; 3.1.3, для каждого квартала отдельно в зависимости от числа жителей в каждом из них;

$Q_3^{\text{КВ}}$  — годовой расход газа общественными предприятиями и сооружениями района газификации, необходимый для удовлетворения нужд населения каждого квартала в отдельности, вычисляется по следующей формуле:

$$Q_3^{\text{КВ}} = Q_3 \times P_i', \quad (37)$$

где  $P_i'$  — доля населения каждого квартала от населения района газификации (принимается по таблице 1);

$Q_{\text{инд}}^{\text{КВ}}$  — годовой расход газа на отопление и горячее водоснабжение от индивидуальных отопительных установок, вычисленный отдельно для каждого квартала (берется из п. 3.4.3).

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.

Таблица 4 - Суммарное годовое потребление газа отдельными кварталами

№ квартала	$Q_1^{кв}$ , нм <sup>3</sup> /год	$Q_3^{кв}$ , нм <sup>3</sup> /год	$Q_{инд}^{кв}$ , нм <sup>3</sup> /год	$Q_{год}^{кв}$ , нм <sup>3</sup> /год
1	1451163	299313	-	1750476
2	604651	124570	-	729221
3	677209	140141	-	817350
5	1499535	309694	-	1809229
4	1727575	124570	-	1852145
6	2902325	209346	-	3111671
7	1986711	249139	6690335	8926185
9	2185382	273361	7359368	9818111

#### 4. Определение расчетно-часовых расходов газа

Расчетные часовые расходы газа служат исходными данными для определения диаметров газопроводов, для выбора размеров и типов газовой арматуры, аппаратуры и оборудования.

##### 4.1. Расчетно-часовые расходы газа в кварталах с отоплением от индивидуальных отопительных установок (кварталы с 1-этажной застройкой)

$$Q_p^{кв} = (Q_1^{кв} + Q_3^{кв}) \times k_{х.б.} + Q_{инд}^{кв} \times k_{от}, \quad (38)$$

где  $k_{х.б.}$  — коэффициент часового максимального расхода газа на хозяйственно-бытовые нужды, вычисляется по следующей формуле:

$$k_{х.б.} = 1 / m_{х.б.}, \quad (39)$$

где  $m_{х.б.}$  — число часов использования максимального расхода газа на хозяйственно-бытовые нужды (выбираем по приложению б):  $k_{х.б.} = 1/2270$  1/ч (для кв. №7);  $k_{х.б.} = 1/2275$  1/ч (для кв. №9);

$k_{от.}$  — коэффициент часового максимального расхода газа на отопление, вычисляется по следующей формуле:

$$k_{от.} = 1 / m_{от.}, \quad (40)$$

где  $m_{от.}$  — число часов использования максимального расхода газа на отопление, вычисляется по следующей формуле:

$$m_{от} = \frac{24 \times z_0 (t_{вн} - t_{но}^{cp})}{(t_{вн}' - t_{но})}, \text{ ч} \quad (41)$$

где  $t_{вн}$  — температура внутри помещений, принимается  $t_{вн}=20^\circ\text{C}$ ;

$t_{н.о}$  — расчетная температура для проектирования отопления, берется из п. 1.5.1;

$t_{н.о}^{cp}$  — средняя наружная температура за отопительный период, берется из п. 1.5.2;

$z_0$  — продолжительность отопительного периода, берется из пункта 1.5.3;

$$m_{от} = \frac{24 \times 194 \cdot (20 + 2,2)}{(20 + 23)} = 2404 \text{ ч.}$$

Вычислим расчетно-часовые расходы газа в кварталах с отоплением от индивидуальных отопительных установок:

$$Q_p^{кв7} = 2235850 \times (1/2270) + 6690335 \times (1/2404) = 985 + 2653 = 3638 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_p^{кв9} = 2458743 \times (1/2275) + 7359368 \times (1/2404) = 1081 + 2919 = 4000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

#### **4.2. Расчетно-часовые расходы газа в кварталах с централизованным отоплением и горячим водоснабжением от РГК (кварталы с 9-этажной застройкой)**

Расчетно-часовые расходы газа в данных кварталах вычисляются по следующей формуле:

$$Q_p^{кв m} = Q_{год}^{кв m} \times k_{х.б}, \quad (42)$$

где  $k_{х.б} = 1/m_{х.б}$  — (см. п. 4.1);  $m$  — номер рассчитываемого квартала.

$$Q_p^{кв 1} = 1750476 \times (1/2300) = 761 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_p^{кв 2} = 729221 \times (1/2150) = 339 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_p^{кв 3} = 817350 \times (1/2180) = 375 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_p^{кв 5} = 1809229 \times (1/2300) = 787 \text{ м}^3/\text{ч}.$$



### 4.3. Расчетно-часовые расходы газа в кварталах с централизованным отоплением от РГК и горячим водоснабжением от газовых водонагревателей (кварталы с 5-этажной застройкой)

Расчетно-часовые расходы газа в данных кварталах вычисляются по следующей формуле:

$$Q_p^{\text{кв м}} = Q_{\text{год}}^{\text{кв м}} \times k_{\text{х.б}} \quad (43)$$

$$Q_p^{\text{кв 4}} = 1852145 \times (1/2150) = 861 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_p^{\text{кв 6}} = 3111671 \times (1/2230) = 1395 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### 4.4. Расчетно-часовые расходы газа на коммунально-бытовых предприятиях района газификации

#### 4.4.1. Расчетно-часовой расход газа в прачечной

$$Q_p^{\text{пр}} = Q_{\text{год}}^{\text{пр}} / m_{\text{пр}}, \quad (44)$$

где  $m_{\text{пр}}$  — число часов использования максимального расхода газа (выбирается по приложению 6),  $m_{\text{пр}} = 2900$  ч.

$$Q_p^{\text{пр}} = 1539178 / 2900 = 531 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

#### 4.4.2. Расчетно-часовой расход газа в бане

$$Q_p^{\text{б}} = Q_{\text{год}}^{\text{б}} / m_{\text{б}}, \quad (45)$$

где  $m_{\text{б}}$  — число часов использования максимального расхода газа (выбирается по приложению 6),  $m_{\text{б}} = 2700$  ч.

$$Q_p^{\text{б}} = 2756104 / 2700 = 1021 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

#### 4.4.3. Расчетно-часовой расход газа на хлебозаводе

$$Q_p^{\text{х.з.}} = Q_{\text{год}}^{\text{х.з.}} / m_{\text{х.з.}}, \quad (46)$$

где  $m_{\text{х.з.}}$  — число часов использования максимального расхода газа (выбирается по приложению 6),  $m_{\text{х.з.}} = 5700$  ч.

$$Q_p^{\text{х.з.}} = 3404621 / 5700 = 597 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

#### 4.4.4. Расчетно-часовой расход газа на РГК

Расчетно-часовой расход газа на отопление от РГК:

$$Q_p^{от} = Q_{год}^{от} / m_{от}, \quad (47)$$

где  $Q_{от}$  — годовой расход газа на отопление от РГК,  $нм^3/год$ ;  
 $m_{от}$  — число часов использования максимального расхода газа на отопление, вычисляем по формуле (41):

$$m_{от} = \frac{24 \times z_0 (t_{вн} - t_{но}^{cp})}{(t_{вн} - t_{но})} = \frac{24 \times 194 \cdot (20 + 2,2)}{(20 + 23)} = 2404 \text{ ч.}$$

$$Q_p^{от} = 21522655 / 2404 = 8953 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Расчетно-часовой расход газа на горячее водоснабжение от РГК:

$$Q_p^{гвс} = Q_{год}^{гвс} / m_{гвс}, \quad (48)$$

где  $Q_{гвс}$  — годовой расход газа на горячее водоснабжение от РГК, см. п. 3.4.2,  $нм^3/год$ ;

$m_{гвс}$  — число часов использования максимального расхода газа на горячее водоснабжение, определяется по формуле:

$$m_{гвс} = 24 \cdot \left[ z_0 + (350 - z_0) \cdot \frac{60 - t_{хл}}{60 - t_{хз}} \cdot \beta \right] \quad (49)$$

где  $z_0$  — продолжительность отопительного периода, берется из п. 1.5.3;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды в летний период (при отсутствии данных принимают 0,8);

$t_{хз}$ ,  $t_{хл}$  — температуры водопроводной воды в отопительный и летний периоды,  $^{\circ}C$  (при отсутствии данных принимаем соответственно 5 и 15  $^{\circ}C$ );

$$g_{гвс} = 24 \cdot \left[ 194 + (350 - 194) \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot 0,8 \right] = 7107 \text{ ч.}$$

$$Q_p^{гвс} = 15924268 / 7107 = 2241 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Итого, расчетно-часовой расход газа РГК составит:

$$Q_p^{РГК} = Q_p^{от.} + Q_p^{гвс} \quad (50)$$

$$Q_p^{РГК} = 8953 + 2241 = 11194 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

#### 4.5. Расчетно-часовые расходы газа на промышленных предприятиях района газификации

#### **4.5.1. Расчетно-часовой расход газа на трехсменном производстве**

$$Q_p^{\text{пр1}} = Q_{\text{год}}^{\text{пр1}} / m_{\text{пр1}}, \quad (51)$$

где  $Q_{\text{год}}^{\text{пр1}}$  — годовой расход газа на трехсменном производстве,  $\text{нм}^3/\text{год}$ , принимается согласно п. 3.5.1;

$m_{\text{пр1}}$  — число часов использования максимального расхода газа (выбирается по приложению 6),  $m_{\text{пр1}} = 6100$  ч. — плавка стали.

$$Q_p^{\text{пр1}} = 17604654 / 6100 = 2886 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

#### **4.5.2. Расчетно-часовой расход газа на двухсменном производстве**

$$Q_p^{\text{пр2}} = Q_{\text{год}}^{\text{пр2}} / m_{\text{пр2}}, \quad (52)$$

где  $Q_{\text{год}}^{\text{пр2}}$  — годовой расход газа на двухсменном производстве,  $\text{нм}^3/\text{год}$ , принимается согласно п. 3.5.2;

$m_{\text{пр2}}$  — число часов использования максимального расхода газа (выбирается по приложению 6),  $m_{\text{пр2}} = 5900$  ч. — обжиг цемента.

$$Q_p^{\text{пр2}} = 447391 / 5900 = 76 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

#### **4.5.3. Расчетно-часовой расход газа на односменном производстве**

$$Q_p^{\text{пр3}} = Q_{\text{год}}^{\text{пр3}} / m_{\text{пр3}}, \quad (53)$$

где  $Q_{\text{год}}^{\text{пр3}}$  — годовой расход газа на односменном производстве,  $\text{нм}^3/\text{год}$ , принимается согласно п. 3.5.3;

$m_{\text{пр3}}$  — число часов использования максимального расхода газа (выбирается по приложению 6),  $m_{\text{пр3}} = 5900$  ч. — обжиг кирпича.

$$Q_p^{\text{пр3}} = 223695 / 5900 = 38 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### **5. Газодинамический расчет газопроводов**

При проектировании трубопроводов для транспорта газа выбор типоразмеров труб осуществляется на основании их газодинамического расчета, имеющего цель определить внутренний диаметр газопровода для пропуска необходимого количества газа при допустимых для конкретных условий потерях давления или, наоборот, определить потери давления при транспорте необходимого количества газа по газопроводу заданного диаметра.

Так как формулы для газодинамического расчета газопроводов довольно сложны, вместо них пользуются номограммами, построенными по этим формулам, которые приведены в приложении 8.

### **5.1. Газодинамический расчет сети низкого давления**

При выборе системы газоснабжения района газификации следует учитывать то, что трасса газопроводов должна размещаться на расстояниях, определяемых СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы» [6] от линии застройки, трамвайных путей, подземных инженерных коммуникаций и других сооружений, поэтому необходимо прокладывать ее не по основным магистральным улицам города, а по улицам с меньшим количеством инженерных коммуникаций.

При разработке схемы газоснабжения очень важно определить оптимальное число ГРП и правильно разместить их на территории района газификации.

Увеличение числа ГРП уменьшает радиус действия каждого из них и, следовательно, уменьшает диаметры газопроводов после ГРП, а, следовательно, снижает капиталовложения в сеть низкого давления, но приводит к удорожанию системы газоснабжения за счет увеличения стоимости самих ГРП.

В данной работе, перед началом газодинамического расчета, необходимо сформировать сеть низкого давления. Для этого необходимо построить главный питающий контур, охватывающий большую часть жилого массива, нанести переемычки внутри главного питательного контура по межквартальным проездам, а также сформировать тупиковую сеть в периферийной части жилого массива.

#### **5.1.1. Определение общего числа ГРП**

Приближенное общее число ГРП рассчитывается по формуле:

$$n = F / 2R^2, \quad (54)$$

где  $F$  — газифицируемая площадь (площадь жилого массива), включая площадь проездов, км<sup>2</sup>;

$R$  — оптимальный радиус действия ГРП, км.

Оптимальный радиус действия ГРП принимают равным  $R=0,5-1$  км.

### 5.1.2. Определение точек встречи потоков газа

Располагают точки встречи потоков газа и ГРП таким образом, чтобы потоки газа, выходящие из ГРП в разные стороны, были бы примерно одинаковыми и двигались к потребителю по кратчайшему пути.

### 5.1.3. Определение удельных путевых расходов газа для питающих контуров потребителей

Удельные путевые расходы газа для всех контуров питания потребителей определяются по формуле:

$$g_{\text{п}}^{\text{кв}} = Q_{\text{р}}^{\text{кв}} / \ell_{\text{кв}}, \quad (55)$$

где  $Q_{\text{р}}^{\text{кв}}$  — расчетный часовой расход газа для рассчитываемого контура (квартала),  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\ell_{\text{кв}}$  — суммарная длина сети, охватывающей рассчитываемый контур (квартал), м.

Результаты вычислений сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 - Удельные путевые расходы газа

$N_{\text{кв}}$	$Q_{\text{р}}^{\text{кв}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$\ell_{\text{кв}}, \text{м}$	$g_{\text{п}}^{\text{кв}}, \text{м}^3/\text{ч} \times \text{м}$
1			
2			
3			
...			
...			
$i-1$			
$i$			

### 5.1.4. Определение удельных путевых расходов газа для участков сети низкого давления

При определении удельных путевых расходов газа на участках сети необходимо учитывать односторонний и двухсторонний разбор газа в кварталах. Для окольцованных кварталов этот объем подачи газа определяется по удельным расходам в кольцах

(контурах), в которые заключены кварталы, а удельный расход газа на прилегающие площади прибавляется целиком к удельному путевому расходу газа на участке сети, к которому прилегает данная площадь (см. пример расчета №1 стр. 32).

#### **5.1.5. Определение путевых расходов газа для участков сети низкого давления**

Общие путевые расходы газа для участков сети рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{п}}^{\text{уч}} = g_{\text{п}}^{\text{уч}} \times \ell_{\text{уч}}, \quad (56)$$

где  $\ell_{\text{уч}}$  — длина рассчитываемого участка, м;  
 $g_{\text{п}}^{\text{уч}}$  — удельный путевой расход газа для рассчитываемого участка, м<sup>3</sup>/(ч×м).

#### **5.1.6. Определение транзитного расхода газа на участках сети низкого давления**

Транзитный расход газа на рассчитываемом участке сети равен сумме путевых расходов всех участков, последующих за рассчитываемым.

На конечных участках и участках, заканчивающихся точкой встречи потоков газа, транзитный расход равен нулю (см. пример расчета № 1 стр. 32 ).

#### **5.1.7. Определение расчетного расхода газа на участках сети низкого давления**

Расчетные расходы газа на участках сети определяются по формуле:

$$Q_{\text{р}}^{\text{уч}} = Q_{\text{т}}^{\text{уч}} + 0,5Q_{\text{п}}^{\text{уч}}, \quad (57)$$

где  $Q_{\text{т}}^{\text{уч}}$  — транзитный расход газа на рассчитываемом участке, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{\text{п}}^{\text{уч}}$  — общий путевой расход газа на рассчитываемом участке, м<sup>3</sup>/ч.

Результаты вычислений сводятся в таблицу 6.

Таблица 6 - Часовые расходы газа на участках сети низкого давления

Участок сети	$\ell_{\text{уч}}, \text{ м}$	$g_{\text{п}}^{\text{уч}}, \text{ м}^3/(\text{ч} \times \text{м})$	Часовые расходы газа			
			$Q_{\text{п}}^{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$0,5Q_{\text{п}}^{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{т}}^{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{р}}^{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$
0 – 1						
1 – 2						
...						

В конце вычислений необходимо определить суммарный часовой расход газа, выходящего из того или иного ГРП ( $\Sigma Q_{\text{р}}^{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$ ), и сравнить его с суммарным часовым расходом газа для жилых кварталов ( $\Sigma Q_{\text{р}}^{\text{кв}}, \text{ м}^3/\text{ч}$ ), используя формулу:

$$\varepsilon = \frac{|\Sigma Q_{\text{р}}^{\text{кв}} - \Sigma Q_{\text{р}}^{\text{уч}}|}{\Sigma Q_{\text{р}}^{\text{кв}}} \times 100\% \quad (58)$$

Приемлемым считается отличие  $\Sigma Q_{\text{р}}^{\text{уч}}$  от  $\Sigma Q_{\text{р}}^{\text{кв}}$  на 0 - 3%.

### 5.1.8. Определение среднего гидравлического уклона

Перед определением среднего гидравлического уклона необходимо выделить основные питающие контуры сети низкого давления, а затем вычислить средние гидравлические уклоны основных питающих контуров по формуле:

$$\Delta P_{\text{гв}}^{\text{сп}} = 0,9 \Delta P_{\text{р}} / \ell_{\text{пк}}, \quad (59)$$

где 0,9 — доля расчетного перепада, теряемого на трение;

$\Delta P_{\text{р}}$  — перепад давления от ГРП до потребителя, Па.

В данном расчете  $\Delta P_{\text{р}} = 1200$  Па (для природного газа) по СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы» [6].

$\ell_{\text{пк}}$  — длина питающего контура, т.е. расстояние от ГРП до концевой точки (точки встречи), м.

Результаты вычислений сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 - Средние гидравлические уклоны для полукольцевых направлений

Направление	$\ell_{пк},$ м	$\Delta P_{гy}^{cp},$ Па/м
0-1-2-.....		
...		
...		
...		
...		
...		

Для участков общих для нескольких направлений следует принимать максимальные значения гидравлического уклона (см. пример расчета №1 стр. 34-45).

### 5.1.9. Газодинамический расчет сети низкого давления

По номограмме (приложение 8) выбирается диаметр первого по контуру от ГРП газопровода (зная расчетный расход газа  $Q_p^{уч}$  на участке и  $\Delta P_{гy}^{cp}$ ). Далее по сортаменту выбирается два значения диаметров газопровода. При этом для первой половины участков питающего контура выбирается меньшее значение, для второй половины — большее.

Также с помощью номограммы для выбранного диаметра определяется действительное значение газодинамического уклона ( $\Delta P_{гy}^д$ ) и полные потери давления на участке по следующей формуле:

$$\Delta P_{п.уч.} = (\Delta P_{гy}^д \times \ell_{уч}) / 0,9, \text{ Па} \quad (60)$$

где  $\ell_{уч}$  — длина рассчитываемого участка, м.

Затем определяем давление в конце рассчитываемого участка питающего контура по формуле:

$$P_k = P_n - 1,1 \Delta P_{п.уч.}, \text{ Па} \quad (61)$$

где  $P_n$  — давление на выходе из ГРП, его следует принять равным 3000 Па (по СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы» [6]);

1,1 — коэффициент, учитывающий наличие местных сопротивлений.



Для последующего участка питающего контура  $P_n$  принимается равным  $P_k$  предыдущего участка.

На последнем участке питающего контура диаметры выбираются по максимально возможному значению газодинамического уклона, выраженного через  $\Delta P_{zy}^{\max}$ , который вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta P_{zy}^{\max} = \frac{\Delta P_p - \sum 1,1 \Delta P_{n,y}}{l_y}, \text{ Па} \quad (62)$$

где  $\Delta P_p = 1200 \text{ Па}$ ;

$\sum 1,1 \Delta P_{n,y}$  — сумма потерь давления по направлению от ГРП до начала последнего участка.

Диаметры тупиковых участков выбираются по  $Q_p^y$  и  $\Delta P_{гy}^{\max}$ , который вычисляется по предыдущей формуле, где  $\sum 1,1 \Delta P_{n,y}$  — сумма потерь давления на пути движения газа от ГРП до начала тупикового участка (рассчитываемого участка).

В конце расчета проверяется степень использования располагаемого перепада в сети по основным направлениям газа от ГРП до крайних точек сети и до точек встречи. Результат расчета можно считать удовлетворительным, если располагаемый перепад использован на 80 - 100%.

Для каждого кольца сети находится газодинамическая невязка по формуле:

$$\delta = \frac{100 \sum \Delta P}{0,5 \sum |\Delta P|}, \quad (63)$$

где  $\sum \Delta P$  — алгебраическая сумма потерь давления в кольце; потери давления считаются положительными для участков с движением газа по часовой стрелке и отрицательными — против часовой стрелки;

$\sum |\Delta P|$  — сумма абсолютных значений потерь давления на участках кольца.

Допускается невязка в кольце до 10%. Для колец с невязкой до 10% расчет считается законченным, для колец с невязкой более 10% производится их газодинамическая увязка (уточняются диаметры одного — двух участков).

Конечное давление  $P_k$  на последнем участке питающего контура и в конце любого тупикового участка должно быть не более 2040 Па и не менее 1800 Па, то есть  $1800 \text{ Па} \leq P_k \leq 2040 \text{ Па}$ .

Результаты вычислений сводятся в таблицу 8.

Таблица 8 - Газодинамический расчет сети низкого давления

Кольцо или направление	Участок	Длина участка $\ell_{\text{уч}}$ , м	Расход $Q_p^{\text{уч}}$ , $\text{м}^3/\text{ч}$	Сред. гидр. уклон $\Delta P_{\text{гуд}}^{\text{сп}}$ , Па/м	Диаметр $d_n \times S$ , мм	Потери давления на участке			Невязка		Давление в конце участка $P_k$ , Па
						$\Delta P_{\text{гуд}}^{\text{д}}$ , Па/м	$\Delta P_{\text{п.уч}}$ , Па	$1,1 \Delta P_{\text{п.уч}}$ , Па	Па	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

### Пример расчета №1

#### Газодинамический расчет сети низкого давления

##### *Формирование сети низкого давления*

Формируем сеть низкого давления (см. рис. 2). Для этого строим главный питающий контур, охватывающий большую часть жилого массива, наносим переемычки внутри главного питающего контура по межквартирным проездам. В первую очередь формируем тупиковую сеть в периферийной части жилого массива.

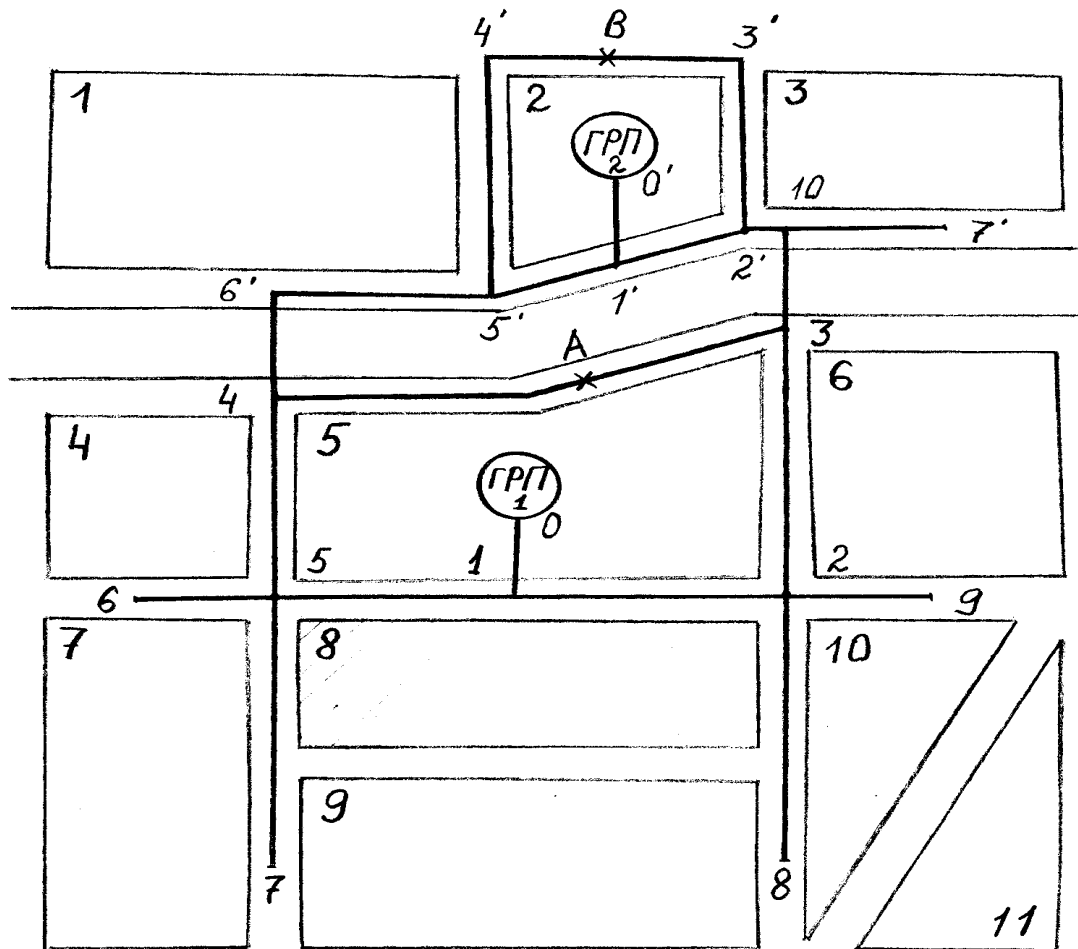


Рисунок 2 – Схема газопроводов сети низкого давления:

ГРП — газораспределительный пункт; А, В — точки встречи потоков газа.

### **Определение общего числа ГРП**

Определяем общее количество ГРП по формуле (54):

$$n = F / 2R^2 = 3,15 / 2 \times (0,81)^2 = 1,94 \approx 2 \text{ шт.}$$

### **Определение точек встречи потоков газа**

Точки встречи потоков газа определяем в соответствии с рекомендациями приведенными в п. 5.1.2.

### **Определение удельных путевых расходов газа**

В соответствии с масштабом генплана определяем суммарную длину сети, охватывающей каждый квартал.

Например:

для квартала №5  $l_{\text{KB}} = l_{0-1} + l_{1-5} + l_{5-4} + l_{4-A} + l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-B} = 180 + 540 + 560 + 600 + 540 + 740 + 560 = 3720$  м, и т. д.

Затем по формуле (55) вычисляем удельные путевые расходы газа для каждого квартала:

$$g_n^{\text{KB}} = Q_p^{\text{KB}} / l_{\text{KB}}$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 9.

Таблица 9 - Удельные путевые расходы газа

$N_{\text{KB}}$	$Q_p^{\text{KB}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$l_{\text{KB}}, \text{ м}$	$g_n^{\text{KB}}, \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м})$
1	761	1040	0,73
2	339	2300	0,147
3	375	774	0,48
4	861	810	1,06
5	787	3720	0,207
6	1395	1080	1,29
7	3638	1000	3,64
9	4000	1440	2,85
$\Sigma$	12156	-	-

$$\Sigma Q_p^{\text{KB}} = 761 + 339 + 375 + 861 + 787 + 1395 + 3638 + 4000 = 12156 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### **Определение удельных путевых расходов газа для участков сети низкого давления**

$$g_n^{0-1} = g_n^{\text{KB5}} = 0,207 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м});$$

$$g_n^{5'-4'} = g_n^{\text{KB1}} + g_n^{\text{KB2}} = 0,273 + 0,147 = 0,877 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}).$$

Аналогичным образом определяем удельные путевые расходы газа для остальных участков сети.

### **Определение общих путевых расходов газа для остальных участников сети**

Общие путевые расходы газа для участков сети вычисляем по формуле (56), приведенной в п. 5.1.5:

$$Q_{\text{п}}^{\text{уч}} = g_{\text{п}}^{\text{уч}} \times l_{\text{уч}};$$

$$Q_{\text{п}}^{0-1} = 0,207 \times 180 = 37,3 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{\text{п}}^{5'-4'} = 0,877 \times 630 = 552,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Аналогичные вычисления сделаем для остальных участков сети.

**Определение транзитного расхода газа на участках сети низкого давления**

$$Q_{\text{т}}^{1-2} = Q_{\text{п}}^{2-9} + Q_{\text{п}}^{2-8} + Q_{\text{п}}^{2-3} + Q_{\text{п}}^{3-A};$$

$$Q_{\text{т}}^{2-9} = 0.$$

Также определяем транзитные расходы газа на остальных участках сети.

**Определение расчетного расхода газа на участках сети низкого давления**

Расчетный расход газа на участках сети определяется по формуле (57):

$$Q_{\text{р}}^{\text{уч}} = Q_{\text{т}}^{\text{уч}} + 0,5Q_{\text{п}}^{\text{уч}};$$

$$Q_{\text{р}}^{0-1} = 10786,3 + 18,7 = 108805 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{\text{р}}^{2-8} = 0 + 1026 = 1026 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Аналогично определяем расчетные расходы газа на остальных участках сети.

Результаты вычислений сводим в таблицу 10.

Таблица 10 - Часовые расходы газа на участках сети низкого давления

№ Участка	ℓ, м	g <sub>п</sub> , м <sup>3</sup> /чм	Часовые расходы, м <sup>3</sup> /ч			
			Q <sub>п</sub> <sup>уч</sup>	0,5Q <sub>п</sub> <sup>уч</sup>	Q <sub>т</sub> <sup>уч</sup>	Q <sub>р</sub> <sup>уч</sup>
1	2	3	4	5	6	7
ГРП-1						
0-1	180	0,207	37,3	18,7	10786	10805
1-2	540	0,207	111,8	55,9	3740	3796
2-3	740	1,497	1107,8	553,9	116	670
3-А	560	0,207	1,16	58	-	58
1-5	540	0,207	111,8	55,9	6823	7382
1	2	3	4	5	6	7
5-4	560	1,267	109,5	354,75	124	479
4-А	600	0,207	124,2	62,1	-	62,1

№ Участка	ℓ, м	g <sub>п</sub> , м <sup>3</sup> /чм	Часовые расходы, м <sup>3</sup> /ч			
			Q <sub>п</sub> <sup>уч</sup>	0,5Q <sub>п</sub> <sup>уч</sup>	Q <sub>т</sub> <sup>уч</sup>	Q <sub>р</sub> <sup>уч</sup>
1	2	3	4	5	6	7
ГРП-2						
0'-1'	180	0,147	26,5	13	1391	1405
1'-2'	330	0,147	48,5	24,3	401	425
2'-3'	450	0,627	282	141	41	182
3'-В	280	0,147	41	21	-	21
1'-5'	330	0,147	48,5	24	894	918
5'-4'	630	0,877	553	276	41	318
4'-В	280	0,147	41	21	-	21
Тупики						
5'-6'	410	0,73	300	150	-	150
2'-7'	324	0,48	155,5	77,8	-	77,8
5-6	280	4,7	1316	658	-	658
1	2	3	4	5	6	7
2-9	360	1,29	464,4	232,2	-	232,2
2-8	720	2,85	2052	1026	-	1026
5-7	720	6,49	4672,8	2336,4	-	2336,4

Определяем суммарный расход газа через все ГРП:

$$\Sigma Q_p^{уч} = Q_p^{уч 0-1} + Q_p^{уч 0'-1'} = 1405 + 10805 = 12210 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Отличие  $\Sigma Q_p^{уч}$  от  $\Sigma Q_p^{кв}$  определяем по формуле (58):

$$\varepsilon = \frac{|12156 - 12210|}{12156} \times 100 = 0,44\% < 3\%, \text{ следовательно, расчет}$$

верен, такая точность считается приемлемой.

### **Определение среднего гидравлического уклона**

Выделим основные питающие контуры сети низкого давления:

I. 0-1-2-3-А-4-5-1-0

II. 0'-1'-2'-3'-В-4'-5'-1'-0'

тупики:

2'-7'; 5'-6'; 2-9; 2-8; 5-6; 5-7.

Вычислим средние гидравлические уклоны основных питающих контуров по формуле (59), приведенной в п. 5.1.8.

$$\Delta P_p = 1200 \text{ Па (для природного газа).}$$

Рассмотрим направление I (см. рис. 2).

Длина питающего контура (полукольца) будет равна:

$$\ell_{\text{пк}} = \ell_{0-1} + \ell_{1-2} + \ell_{2-3} + \ell_{3-A} = \ell_{0-1} + \ell_{1-5} + \ell_{5-4} + \ell_{4-A} = 1860 \text{ м.}$$

$$\Delta P_{\text{гв}}^{\text{ср}} = 0,9 \times 1200 / 1860 = 0,58 \text{ Па/м.}$$

Для направления II :

$$\ell_{\text{пк}} = 1150 \text{ м.}$$

$$\Delta P_{\text{гв}}^{\text{ср}} = 0,9 \times 1200 / 1150 = 0,94 \text{ Па/м.}$$

Аналогичные вычисления проводим для остальных направлений.

Результаты вычислений сводим в таблицу 11.

Таблица 11 - Средние гидравлические уклоны для полукольцевых направлений

Направление	$\ell_{\text{пк}}$ , м	$\Delta P_{\text{гв}}^{\text{ср}}$ , Па/м
I	1860	0,58
II	1150	0,94

Используем таблицу 10 для газодинамического расчета сети низкого давления, учитывая рекомендации, приведенные в п. 5.1.8 (для общих участников для нескольких направлений принимаем максимальные значения газодинамического уклона).

### ***Газодинамический расчет сети низкого давления***

Используя рекомендации и формулы, приведенные в п. 5.1.9, проводим газодинамический расчет сети низкого давления, обращая особое внимание на газодинамическую невязку колец, которая не должна превышать 10 %, и на степень использования располагаемого перепада в сети по основным направлениям газа от ГРП до крайних точек сети и точек встречи.

Результаты расхода сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Газодинамический расчет сети низкого давления

Кольцо или направление	Участок	Длина участка, $\ell_{уч}$ , м	Расход $Q_p^{уч}$ , $м^3/ч$	Сред. гидр. уклон $\Delta P_{гуд}$ Па/м	Диаметр $d_n \times S$ , мм	Потери давления на участке			Невязка Па, %	Давление в конце участка $P_k$ , Па	
						$\Delta P_{гуд}^{уч}$ Па/м	$\Delta P_{п.уч}$ Па	$1,1 \Delta P_{п.уч}$ Па			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
$\ell_{пк} = 1860м$	0-1	180	10805	0,58	720×8	0,67	120	132		2868	
	1-2	540	3796	0,58	630×7	0,4	76	83		2785	
	2-3	740	670	0,58	325×8	0,2	143	163		2622	
	3-А	560	58	0,58	89×3	1,22	683	752		1870	
	1-5	540	7382	0,58	720×8	0,23	135	149		2719	
	5-4	560	479	0,58	273×7	0,2	112	123		2596	
4-А	600	62	0,58	89×4	1,2	720	792	6,4	1804		
$\ell_{пк} = 1150м$	0'-1'	180	1405	0,94	325×8	0,7	140	154		2846	
	1'-2'	330	425	0,94	219×6	0,45	165	182		2624	
	2'-3'	450	182	0,94	159×4	0,53	239	262		2362	
	3'-В	280	20	0,94	60×3	1,6	392	431		1931	
	1'-5'	330	918	0,94	325×8	0,65	215	235		2611	
	5'-4'	630	317,5	0,94	219×6	0,3	189	208		2403	
4'-В	280	20,6	0,94	60×3	1,4	392	431	4,6	1972		
Туп.	2-9	360	232,2	2,5	133×4	2	720	792		1993	
	2-8	720	1026	1,23	273×7	1,1	792	871		1914	
	5-6	280	658	3,14	219×6	1,2	336	370		2349	
	5-7	720	2336	1,2	426×9	0,45	324	356		2363	
	2'-7'	324	77,8	2,54	89×4	1,8	583	642		1982	
	5'-6'	410	150	1,66	219×6	-	135	158		2611	
	4-6'	280	703	3,86	273×6	0,43	120	132		2465	
	3-10	280	703	3,86	273×6	0,43	120	132		2490	



Ввиду того, что стальные трубы, используемые при прокладке наружных систем теплогазоснабжения, принимаются в соответствии с ГОСТ 8732-78\* [4] типовых размеров, то расчетные диаметры 75,5×4; 114×4; 140×4,5 заменяем на 89×4; 108×4; 133×4.

Для обеспечения более экономного использования природного газа необходимо отключить ГРП-1 на летний период, так как в связи со снижением потребности в газе летом ГРП-2 может обеспечить этим видом топлива все жилые кварталы, включая 1,2,3.

Для участков 4-6' и 3-10 диаметры подбираем как для тупиковых ответвлений, считая, что каждый из них будет обеспечивать подачу газа, равную 703 м<sup>3</sup>/ч, в летний период.

## **5.2. Газодинамический расчет тупиковой сети высокого (среднего) давления**

Для больших и средних населенных пунктов сети высокого давления проектируются кольцевыми, то есть с учетом резерва, а для малых — выполняются в виде разветвленных тупиковых сетей.

Расчетный перепад давления ( $\Delta P$ ) для сетей высокого и среднего давления определяется исходя из следующих соображений. Начальные давления ( $P_n$ ) принимаются по СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы». Конечное давление ( $P_k$ ) принимается таким, чтобы при максимальной нагрузке сети было обеспечено допустимое давление газа перед регуляторами давления.

Величина допустимого давления складывается из максимального давления газа перед горелками, перепада давления в абонентном ответвлении при максимальной нагрузке и перепаде давления в газорегуляторном пункте.

Газовая сеть высокого и среднего давления питает газом крупных сосредоточенных потребителей и ГРП сетей низкого давления. При проектировании сетей высокого и среднего давления необходимо стремиться к тому, чтобы длина газопровода была минимальной с учетом расстояний, определяемых СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы» до линии застройки, трамвайных путей, подземных инженерных коммуникаций и других сооружений (см. рис.3).

### 5.2.1. Определение средней квадратичной разности давлений

Средняя квадратичная разность давлений для каждого направления определяется по следующей формуле:

$$a_i^{cp} = \frac{P_n^2 - P_k'^2}{1,1L_{ин}}, \quad (64)$$

где  $P_n$  — давления на выходе из ГРС (по СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы» принимаются равными от 0,3 МПа до 0,6 МПа включительно);

$P_k'$  — давление в конце рассчитываемого направления (принимается в соответствии с допустимыми потерями давления в сети высокого и среднего давления);

1,1 — коэффициент, учитывающий наличие местных сопротивлений;

$L_{ин}$  — длина рассчитываемого направления, м.

Результаты расчета сводим в таблицу 13.

Таблица 13 - Средние квадратичные разности давлений

Направление	ГРС - ПР <sub>і</sub>	ГРС - ХЗ	...	...	...	...	ГРС - ГРП <sub>і</sub>
$L_{ин}, \text{ м}$							
$P'_k, \text{ кПа}$							
$a_i^{cp} \times 100, \text{ кПа}^2$							

### 5.2.2. Газодинамический расчет тупиковой сети высокого (среднего) давления

По номограмме (приложение 9) выбирается диаметр для каждого участка по  $Q_p^{уч}$  и  $a_i^{cp} \times 100$ , причем  $Q_p^{уч}$  для рассчитываемого участка складывается из часовых расходов газа крупными коммунально-бытовыми предприятиями, сетевыми ГРП и промышленными предприятиями газификации.

Для участков, общих для нескольких направлений, следует принимать минимальное значение средней квадратичной разности давлений  $a_i^{cp} \times 100, \text{ кПа}^2$ .

Затем по выбранному диаметру  $d_n$  (мм) и по  $Q_p^{уч}$  ( $м^3/ч$ ) определяются потери давления на 100 м длины газопровода для каждого участка  $\Delta P_{уд}$  ( $кПа^2$ ).

Зная  $\Delta P_{уд}$ , определяются квадратичные потери давления для каждого участка по следующей формуле:

$$\Delta P^{KB} = \Delta P_{уд} \times \ell_{уч} / 100, \quad (65)$$

где  $\ell_{уч}$  — длина рассчитываемого участка, м.

Давление в конце рассматриваемого участка рассчитывается по формуле:

$$P_k = \sqrt{P_n^2 - \Delta P^{KB}}, \quad (66)$$

где  $P_n$  — давление газа в начале расчетного участка, которое для каждого последующего участка равно  $P_k$  предыдущего участка.

Полученные значения в конечных точках рассчитываемых направлений должны быть больше или равны значениям  $P_k'$  ( $кПа$ ). Если для рассчитываемого направления давление в конечной точке получилось намного больше требуемого  $P_k'$ , то следует уменьшить диаметр какого-либо участка, из числа тех, которые имеют пониженное значение  $\Delta P_{уд}$  ( $кПа^2$ ), и уточнить расчет.

Результаты вычислений сводим в таблицу 14.

Таблица 14 - Газодинамический расчет тупиковой сети высокого (среднего) давления

Направление	Текущий участок	Длина участка $\ell_{уч}$ , м	Расход $Q_p^{уч}$ , $м^3/ч$	Сред. квадратич. разность $a_i^{cp} \times 100$ , $кПа^2$	Диаметр $d_n \times S$ , мм	Потери давления		$P_k$ , $кПа$
						$\Delta P_{уд}$ , $кПа^2$	$\Delta P^{KB}$ , $кПа^2$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Примечание: для сетей высокого (среднего) давления диаметры менее 50 мм не принимаются.

## Пример расчета № 2

### Формирование тупиковой сети высокого давления

В данном примере проектируется сеть высокого давления в виде разветвленной тупиковой сети таким образом, чтобы ее длина была минимальной (рис. 3).

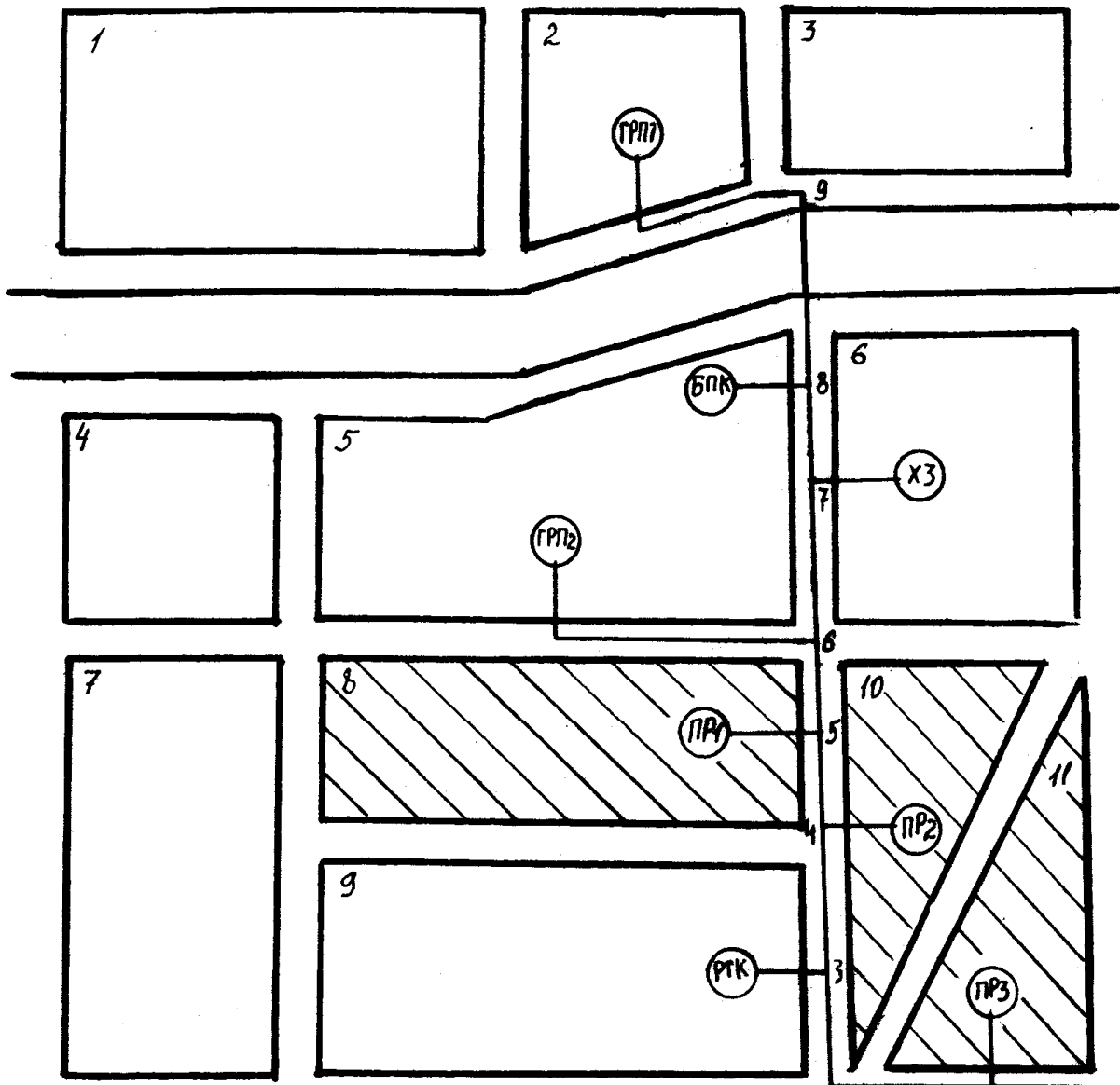


Рисунок 3 – Тупиковая схема газопроводов сети высокого давления:

ГРП — газораспределительный пункт; БПК — банно-прачечный комбинат; ХЗ — хлебозавод; ПР<sub>1</sub> — трехсменное производство (плавка стали); ПР<sub>2</sub> — двухсменное производство (обжиг цемента); ПР<sub>3</sub> — односменное производство (обжиг извести); РГК — районная газовая котельная.

Примечание. Предприятия (банно-прачечный комбинат, хлебозавод, и т.д.) могут иметь собственный газораспределительный устройства (ГРУ, ГРШ), необходимые для более точного регулирования давления используемого газа.

### ***Определение средней квадратичной разности давлений***

Среднюю квадратичную разность давлений вычисляем по формуле, приведенной в п. 5.2.1. Принимаем  $P_n = 600$  кПа.

Исходя из допустимых потерь в сети  $\Delta P_{\text{доп}} = 300$  кПа, принимаем для крупных коммунально-бытовых предприятий и сетевых ГРП  $P_k = 300$  кПа. Для промышленных предприятий  $P_k = 400$  кПа.

В соответствии с масштабом генплана определяются длины рассчитываемых направлений  $L_{\text{ин}}$  в соответствии с рис. 3.

Результаты вычислений сводятся в таблицу 15.

Таблица 15 - Средние квадратичные разности давлений

Направление	ГРС – ПР3	ГРС – РГК	ГРС – ПР2	ГРС – ПР1	ГРС – ГРП2	ГРС - Х3	ГРС – БПК	ГРС – ГРП1
$L_{\text{ин}}, \text{ м}$	1200	1950	2300	2500	3350	3050	3250	4250
$P_k, \text{ кПа}$	400	300	400	400	300	300	300	300
$a_i^{\text{cp}} \times 100, \text{ кПа}^2$	15152	12587	7905	7273	7327	8048	7552	5775

### ***Газодинамический расчет тупиковой сети высокого давления***

Используя рекомендации и формулы, приведенные в п. 5.2.2, проводим газодинамический расчет сети высокого давления, обращая особое внимание на то, что  $P_k \geq \Delta P_{\text{доп}}$ .

Результаты вычислений сводим в таблицу 16.

Таблица 16 – Газодинамический расчет тупиковой сети высокого давления

Направление	Участок	Длина участка $\ell_{уч}$ , м	$Q_p^{уч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$a_i^{ср} \times 100$ , кПа <sup>2</sup>	$d_H \times S$ , мм	Потери давления		$P_k$ , кПа
						$\Delta P_{уд_2}$ , кПа <sup>2</sup>	$\Delta P_{кв_2}$ , кПа <sup>2</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГРС- ГРП <sub>ПР3</sub>	ГРС-1	450	28553	5775	325×8	5775	25987,5	577,9
	1-2	600	28553	5775	325×8	5775	34650	547,1
	2-ГРП <sub>ПР3</sub>	150	38	15152	57×3	800	1200	546,0
ГРС- ГРП <sub>РГК</sub>	2-3	750	28515	5775	325×8	5775	43312,5	506,0
	3-ГРП <sub>РГК</sub>	150	11194	12587	159×4,5	40000	60000	442,8
ГРС- ГРП <sub>ПР2</sub>	3-4	350	17321	5775	273×7	4700	16450	489,5
	4-ГРП <sub>ПР2</sub>	150	76	7905	57×3	800	1200	488,3
ГРС- ГРП <sub>ПР1</sub>	4-5	200	17245	5775	273×7	4500	9000	480,2
	5-ГРП <sub>ПР1</sub>	150	2886	7273	133×4	7273	10909,5	468,7
ГРС- ГРП <sub>2</sub>	5-6	250	14359	5775	273×7	3600	9000	470,7
	6- ГРП <sub>2</sub>	750	1405	7327	108×4	6000	45000	420,2
ГРС- ГРП <sub>Х3</sub>	6-7	300	12954	5775	219×6	10000	30000	437,7
	7- ГРП <sub>Х3</sub>	150	597	8048	70×3	6667	10000,5	426,1
ГРС- ГРП <sub>БПК</sub>	7-8	200	12357	5775	219×6	8333	16666	418,2
	8- ГРП <sub>БПК</sub>	150	1552	7552	108×4	7552	11328	404,4
ГРС- ГРП <sub>1</sub>	8-9	600	10805	5775	219×6	5775	39600	367,8
	9- ГРП <sub>1</sub>	550	10805	5775	219×6	5775	31762,5	321,7

При вычислении давления  $P_k$  в конце каждого ответвления сравниваем полученную величину с  $\Delta P_{\text{доп}}$ , если полученное давление не менее 300 кПа ( $\Delta P_{\text{доп}}$ ) для коммунально-бытовых предприятий и не менее 400 кПа для промышленных предприятий, тогда принятый диаметр оставляем, в противном случае диаметр увеличиваем.

### **5.3. Газодинамический расчет однокольцевой газовой сети высокого (среднего) давления**

При расчете кольцевых сетей высокого (среднего) давления необходимо оставлять резерв давления для увеличения пропускной способности системы при аварийных газодинамических режимах. Принятый резерв проверяется расчетом при возникновении наиболее неблагоприятных аварийных ситуаций. Такие режимы обычно возникают при выключении головных участков сети.

Стопроцентное обеспечение потребителей газом при отказах элементов системы связано с дополнительными капитальными вложениями. Но ввиду кратковременности аварийных ситуаций допускается снижение качества системы при отказах ее элементов. Снижение качества оценивают коэффициентом обеспеченности  $K_{\text{об}}$ . Обычно сети высокого (среднего) давления питают газом потребителей, относящихся к разным категориям (коммунально-бытовые потребители, отопительные котельные, промышленные потребители). Для каждой категории потребителей рекомендуются определенные значения коэффициентов обеспеченности, приведенные в [5, с. 119]. Однако при расчете кольцевых сетей (за исключением сетей, питающих однородных потребителей) допускается использование усредненного значения коэффициента обеспеченности, который можно принимать равным  $K_{\text{об}} = 0,75$ .

Для однокольцевого газопровода два аварийных режима, подлежащих расчету: при выключении головных участков слева и справа от точки питания. Так как при выключении головных участков однокольцевой газопровод превращается в тупиковый, поэтому диаметр кольца определяется из расчета аварийного газодинамического режима при лимитированном газоснабжении для тупиковой линии.

### 5.3.1. Предварительный расчет диаметра кольца газопроводов

Предварительный диаметр кольца газопроводов определяется по следующим приближенным зависимостям:

$$Q_n = 0,59 \sum_{i=1}^n (K_{об} \cdot Q_i) \quad (67)$$

$$a_i^{cp} = \frac{P_n^2 - P_k^2}{1,1L_k}, \quad (68)$$

где  $Q_n$  — расчетный расход газа для сети высокого давления, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_i$  — расчетный расход газа потребителями, м<sup>3</sup>/ч;

$K_{об}$  — коэффициент обеспеченности для всех потребителей;

$P_n, P_k$  — абсолютные давления газа в начале и в конце сети, кПа;

1,1 — коэффициент, учитывающий местные сопротивления;

$L_k$  — протяженность кольца, м;

0,59 — коэффициент, зависящий от соотношения между путевым и транзитным расходами и числа потребителей, составляющих путевую нагрузку.

По номограмме (приложение 9) выбирается диаметр кольца газопроводов. Целесообразно принимать постоянный диаметр для кольца газопроводов. Если такой диаметр подобрать не удастся, то для участков газопроводов, расположенных диаметрально противоположно точке питания, следует выбирать трубы меньшего диаметра, но не менее чем 0,75 диаметра головного участка.

### 5.3.2. Газодинамический расчет аварийных режимов однокольцевой газовой сети

Выполняются два варианта газодинамического расчета аварийных режимов при выключенных головных участках слева и справа от точки питания (например: участок-п, участок-м). Приведенный ниже порядок расчета проводится для каждого из двух вариантов аварийных режимов.

Расчетный расход газа для каждого участка кольца газопроводов при аварийных режимах определяется по следующей формуле:



$$Q_{ав}^{уч} = K_{об} \cdot Q_{уч}, \quad (69)$$

где  $Q_{уч}$  — расчетный расход газа на рассматриваемом участке, м<sup>3</sup>/ч.

По выбранному диаметру кольца газопроводов и по расчетному расходу газа по номограмме (приложение 9) определяются квадратичные потери давления на каждые 100 м рассматриваемого участка:

$$P_n^2 - P_k^2 = \frac{P_n^2 - P_k^2}{L} \times 100, \text{ кПа}^2/100 \text{ м} \quad (70)$$

Квадратичные потери давления для всего участка определяются по следующей формуле:

$$(P_n^2 - P_k^2)_{уч} = 1,1(P_n^2 - P_k^2) \cdot L_{уч} / 100 \quad (71)$$

где  $L_{уч}$  — длина рассматриваемого участка, м.

Результаты вычислений сводятся в таблицу 17.

Таблица 17 - Результаты газодинамического расчета аварийных режимов

Показатели участка				$P_n^2 - P_k^2$ , кПа <sup>2</sup>	$(P_n^2 - P_k^2)_{уч}$ , кПа <sup>2</sup>
№ участка	$d_n \times s$ , мм	$L_{уч}$ , м	$Q_{уч}$ , м <sup>3</sup> /ч		
1	2	3	4	5	6
Отказал участок n					
m					
---					
---					
n-1					
Итого					
Отказал участок m					
n					
---					
---					
m-1					
Итого					

Диаметры участков кольца газопроводов в процессе расчета корректируются таким образом, чтобы давление газа у последнего потребителя не понижалось ниже минимально допустимого значения.

Расчетно-часовой расход газа для всех ответвлений рассчитываются по формуле:

$$Q_{om} = K_{об} \times Q_p^{om}, \quad (72)$$

где  $Q_p^{om}$  — расчетно-часовой расход газа на рассматриваемом ответвлении, м<sup>3</sup>/ч;

$K_{об}$  — коэффициент обеспеченности потребителей газа.

Давление в начале рассматриваемого ответвления определяется исходя из следующей формулы:

$$P_n^{om} = \sqrt{P_n^2 - \Sigma(P_n^2 - P_k^2)_{уч.i}} \quad (73)$$

где  $P_n^{om}$  — давление вначале рассматриваемого ответвления, кПа;

$P_n^2$  — абсолютное давление газа (начальное давление газа после ГРП), кПа<sup>2</sup>;

$\Sigma(P_n^2 - P_k^2)_{уч.i}$  — сумма потерь давления на участках кольца газопроводов, расположенных до точки подключения рассматриваемого ответвления к кольцу.

Затем определяются допустимые потери квадрата давления на 100 м рассматриваемого ответвления по формуле:

$$\left( (P_{n\ om}^2 - P_{k\ om}^2)_{уч} / (1,1 \cdot L_{om}) \right) \times 100 \quad (74)$$

где  $L_{om}$  — длина рассматриваемого ответвления, м;

$P_{k\ om}^2$  — абсолютное давление в конце ответвления, кПа<sup>2</sup>.

По номограмме (приложение 9) выбирается диаметр ответвления и действительное значение потерь давления на 100 м.

Потери квадрата давления на всем ответвлении вычисляются по формуле:

$$1,1 \times (P_n^2 - P_k^2) \times L_{om} / 100, \quad (75)$$

где  $(P_n^2 - P_k^2)$  — действительное значение потерь давления на 100 м, кПа<sup>2</sup>.

Давление в конце ответвления вычисляется по следующей формуле:

$$P_k^{om} = \sqrt{(P_n^{om})^2 - 1,1 \times (P_n^2 - P_k^2) \times L_{от} / 100} \quad (76)$$

Результаты вычислений сводятся в таблицу 18.

Таблица 18 – Результаты газодинамического расчета ответвлений при аварийных режимах

№ ответвления	$Q_{от},$ м <sup>3</sup> /ч	$L_{от},$ м	$d_n \times s,$ мм	$(P_n^2 - P_k^2),$ кПа <sup>2</sup>	$1,1 \times$ $\times (P_n^2 - P_k^2) \times$ $\times L_{от} / 100,$ кПа <sup>2</sup>	$P_{н. от},$ кПа	$P_{к. от},$ кПа
Отказал участок m							
--							
11							
12							
--							
Отказал участок n							
---							
12							
11							
---							

Следует заметить, что диаметр для рассматриваемого ответвления необходимо подбирать по данным того варианта газодинамического расчета аварийного режима, в котором давление  $P_n^{om}$  (кПа) в начале данного ответвления будет меньшим.

### **5.3.3. Распределение потоков при нормальном газодинамическом режиме**

Расчет потокораспределения при нормальном газодинамическом режиме производится в последовательности, приведенной ниже.

Сначала задается предварительное распределение потоков, при этом для каждого узла должен соблюдаться первый закон Кирхгофа

(алгебраическая сумма всех потоков газа, сходящихся в узле, включая узловыe расходы, равна нулю. Потокам, подходящим к узлу, присваивается знак плюс, а выходящим из узла — минус). Затем в одном из узлов ответвления (узел  $f$ ) принимается точка схода потоков газа. Точка схода принимается с учетом равномерного распределения нагрузки по обеим ветвям кольца газопроводов. Далее, двигаясь от точки схода против потока газа по каждой ветви кольца газопроводов, необходимо определить расчетные расходы газа для всех участков кольца газопроводов, принимая для одной ветви расходы положительными, а для другой — отрицательными. Расчетные расходы газа на участках, расположенных непосредственно перед точкой схода, определяются путем деления расчетного расхода газа в ответвлении  $f$  на две части, которые могут быть не равны между собой.

По известным диаметрам и расходам газа по номограмме (приложение 9) находятся потери давления на 100 м длины для всех участков и далее — потери на участках.

Все расчеты сводятся в таблицу 19.

Таблица 19 — Результаты расчетов потоков распределения при нормальном газодинамическом режиме сети

Показатели участка		Предварительное распределение расходов				Окончательное распределение расходов				
№	$d_n \times s$ , мм	$L_{уч}$ , м	$Q_{уч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$(P_n^2 - P_k^2)$ , кПа <sup>2</sup>	$(P_n^2 - P_k^2)_{уч}$ , кПа <sup>2</sup>	$(P_n^2 - P_k^2)_{уч} / Q_{уч}$	$Q_{уч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$(P_n^2 - P_k^2)$ , кПа <sup>2</sup>	$(P_n^2 - P_k^2)_{уч}$ , кПа <sup>2</sup>	$1,1 \times (P_n^2 - P_k^2)_{уч}$ , кПа
1										
2										
---										

После расчета предварительного распределения потоков определяется невязка потерь квадрата давления в кольце газопроводов как:

$$\Sigma(P_n^2 - P_k^2)_{уч}. \quad (77)$$

Ошибка потокораспределения в кольце газопроводов определяется по следующей формуле:

$$\delta = \frac{\sum (P_n^2 - P_k^2)_{\text{уч}} \cdot 100}{0,5 \left| \sum (P_n^2 - P_k^2)_{\text{уч}} \right|} \quad (78)$$

При  $|\delta| \leq 10\%$  расчет потокораспределения заканчивается, иначе — вводится поправочный круговой расход по часовой стрелке для разгрузки одной из ветвей.

Поправочный круговой расход для однокольцевой сети рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta Q_k = \sum \frac{(P_n^2 - P_k^2)_{\text{уч}}}{2} \cdot \sum \left( \frac{(P_n^2 - P_k^2)_{\text{уч}}}{Q_{\text{уч}}} \right) \quad (79)$$

где  $i$  — номер рассматриваемого участка кольца газопроводов.

Полученный поправочный круговой расход вводится в кольцо газопроводов, и проводится окончательный расчет. Результаты вычислений сводятся в таблицу 19. На этом расчет кольца газопроводов заканчивается.

#### **5.3.4. Проверка диаметров ответвления при расчетном газодинамическом режиме**

Достаточность принятых в процессе расчета аварийных режимов диаметров ответвлений проверяется следующим образом.

Сначала определяется давление газа в узлах присоединения ответвлений к кольцевому газопроводу  $P_n^{om}$  (см. п. 5.3.2). Далее находятся потери давления, исходя из расчетной нагрузки (без учета  $K_{об}$ ) и принятого диаметра. Затем определяется давление в конце рассматриваемого ответвления  $P_k^{от}$  (см. п. 5.3.2). Если полученное давление  $P_k^{om}$  получается не менее 300 кПа для ГРП и коммунально-бытовых потребителей и не менее 400 кПа для промышленных предприятий, то выбранный диаметр принимается, в противном случае диаметр увеличивается. Результаты расчета сводятся в таблицу 20. На этом расчет однокольцевой газовой сети высокого (среднего) давления считается законченным.

Таблица 20 – Проверка диаметров ответвлений на расчетный режим

№ ответвления	$Q_{от},$ м <sup>3</sup> /ч	$L_{от},$ м	$d_H \times s,$ мм	$(P_H^2 - P_K^2),$ кПа <sup>2</sup>	$1,1 \times (P_H^2 - P_K^2) \times$ $\times L_{от} / 100,$ кПа <sup>2</sup>	$P_{H. от},$ кПа	$P_{K. от},$ кПа
---							
11							

### Пример расчета № 3

#### *Предварительный расчет диаметра кольца газопроводов*

Предварительный диаметр кольца определяем в соответствии с п. 5.3.1. Вычислим расчетный расход газа для каждого участка кольца газопроводов при аварийных режимах (см. рис. 4):

$$Q_n = 0,59 \times \sum_{i=1}^n K_{об} \times Q_i = 0,59 \times 0,75 \times 28532 = 12625 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определим удельное падение квадрата давления в кольце газопроводов при  $P_H = 600$  кПа и  $P_K = 300$  кПа.

$$\frac{P_H^2 - P_K^2}{1,1 \times L_{уч}} = \frac{600^2 - 300^2}{1,1 \times 7405} = 33,14 \text{ кПа}^2/\text{м}.$$

По номограмме (приложение 9) выбираем предварительный диаметр кольца равный 273х7.

#### *Газодинамический расчет аварийных режимов однокольцевой газовой сети*

Газодинамического расчета аварийных режимов при выключенных головных участках слева и справа от точки питания выполняем в соответствии с пунктом 5.3.2.

Средний расчетный диаметр кольца 273х7 не обеспечивает требуемого расхода газа при отказе участка 0-1, поэтому для головных участков 0-1, 1-2, 0-8, 8-7 принимаем диаметр газопроводов равным 325х8, а для остальных участков диаметр оставляем равным 273х7. Определим величину давления в концевой точке при отказе 0-8:

$$P_K = \sqrt{600^2 - 139839} = 469 \text{ кПа}.$$

Определим величину давления в концевой точке при отказе 0-1:

$$P_n = \sqrt{600^2 - 159099} = 448 \text{ кПа.}$$

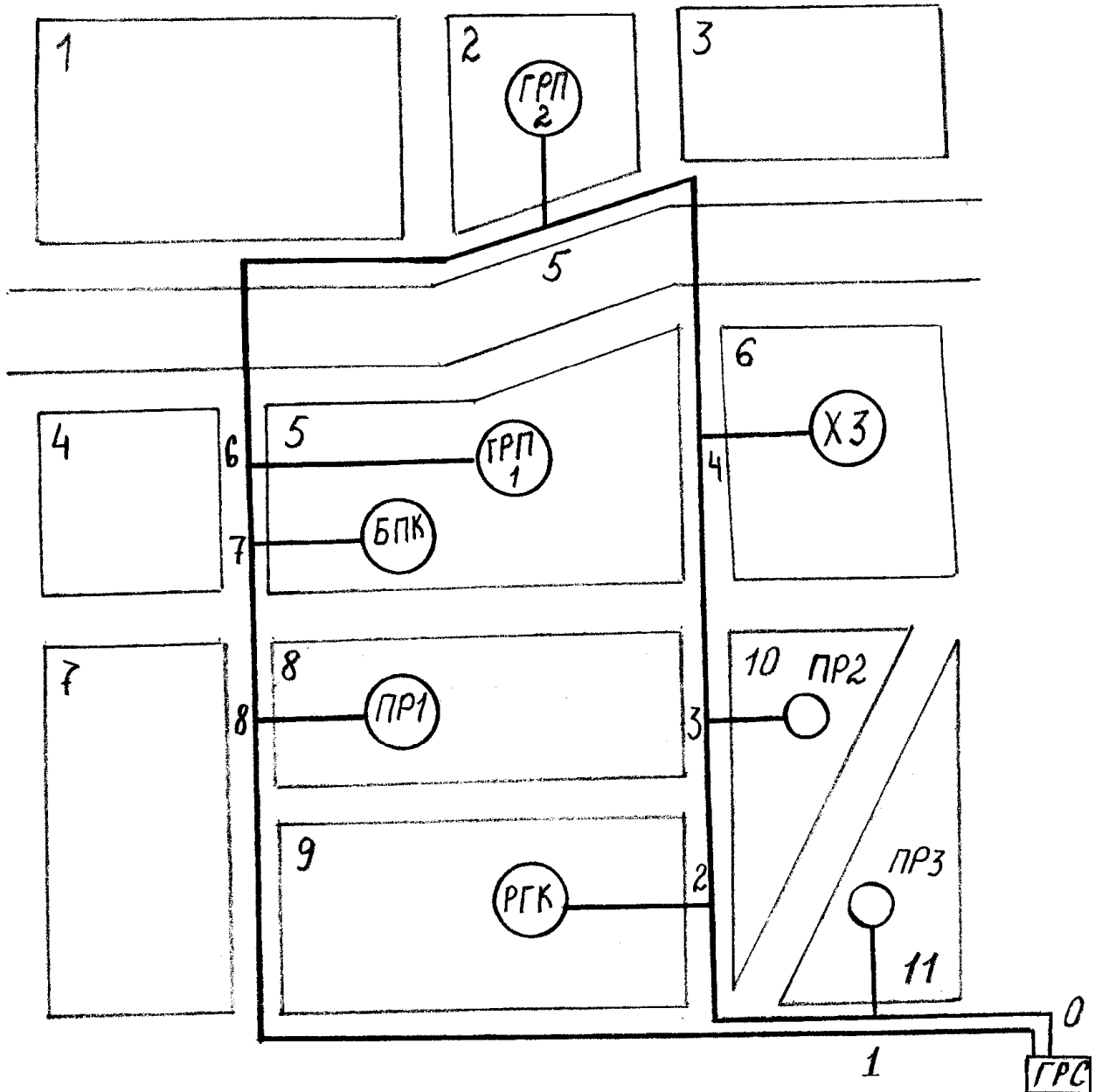


Рисунок 4 – Схема однокольцевого газопровода сети высокого давления:

ГРП — газораспределительный пункт; БПК — банно-прачечный комбинат; ХЗ — хлебозавод; ПР1 — трехсменное производство (плавка бронзы); ПР2 — двухсменное производство (обжиг цемента); ПР3 — односменное производство (обжиг извести); РГК — районная газовая котельная; ГРС — газораспределительная станция.

Газодинамический расчет ответвлений при аварийных режимах работы проводим в соответствии с п. 5.3.2. Результаты вычислений сводим в таблицы 21, 22.

Таблица 21 – Результаты газодинамического расчета аварийных режимов

Показатели участка				$(P_n^2 - P_k^2),$ кПа <sup>2</sup>	$1,1 \times$ $\times (P_n^2 - P_k^2)$ $\times L_{уч}/100,$ кПа <sup>2</sup>
№ участка	$d_n \times s,$ мм	$L_{уч},$ м	$Q_{уч},$ м <sup>3</sup> /ч		
1	2	3	4	5	6
Отказал участок 0-8					
0-1	325×8	270	21202	3500	10395
1-2	325×8	700	21173	3450	26642
2-3	273×7	500	13646	3000	16995
3-4	273×7	630	13589	2900	20097
4-5	273×7	970	13116	2850	30410
5-6	273×7	1260	12062	2500	34650
6-7	273×7	145	3959	250	399
7-8	325×8	380	2165	60	251
Итого					139839
Отказал участок 0-1					
0-8	325×8	2550	21202	3500	98175
8-7	325×8	380	19037	2400	10032
7-6	273×7	145	17243	4500	7178
6-5	273×7	1260	9140	1400	19404
5-4	273×7	970	8086	1150	12271
4-3	273×7	630	7613	940	6514
3-2	273×8	500	7556	950	5525
2-1	325×8	700	29	-	-
Итого					159099



Таблица 22 – Результаты газодинамического расчета ответвлений при аварийных режимах

№ ответвления	$Q_{от},$ м <sup>3</sup> /ч	$L_{от},$ м	$d_H \times s,$ мм	$(P_H^2 - P_K^2),$ кПа <sup>2</sup>	$1,1 \times (P_H^2 - P_K^2) \times L_{уч}/100,$ кПа <sup>2</sup>	$P_{H.от},$ кПа	$P_{K.от},$ кПа
Отказал участок 0-8							
1	28,5	180	-	-	-	591	-
2	7527	318	-	-	-	568	-
3	57	180	-	-	-	553	-
4	473	216	-	-	-	534	-
5	1054	216	-	-	-	505	-
6	8104	360	159×4,	8670	73933	470	383
7	1794	200	89×3	1900	41800	469	422
8	2165	290	89×3	216	68904	469	389
Отказал участок 0-1							
8	165	290		-	-	512	-
7	1794	200	-	-	-	502	-
6	8104	360	-	-	-	495	-
5	1054	216	70×3	300	71280	475	393
4	473	216	57×3	150	35640	461	421
3	57	180	57×3	50	9900	454	443
2	7527	318	159×4,	150	52470	448	385
1	28,5	180	57×3	30	5940	448	441

Расчет ответвлений производим для двух аварийных режимов, диаметр подбираем для режима, в котором давление  $P_H^{от}$  (кПа) в начале рассматриваемого ответвления наименьшее.

### *Распределение потоков при нормальном газодинамическом режиме*

Принимаем точку встречи потоков газа в узле 6. Далее расчет потокораспределения при нормальном газодинамическом режиме производим в соответствии с п. 5.3.3.

Все расчеты сводим в таблицу 23.

Таблица 23 – Результаты расчетов потоков распределения при нормальном газодинамическом режиме сети

Показатели участка			Предварительное распределение расходов				Окончательное распределение расходов			
№	$d_n \times s$ , мм	$L_{уч}$ , м	$Q_{уч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$(P_n^2 - P_k^2)_{уч}$ , кПа <sup>2</sup>	$(P_n^2 - P_k^2)_{уч}$ , кПа <sup>2</sup>	$(P_n^2 - P_k^2)_{уч} / Q_{уч}$	$Q_{уч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$(P_n^2 - P_k^2)_{уч}$ , кПа <sup>2</sup>	$(P_n^2 - P_k^2) \times L_{уч} / 100$ , кПа <sup>2</sup>	$1,1(P_n^2 - P_k^2) \times L_{уч} / 100$ , кПа <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	325×8	270	1618	1600	4752	0,29	1618	1600	4320	4752
1-2	325×8	700	1614	1600	12320	0,76	1614	600	11200	12320
2-3	273×7	500	6112	500	2750	0,45	6112	500	2500	2750
3-4	273×7	630	6036	500	3465	0,57	6036	500	3150	3465
4-5	273×7	970	5405	480	5122	0,95	5405	480	4656	5122
5-6	273×7	1260	4000	260	3604	0,9	4000	260	3276	3604
6-7	273×7	145	6805	790	-1261	0,19	6805	790	1146	1261
7-8	325×8	380	9191	500	-2090	0,23	9191	500	1900	2090
8-0	325×8	2550	1208	1000	-28050	2,32	1208	1000	25500	28050
					612					

Определим ошибку потокораспределения в кольце газопроводов:

$$\delta = \sum \frac{(P_n^2 - P_k^2)_{уч} \times 100}{0,5 \times |(P_n^2 - P_k^2)_{уч}|} = \frac{612 \times 100}{0,5 \times 63414} = 1,9 \%$$

Так как  $|\delta| \leq 10\%$ , то расчет потокораспределения при нормальном газодинамическом режиме сети считаем законченным.

### ***Проверка диаметров ответвления при расчетном газодинамическом режиме***

Достаточность принятых в процессе расчета аварийных режимов диаметров ответвлений проверяем в соответствии с п. 5.3.4. Результаты вычислений сводим в таблицу 24.

Таблица 24 – Проверка диаметров ответвлений на расчетный режим

№ ответвления	$Q_{от},$ $м^3/ч$	$L_{от},$ м	$d_H \times s,$ мм	$(P_H^2 - P_K^2),$ кПа <sup>2</sup>	$1,1 \times$ $\times (P_H^2 - P_K^2) \times$ $\times L_{вч}/100,$	$P_{H. от},$ кПа	$P_{K. от},$ кПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	38	180	57×3	3500	6930	596	590
2	10036	318	159×4,5	35000	122430	586	470
3	76	180	57×3	7000	138600	583	449
4	631	216	57×3	35000	83160	580	503
5	1405	216	70×3	45000	106920	576	474
6	10805	360	159×4,5	40000	132000	573	443
7	2392	200	89×3	40000	88000	574	491
8	2886	290	89×3	45000	143550	576	434

#### 5.4. Газодинамический расчет внутридомового газопровода

Газопроводы в зданиях прокладываются открыто. Если они пересекают фундаменты, перекрытия, лестничные площадки, стены и перегородки, то заключаются в стальные футляры. В пределах футляра газопровод не должен иметь стыковых соединений, а пространство между ним и футляром должно быть заделано битумом. Конец футляра выводят над полом на высоту 3 см. Газопроводы, пересекающиеся с электропроводом, заключают в резиновую или эбонитовую трубу.

Расчет внутридомовых газопроводов производят после выбора и размещения оборудования и разработки схемы газопроводов в соответствии с рис. 5.

Расчет начинают осуществлять с самого верхнего и самого дальнего прибора в здании. На расчетной схеме проставляются номера узловых точек от самого дальнего верхнего прибора до ввода в здание и определяют расходы газа по участкам домовой сети по номинальным расходам газа приборами. Набор приборов, устанавливаемых в квартирах, условно обозначается: ГК — газовый быстродействующий водонагреватель; П-2 — плита двухконфорочная, устанавливается в 1- и 2-комнатных квартирах;

П-4 — плита четырехконфорочная, устанавливается в 3-комнатных квартирах и более (рис. 5).

#### 5.4.1. Определение расчетных расходов газа в домовой сети

Расчет сети стояка.

Номинальный расход газа приборами или группой приборов определяется по формуле:

$$g_i = Q_{т.н.} / Q_{н}^c, \quad (80)$$

где  $Q_{т.н.}$  — нормативная тепловая нагрузка для газовых плит, кДж/ч;

$Q_{н}^c$  — низшая теплота сгорания газа, кДж/м<sup>3</sup>.

Коэффициенты одновременности определяют по приложению №10 в зависимости от набора установленных приборов и по суммарному количеству квартир.

Расчетные расходы газа для каждого участка внутридомовой сети определяются по следующей формуле:

$$Q_p = g_i \times K_o \times n_i, \quad (81)$$

где  $K_o$  — коэффициент одновременности;

$n_i$  — количество квартир.

После определения всех расчетных расходов по участкам переходим к газодинамическому расчету газопроводов. Расчетный перепад давления  $\Delta P$  для домовой сети многоэтажных зданий выбирается по приложению 10. Он равен  $\Delta P = 350$  Па.

Результаты вычислений сводим в таблицу 25.

Таблица 25 – Определение расчетных расходов газа в домовой сети

№ участка	Набор приборов	Количество квартир, $n_i$	$g_i$ , м <sup>3</sup> /ч	Коэфф. одновременности, $K_o$	$Q_p$ , м <sup>3</sup> /ч
1-2					
---					

#### 5.4.2. Газодинамический расчет домовых газопроводов

Длина участков  $l_d$  (м) определяется по аксонометрической схеме внутридомового газопровода (рис. 6). Затем задаемся

диаметром рассчитываемого участка. Заносим выбранный диаметр в графу 4. Далее по приложению 10 с учетом выбранного диаметра и расчетного расхода газа определяем эквивалентную длину трубопровода исходя из коэффициента местных потерь  $\xi=1$ ; ( $l_3$ ; м) и удельные потери давления ( $P_{уд}$ , Па). В графу 13 необходимо записать местные сопротивления для каждого участка и по приложению 10 определить соответствующие им коэффициенты местных сопротивлений.

Полученную сумму коэффициентов местных сопротивлений следует занести в графу 5 ( $\Sigma\xi$ ) таблицы 26.

Дополнительную условную длину для каждого участка вычисляют по следующей формуле:

$$l_{доп} = \Sigma\xi \times l_3, \quad (82)$$

Расчетную длину каждого участка определяют по формуле:

$$l_p = l_d + l_{доп}. \quad (83)$$

Суммарные потери давления на каждом участке вычисляют по формуле:

$$\Delta P_{уч} = \Delta P_{уд} \times l_p. \quad (84)$$

На вертикальных участках определяют гидростатическое давление по формуле:

$$H = g \times Z(1,293 - \rho_r). \quad (85)$$

где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения;

$Z$  — разность геометрических отметок конца и начала участка, считается по ходу газа, м;

$\rho_r$  — плотность газа,  $\text{кг/м}^3$ ;

1,293 — плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ .

Если гидравлический напор действует в направлении движения газа, он прибавляется к последнему (когда газ легче воздуха и движется вверх) или когда газ тяжелее воздуха но движется вниз. Если гидростатический напор действует против движения газа, он вычитается из последнего.

Фактические потери давления на каждом участке определяют по формуле:

$$\Delta P_{ф} = \Delta P_{уч} \pm H. \quad (86)$$

Определив  $\Delta P_{\phi}$  на участке, необходимо подсчитать потери давления на всех последовательно присоединенных участках ( $\Sigma \Delta P_{\phi}$ ). Суммарные потери давления не должны превышать расчетного перепада давления для домовой сети.

Результаты расчетов сводим в таблицу 26.

Таблица 26 – Газодинамический расчет домовых газопроводов

№ участка	$Q_p$ , м <sup>3</sup> /ч	$l_d$ , м	$d_y \times S$ , мм	$\Sigma \xi$	$L_{э}$ , м	$l_{доп}$ , м	$L_p$ , м	$\Delta P_{уд}$ , Па	$\Delta P_{уч}$ , Па	$H$ , Па	$\Delta P_{\phi}$ , Па	Местные сопр. и
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Примечание. Из опыта проектирования целесообразно задаваться диаметрами  $d_y = 15-20$  мм для стояков и подводок к газовым приборам.

### Пример расчета №4

#### Газодинамический расчет внутридомового газопровода

##### *Определение расчетных расходов газа в домовой газовой сети*

По плану этажа здания (см. рис.5) составляем расчетную схему (рис. 6) и по ней заполняем таблицу 25 (см. п. 5.3.1). В ходе заполнения таблицы вычисляем максимальный потребляемый расход газа газовыми плитами по следующей формуле:

$$g_i = Q_{т.н.} / Q_H^c,$$

$$\text{где } Q_{т.н.} = 10400 \times 4,19 = 43576 \text{ кДж/ч;}$$

$$Q_H^c = 37625 \text{ кДж/нм}^3;$$

$$g_i = 43576 / 37625 = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Затем, используя рекомендации, приведенные в п. 5.3.1, вычисляем расчетные расходы газа для каждого участка:

$$Q_p = g_i \times K_o \times n_i.$$

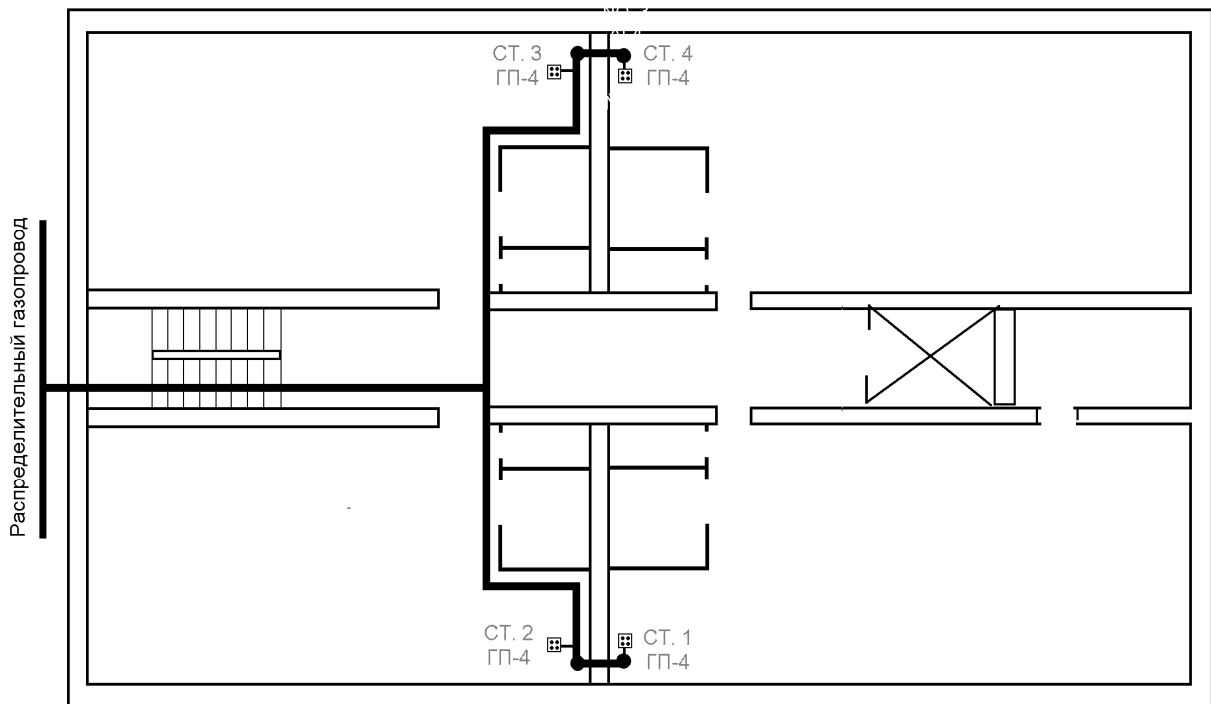


Рисунок 5 – План типового этажа с расположением газопроводов и газовых приборов

Таблица 27 – Определение расчетных расходов газа в домовой сети

№ участка	Набор приборов	Кол-во квартир, $n_i$	$g_i$ , $m^3/ч$	Кэфф. одновременности, $K_o$	$Q_p$ , $m^3/ч$
1-2	П-4	1	1,2	1	1,2
2-3	П-4	2	1,2	0,65	1,56
3-4	П-4	3	1,2	0,45	1,62
4-5	П-4	4	1,2	0,35	1,68
5-6	П-4	5	1,2	0,29	1,74
6-7	П-4	6	1,2	0,28	2,016
7-8	П-4	7	1,2	0,27	2,268
8-9	П-4	8	1,2	0,27	2,592
9-10	П-4	9	1,2	0,26	2,808
10-11	П-4	18	1,2	0,24	5,184
13-12	П-4	9	1,2	0,26	2,808
12-11	П-4	18	1,2	0,24	5,184
11-14	П-4	36	1,2	0,23	9,9367

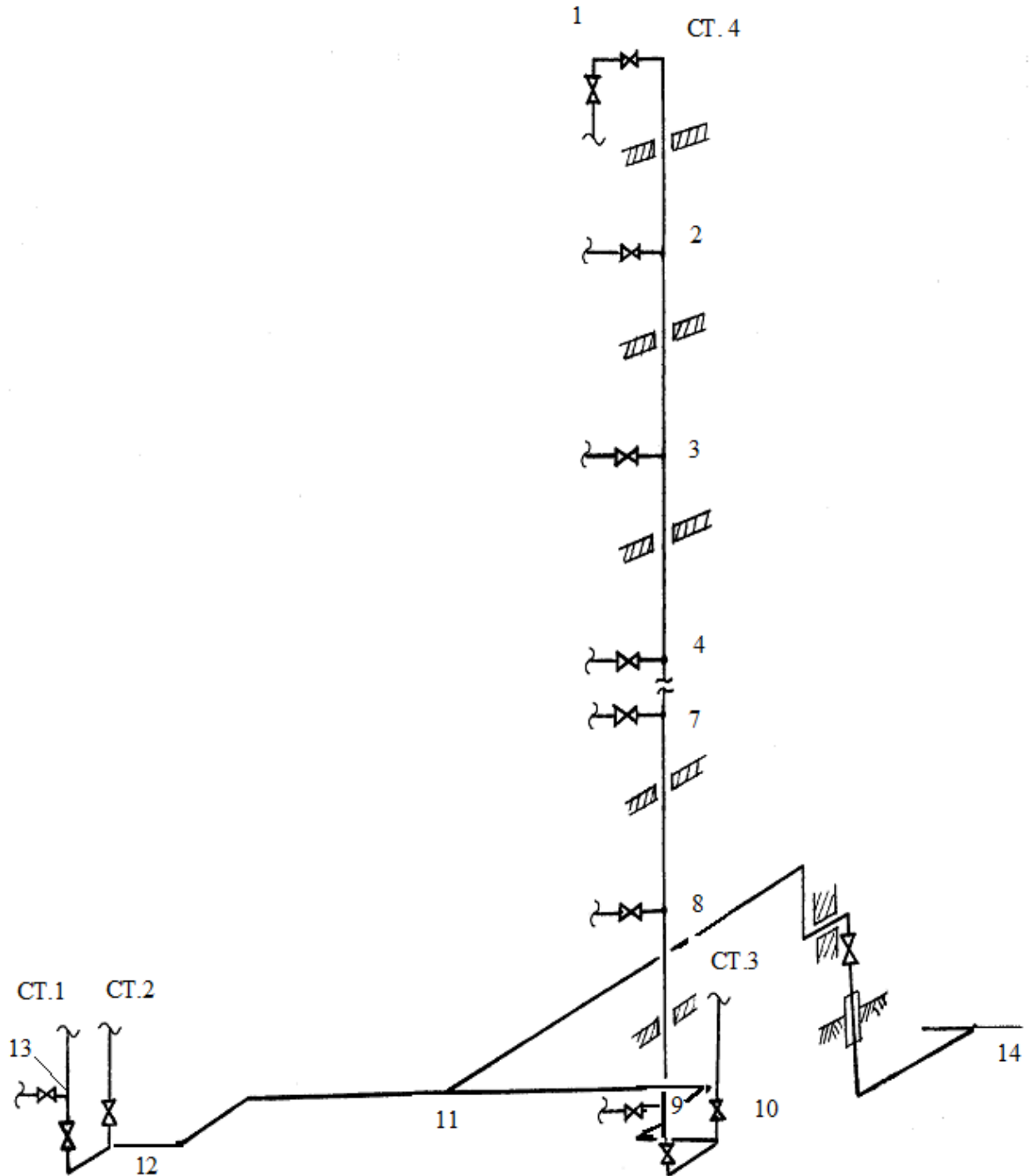


Рисунок 6 – Аксонометрическая схема внутридомового газопровода

### ***Газодинамический расчет внутридомовой газовой сети***

Используя рекомендации и формулы, приведенные в п. 5.3.2, проводим газодинамический расчет внутридомовой сети, обращая особое внимание на то, чтобы суммарные потери давления на всех



последовательных участках не превышали расчетного перепада давления для домовой сети:  $\Sigma \Delta P_{\phi} \leq \Delta P = 350$  Па. Результаты вычислений сводим в таблицу 28.

Таблица 28 – Газодинамический расчет домовых газопроводов (расчет сети к стояку 4)

№ участка	$Q_p$ , м <sup>3</sup> /ч	$l_d$ , м	$d_y \times S$	$\Sigma \xi$	$l_э$ , м	$l_{доп}$ , м	$l_p$ , м	$\Delta P_{уд}$ , Па	$\Delta P_{уч}$ , Па	$H$ , Па	$\Delta P_{\phi}$ , Па	Местные сопр-я и коэф-ты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1-2	1,2	4,4	20	3,3	0,46	1,52	5,92	0,7	4,14	-13,03	-8,89	$\xi_T = 1,0$ ; $\xi_o = 0,3$ ; $\xi_{ПК} = 2,0$ ;
2-3	1,56	3	20	1	0,62	0,62	3,62	0,94	3,40	-13,03	-9,63	$\xi_T = 1,0$ ;
3-4	1,62	3	20	1	0,62	0,62	3,62	0,94	3,40	-13,03	-9,63	$\xi_T = 1,0$ ;
4-5	1,68	3	20	1	0,62	0,62	3,62	0,94	3,40	-13,03	-9,63	$\xi_T = 1,0$ ;
5-6	1,74	3	20	1	0,66	0,66	3,66	1,11	4,06	-13,03	-8,97	$\xi_T = 1,0$ ;
6-7	2,016	3	20	1	0,64	0,64	3,64	1,42	5,17	-13,03	-7,86	$\xi_T = 1,0$ ;
7-8	2,268	3	20	1	0,62	0,62	3,62	1,78	6,44	-13,03	-6,59	$\xi_T = 1,0$ ;
8-9	2,592	3	20	1	0,59	0,59	3,59	2,63	9,44	-13,03	-3,59	$\xi_T = 1,0$ ;
9-10	2,808	0,9	20	3,3	0,57	1,88	2,78	3,12	8,67	-1,3	7,37	$\xi_T = 1,0$ ; $\xi_o = 0,3$ ; $\xi_{ПК} = 2,0$ ;
10-11	5,184	9,9	25	3,6	0,67	2,41	12,31	3,28	40,38	0	40,38	$\xi_T = 1,0$ ; $\xi_o = 0,3 \times 2$ ; $\xi_{ПК} = 2,0$ ;
13-12	2,808	0,9	20	3,3	0,57	1,88	2,78	3,12	8,67	-1,3	7,37	см. уч. 9-10
12-11	5,184	8,1	25	3,6	0,67	2,41	10,51	3,28	34,47	0	34,47	см. уч. 10-11
11-14	9,936	13,8	32	4,2	0,97	4,07	17,87	2,87	51,29	-5,21	46,08	$\xi_T = 1,0$ ; $\xi_o = 0,3 \times 4$ ; $\xi_{ПК} = 2,0$
										$\Sigma$	70,88	

Вычисляем суммарные потери давления на всех последовательно присоединенных участках, которые равны  $\Sigma\Delta P_{\phi}=70,88$  Па, что не превышает расчетного перепада давления для домовой сети, то есть  $70,88 \text{ Па} < 350 \text{ Па}$ . Это удовлетворяет требованиям СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы». При этом следует иметь в виду, что величина потерь должна составлять 50% от расчетного перепада давления.

## **6. Выбор оборудования для сетевых ГРП**

Оборудование для сетевых газорегуляторных пунктов (ГРП) состоит из следующих основных узлов и элементов: узла регулирования давления газа с предохранительно-запорным клапаном и резервной линией редуцирования, предохранительного сбросного клапана, комплекта контрольно-измерительных приборов, продувочных линий.

Газ высокого или среднего давления входит в ГРП и поступает в узел регулирования, в котором оборудование по ходу движения газа располагают в такой последовательности: отключающее устройство; фильтр для очистки газа от механических примесей и пыли; предохранительный запорный клапан для отключения подачи газа потребителям (при недопустимом повышении или понижении давления после регулятора); регулятор для снижения давления газа и поддержание давления после себя; отключающее устройство.

Для очистки газа на ГРП устанавливаются волосяные или сетчатые фильтры.

Исходными данными для подбора оборудования ГРП являются: расход газа и пределы его изменения, давление газа на входе и выходе, плотность, влажность газа, степень необходимости учета расхода газа.

### **6.1. Выбор регулятора давления**

При выборе регулятора давления учитывается, что режим его работы зависит от перепада давления в дроссельном органе. При малых перепадах происходит докритическое истечение газа; при значительном перепаде наступает критическое истечение, то есть когда скорость газа равна скорости звука в газовой среде. Это критическое отношение давлений определяется зависимостью:

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{кр} = 0,91 \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad (87)$$

где  $P_1$  — абсолютное давление газа до регулятора, кПа;  
 $P_2$  — абсолютное давление газа после регулятора, кПа;  
 $k$  — показатель адиабаты, для природных газов  $k = 1,3$ ;

$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{кр} \approx 0,5$  — критическое отношение давлений для

природного газа.

Регулятор работает:

- в докритическом режиме, когда  $P_2/P_1 \geq 0,5$  (или  $P_2/P_1 \leq 2$ );
- при  $P_2/P_1 < 0,5$  (или  $P_2/P_1 > 2$ ) регулятор работает в критическом режиме.

При определении пропускной способности регуляторов, работающих в докритическом режиме, сжимаемостью газа можно пренебречь, а при критическом режиме сжимаемость газа следует учитывать.

Для регуляторов давления РД-32М и РД-50М пропускная способность для условий, отличных от указанных в паспортных характеристиках (приложение 11), определяется по формулам:

$$\text{- при } P_1/P_2 \leq 2; \quad Q_p = \frac{Q_n}{32} \sqrt{\Delta P_p \frac{P_2}{\rho_2}}; \quad (88)$$

$$\text{- при } P_1/P_2 > 2; \quad Q_p = 1,57 Q_n \times P_1 \sqrt{\rho_2}; \quad (89)$$

где  $Q_n$  — паспортная пропускная способность регулятора, м<sup>3</sup>/ч;  
 $\Delta P_p = P_1 - P_2$  — расчетный перепад давления, для которого определяется пропускная способность регулятора, кПа;

$\rho_г$  — плотность газа, для которого рассчитывается регулятор, кг/м<sup>3</sup>.

Максимальная пропускная способность регулятора при данном перепаде давления достигается при полном подъеме клапана. Однако рекомендуется обеспечить требуемую пропускную способность регулятора при подъеме клапана не более чем на величину, равную 0,9 полного хода. Поэтому расчетная способность регулятора принимается на 15-20 % более максимальной, то есть  $Q_p = (1,15 - 1,20) Q_{max}$ , м<sup>3</sup>/ч.

Пропускная способность регуляторов давления РДУК ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) вычисляется по формуле:

$$Q_p = 159,5 f \times c \times P_1 \times \varphi \sqrt{1/\rho_g}, \quad (90)$$

где  $f$  — площадь седла клапана (с учетом площади сечения штока),  $\text{см}^2$ , выбирается по приложению 11 (см. табл. П 11.2);

$c$  — коэффициент расхода, выбирается по приложению 11 (см. табл. П 11.2);

$\varphi$  — коэффициент, зависящий от отношения  $P_2/P_1$ , выбирается по приложению 11 (см. рис. П 11.3);

$P_1$  — абсолютное давление газа на входе, кПа;

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

## 6.2. Подбор газовых фильтров

Подбор газовых фильтров сводится к определению расчетных потерь давления в них, которые складываются из потерь в корпусе и на кассете фильтра. Во избежание разрушения кассет эти потери не должны превышать 10 кПа (1000 мм вод.ст.), а для обеспечения нормальной работы фильтра, с учетом засорения, следует принимать потери не более 4 - 6 кПа (400-600 мм вод.ст.). Для сетчатых фильтров потери давления обычно не вычисляют, а принимают по фильтру соответствующего диаметра.

Для сварных волосяных фильтров потери давления для заданного расхода газа вычисляются по формуле:

$$\Delta P = (\Delta P_{гр.кор} + \Delta P_{гр.кас}) \frac{7}{P_1} \times \frac{\rho_g}{0,73}, \quad (91)$$

где  $\Delta P_{гр.кор}$  и  $\Delta P_{гр.кас}$  — соответственно потери давления в корпусе и на кассете, кПа, принимаются по приложению 11 (см. рис. П 11.4) [3, с.93];

$P_1$  — абсолютное давление газа перед фильтром,  $\text{кгс}/\text{см}^2$ ;

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

## Пример расчета № 5

### Выбор оборудования для сетевого ГРП

#### *Выбор регулятора давления*

Подберем регулятор давления для ГРП 2 (см. рис. 2) пропускной способностью  $Q = 1405 \text{ м}^3/\text{ч}$  (при нормальных условиях) и избыточном давлении газа на входе с  $P_1 = 420,2 \text{ кПа}$ . На выходе из ГРП — избыточном давлении газа равно  $P_2 = 3 \text{ кПа}$ . Газ природный плотностью  $\rho_r = 0,85 \text{ кг/м}^3$ .

Проверяется возможность использования регулятора РДУК2-50 с диаметром седла клапана 35 мм, для которого по приложению 11 (см. табл. П 11.2) определяем  $f = 9,6 \text{ см}^2$ ,  $c = 0,6$ .

Отношение давлений  $P_2/P_1 = 103/520,2 = 0,20 < 0,5$  является критическим и для него по графику (приложение 11, рис. П 11.3) значение коэффициента  $\varphi = 0,48$ .

Определяем пропускную способность регуляторов давления РДУК2-50 по формуле (89):

$$Q_p = 159,5 \times 9,6 \times 0,6 \times 5,202 \times 0,48 \sqrt{1/0,85} = 2488 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Полученная пропускная способность регулятора является максимальной, а номинальная составляет 80%, то есть:

$$Q_{\text{ном}} = 0,8 \times 2488 = 1990 \text{ м}^3/\text{ч},$$

что больше требуемой пропускной способности ГРП  $Q = 1405 \text{ м}^3/\text{ч}$  (при нормальных условиях), следовательно, выбранный регулятор РДУК2-50 удовлетворяет поставленным требованиям.

#### *Выбор газового фильтра*

Проверим возможность применения волосяного сварного фильтра диаметром  $D_y = 100 \text{ мм}$ . Для этого по номограмме (см. приложение 11, рис. П 11.4) [3, с.93] определяем потери давления в корпусе и на кассете для расхода  $Q = 1405 \text{ м}^3/\text{ч}$ :

$$\Delta P_{\text{гр.кор.}} = 1,0 \text{ кПа}; \quad \Delta P_{\text{гр.кас.}} = 0,35 \text{ кПа}.$$

Определяем суммарные потери давления в фильтре по формуле (90):

$$\Delta P = (1,0 + 0,35) \times (7/5,202) \times (0,85/0,73) = 2,12 \text{ кПа},$$

что составляет 21% от предельно допустимых потерь (10 кПа). С учетом полученных данных фильтр  $D_y = 100$  пригоден для применения в данном случае.

### **Заключение**

В данной работе была разработана методика проектирования системы газоснабжения жилого района. При ее использовании студенты, помимо произведенных ими расчетов системы газоснабжения, должны представить на двух листах формата А1:

- 1) генеральный план жилого района с нанесенными на него схемами газопроводов сетей низкого и высокого (среднего) давления;
- 2) расчетные схемы газопроводов сетей низкого и высокого (среднего) давления;
- 3) план типового этажа с расположением газопроводов, аксонометрическую схему внутридомового газопровода;
- 4) элементы газопроводов, узлы вводов в ГРП, разрезы ГРП (на усмотрение преподавателя).

### Библиографический список

1. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*.
2. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*.
3. Скафтымов Н.А. Основы газоснабжения. Л.: Недра, 1975. 343с.
4. ГОСТ 8732-78\* Трубы стальные бесшовные горяче-деформированные. Сортамент.
5. Ионин А.А. Газоснабжение: Учебник. 5-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 448 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специализированная литература).
6. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002.
7. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб.
8. СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб.
9. СП 42-103-2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкции изношенных газопроводов.
10. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
11. Брюханов О. Н. Газоснабжение [Текст] : учебное пособие / О. Н. Брюханов, В. А. Жила, А. И. Плужников. - М. : Академия, 2008. - 448 с.
12. Суслов, Д. Ю. Газоснабжение : учебное пособие / Д. Ю. Суслов, Б. Ф. Подпоринов, Л. А. Кущев. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 265 с.
13. Колпакова, Н. В. Газоснабжение : учебное пособие / Н. В. Колпакова ; А. С. Колпаков. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 201 с.

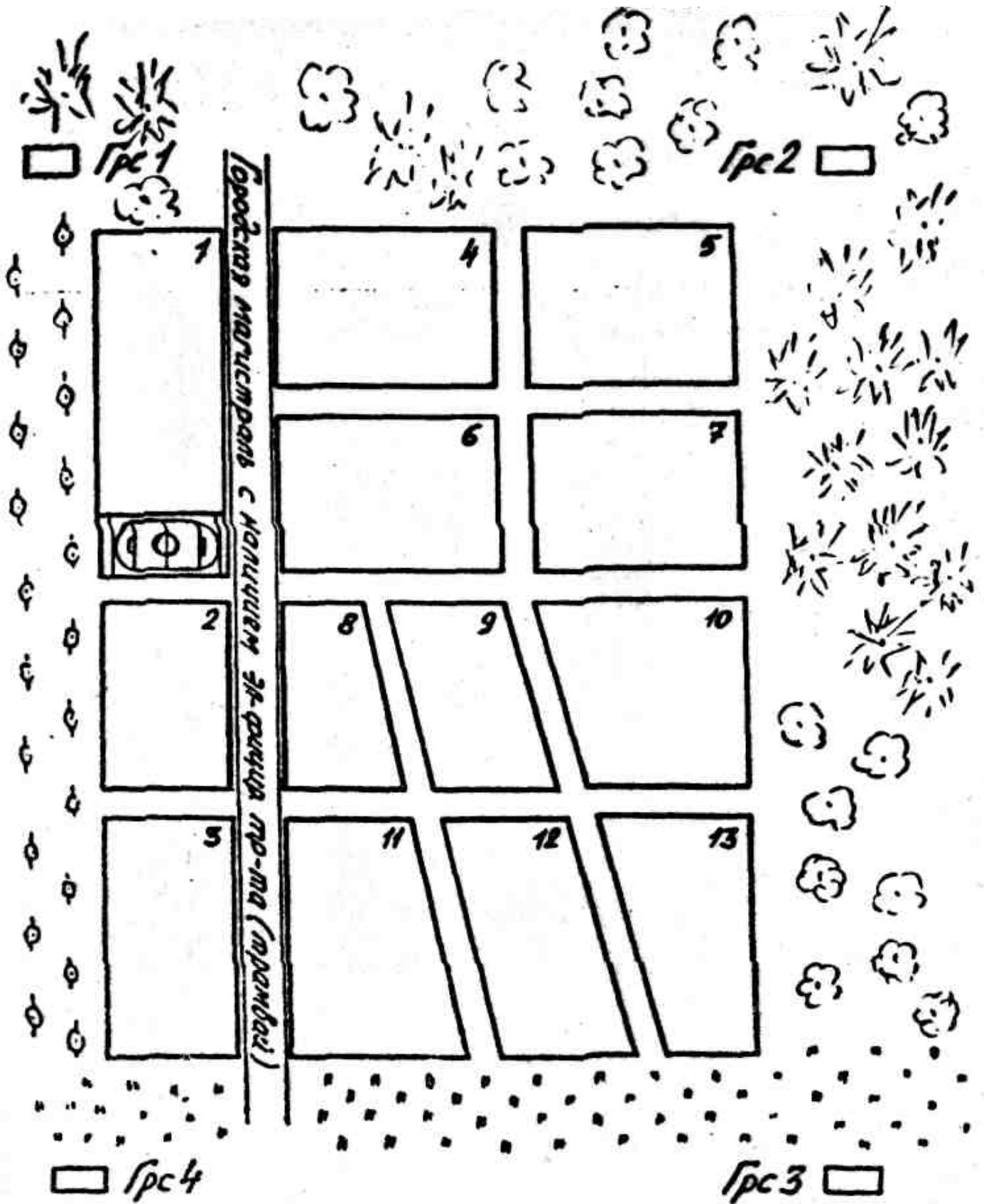
## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П 1.1 – Состав природного газа и его плотность

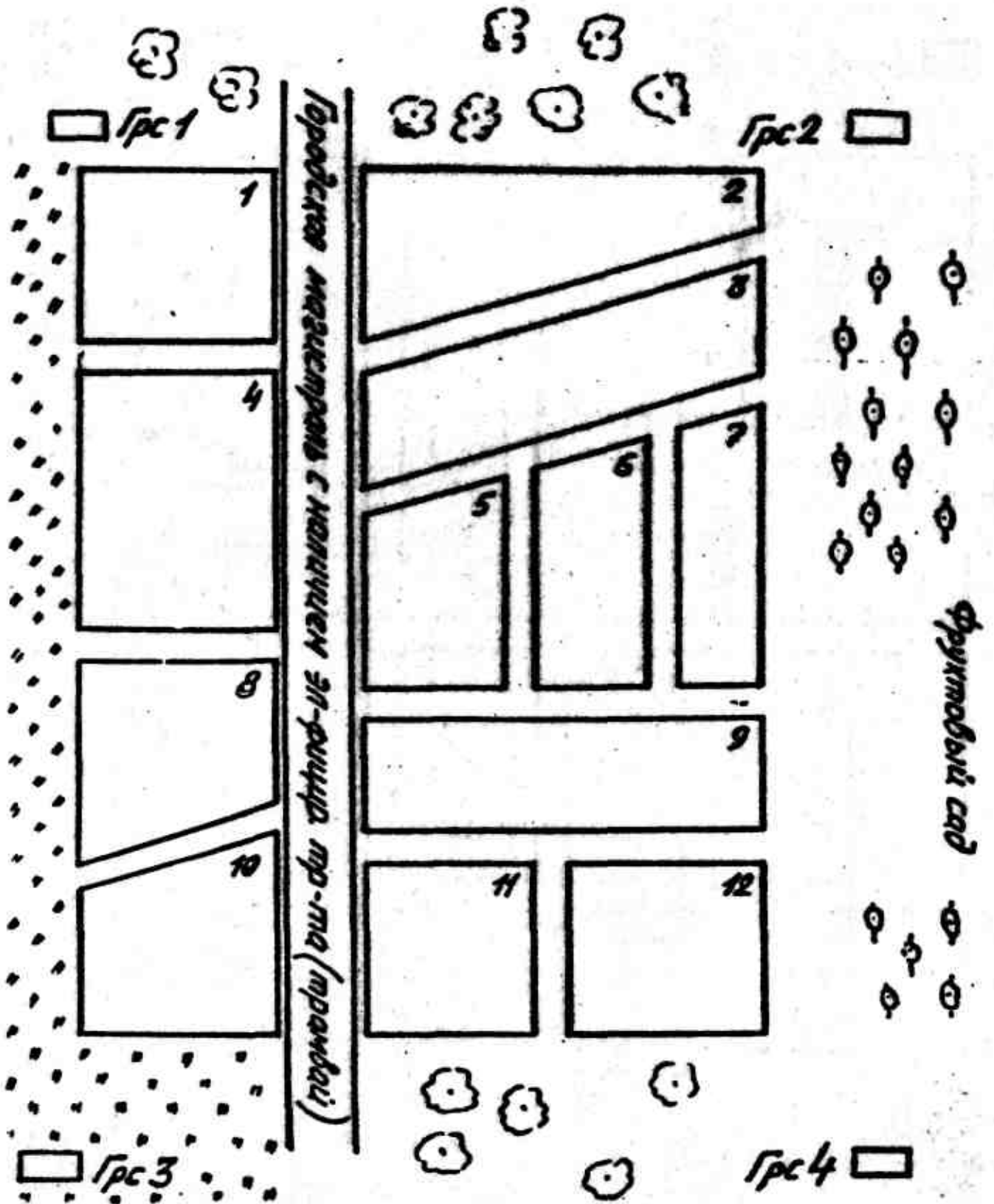
Вариант	Состав природного газа, в % по объему								Плотность кг/м <sup>3</sup> при t=0°C P=101,3 кПа
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	
1	95,1	2,3	0,7	0,4	0,8	0,2	-	0,5	0,77
2	86,9	6,0	1,6	1,0	0,5	1,2	-	2,8	0,88
3	98,7	0,33	0,12	0,04	0,01	0,1	-	0,7	0,73
4	86,1	2,0	0,6	0,34	0,35	8,5	-	2,0	0,87
5	99,0	0,1	0,005	-	-	0,095	-	0,8	0,72
6	93,0	3,6	0,95	0,25	0,35	0,4	-	1,3	0,78
7	74,8	8,8	3,9	1,8	6,4	-	-	4,3	1,04
8	98,3	0,45	0,25	0,3	-	0,1	-	0,6	0,73
9	93,3	4,0	0,6	0,4	0,3	0,1	-	1,3	0,77
10	93,0	3,1	0,7	0,6	-	0,1	-	2,5	0,77
11	93,2	2,1	1,2	1,0	1,2	0,8	-	0,5	0,81
12	85,6	4,6	1,6	0,75	0,55	0,6	1,3	5,0	0,85
13	89,4	6,0	2,0	0,7	0,4	1,0	-	0,5	0,82
14	89,6	2,42	0,7	0,27	1,16	1,68	0,25	3,93	0,63
15	80,2	2,64	1,15	0,7	0,71	0,73	-	13,8	0,69
16	93,1	2,0	0,4	0,2	0,3	-	-	4,0	0,60
17	95,2	0,04	0,006	0,001	0,1	0,3	-	4,5	0,58
18	87,2	3,98	1,34	0,75	0,23	1,73	-	4,77	0,58
19	78,9	4,53	2,34	1,02	0,27	1,02	-	11,84	0,68
20	98,5	0,2	0,05	0,012	0,001	0,5	-	0,7	0,72
21	97,6	0,1	0,01	-	-	0,3	0,1	1,95	0,73



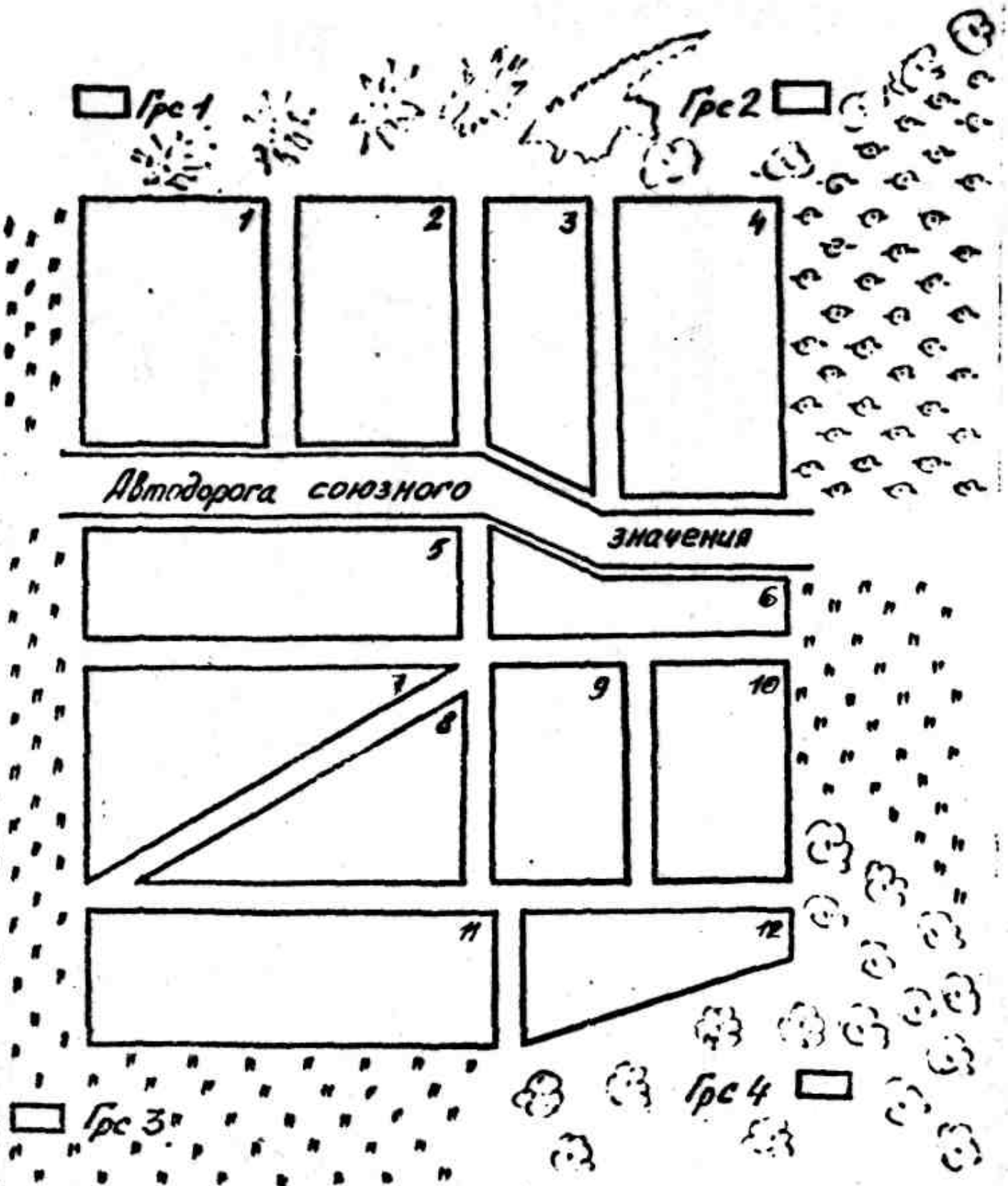
ПРИЛОЖЕНИЕ 2



Генплан № 1  
М: 1:10000

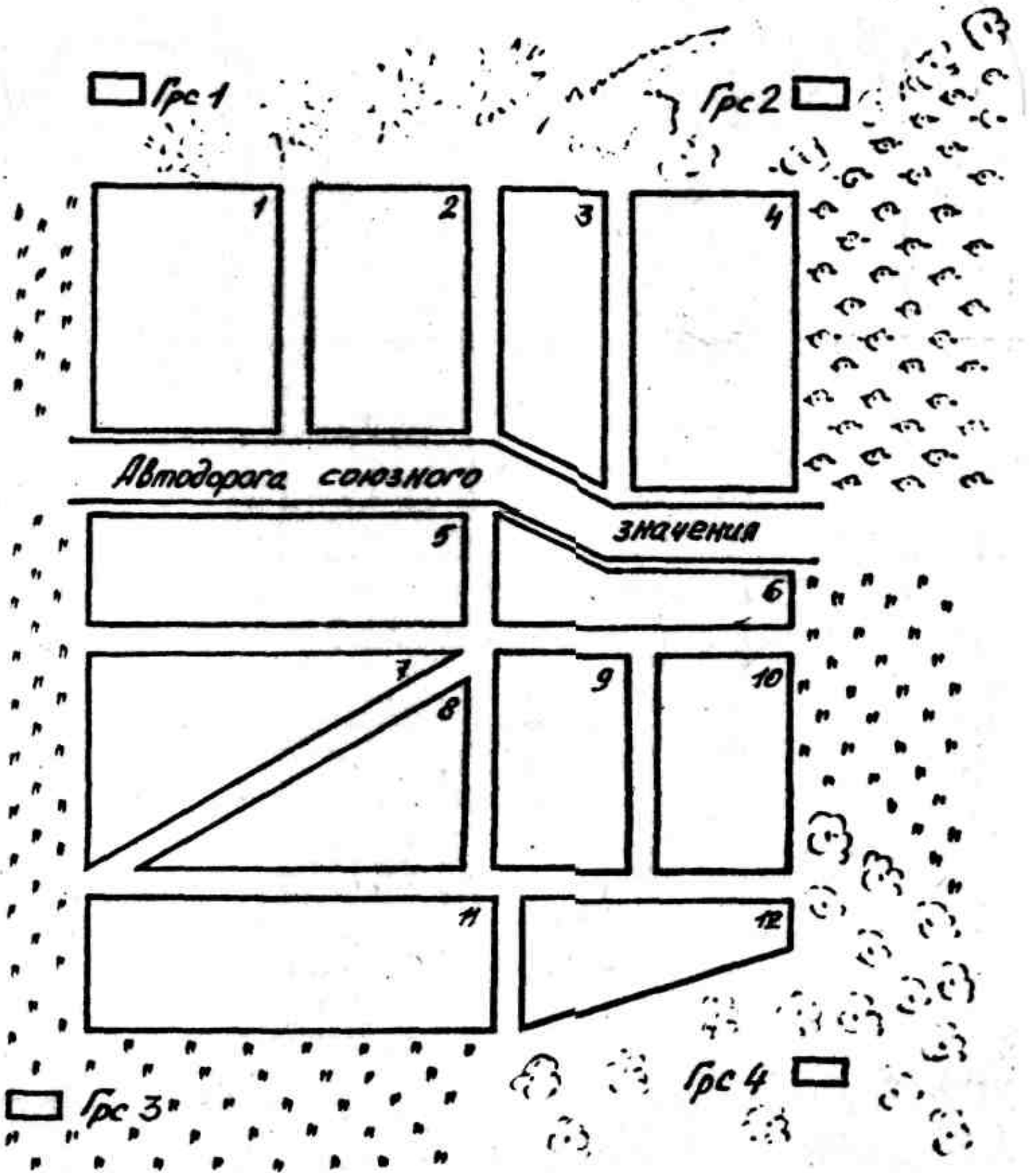


План № 2  
М 1:10000



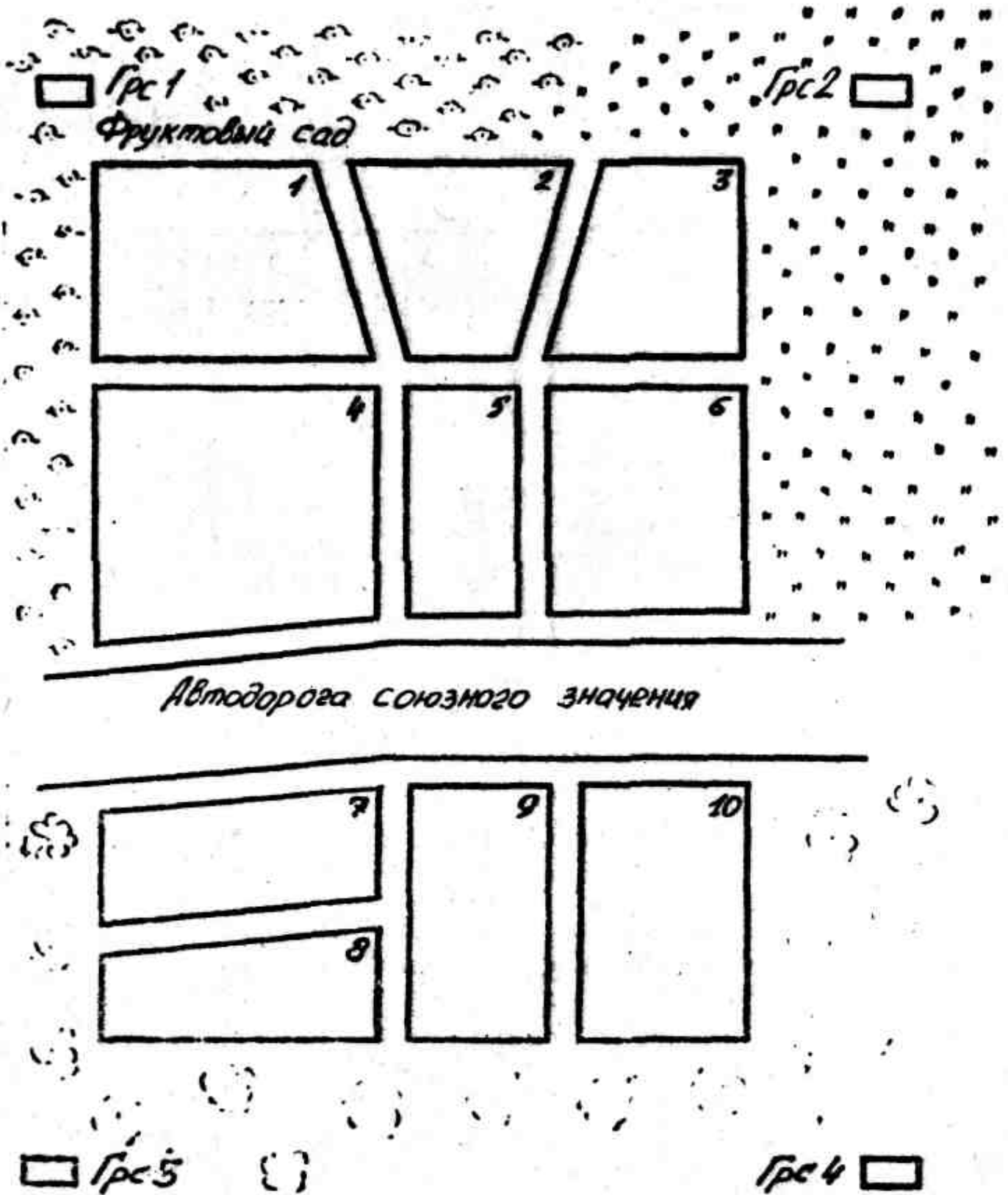
Генплан № 3

М: 1:10000

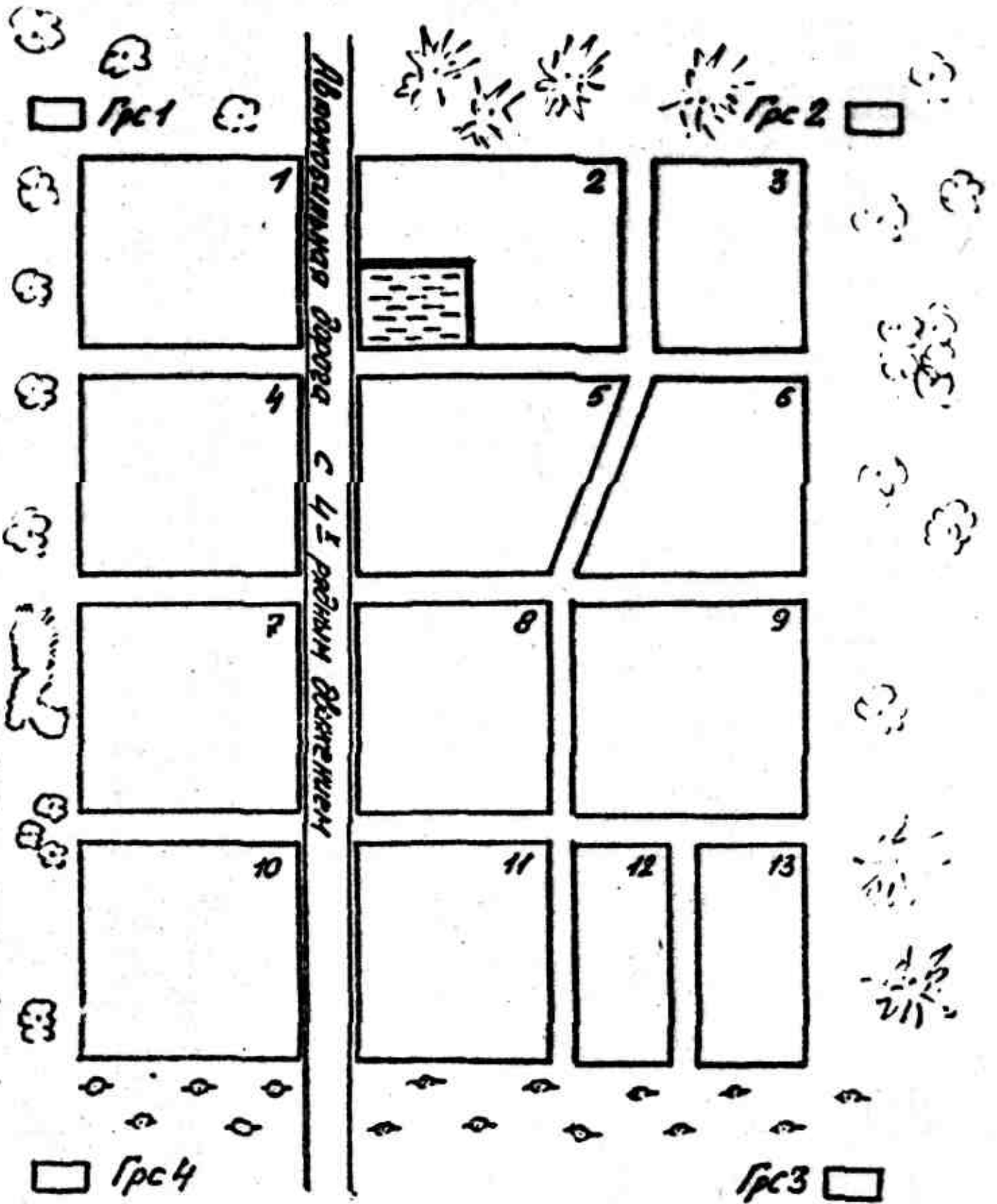


Генплан №4

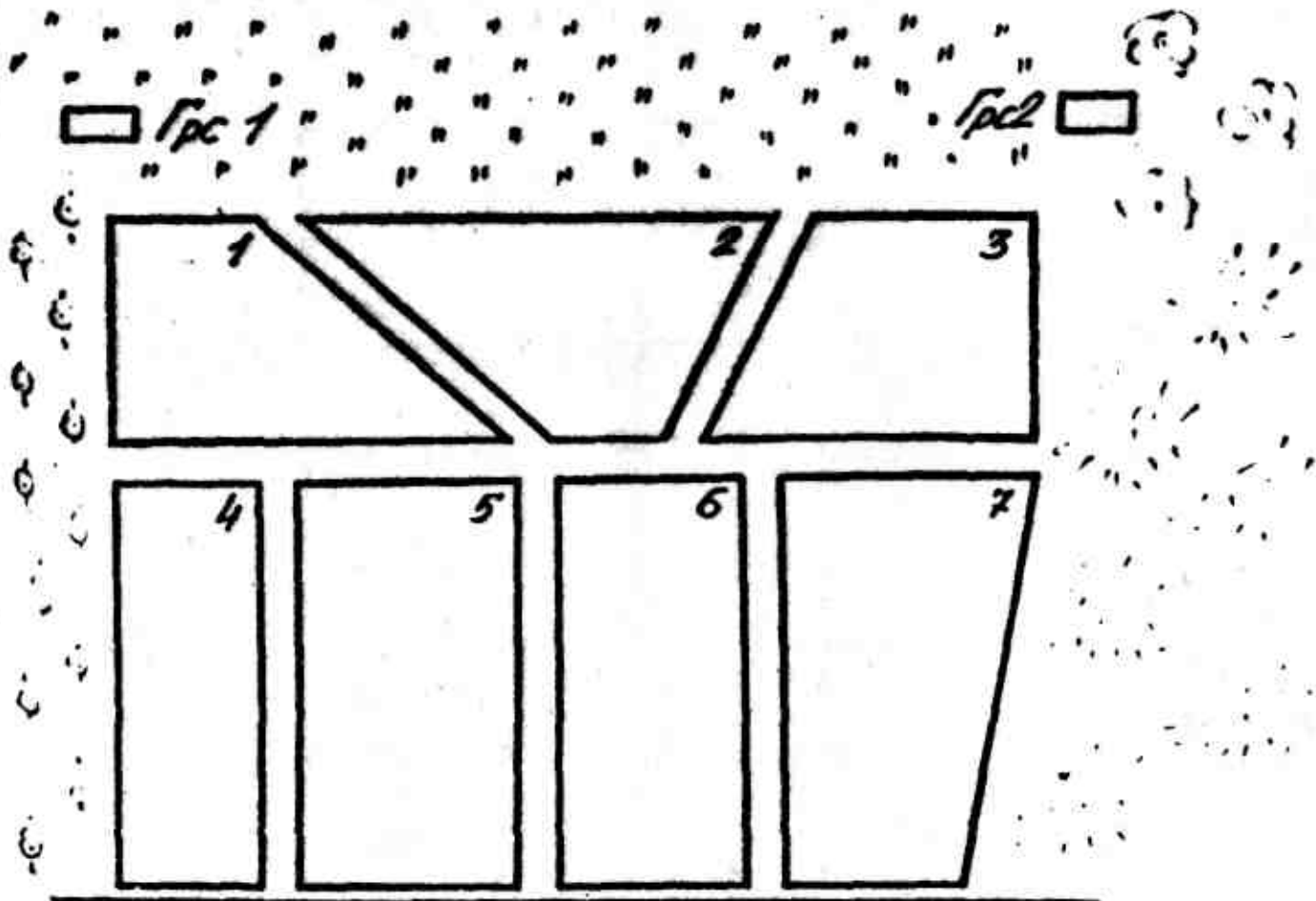
М:1:10000



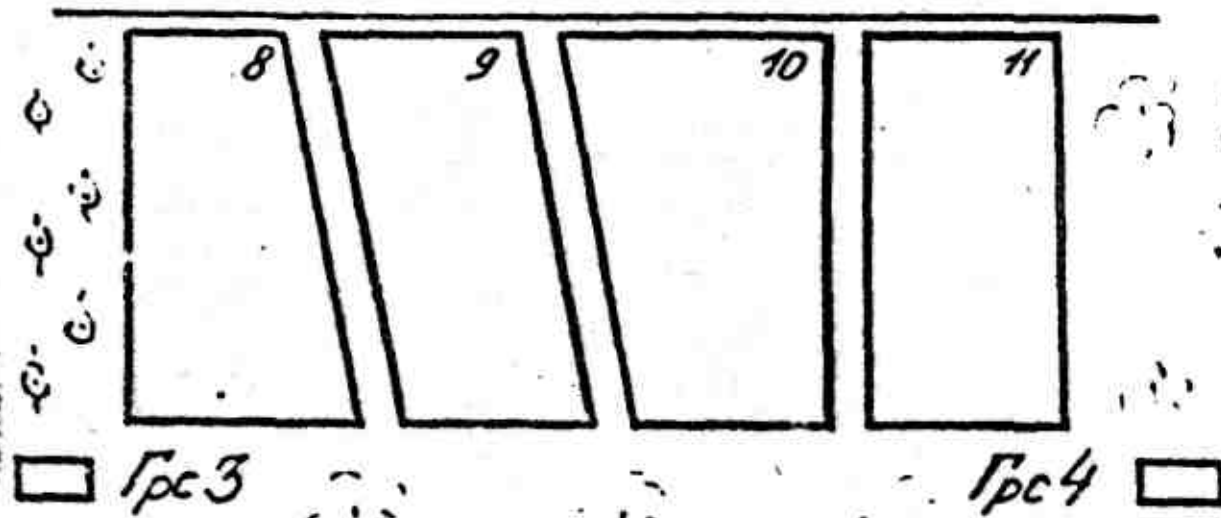
Генплан №5  
М 1:10000



План № 6  
М 1:10000

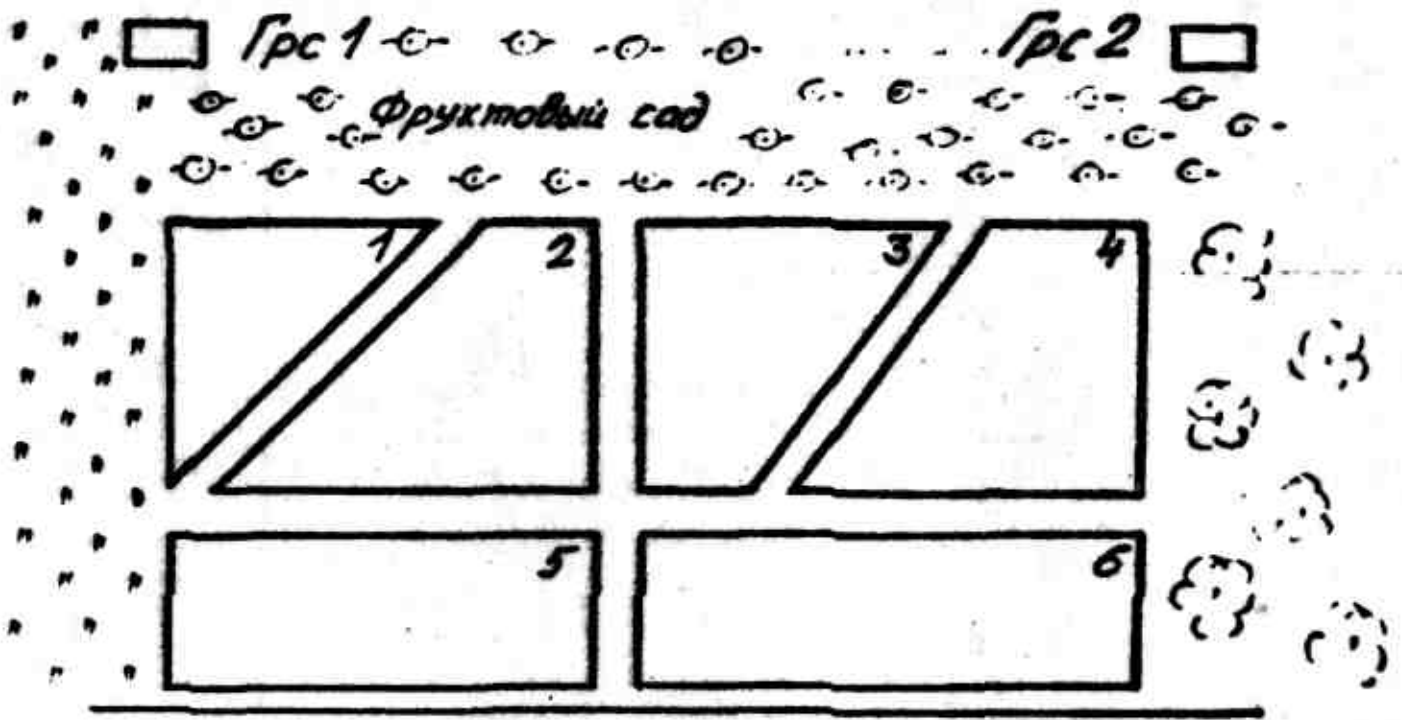


4<sup>х</sup>колейная железная дорога

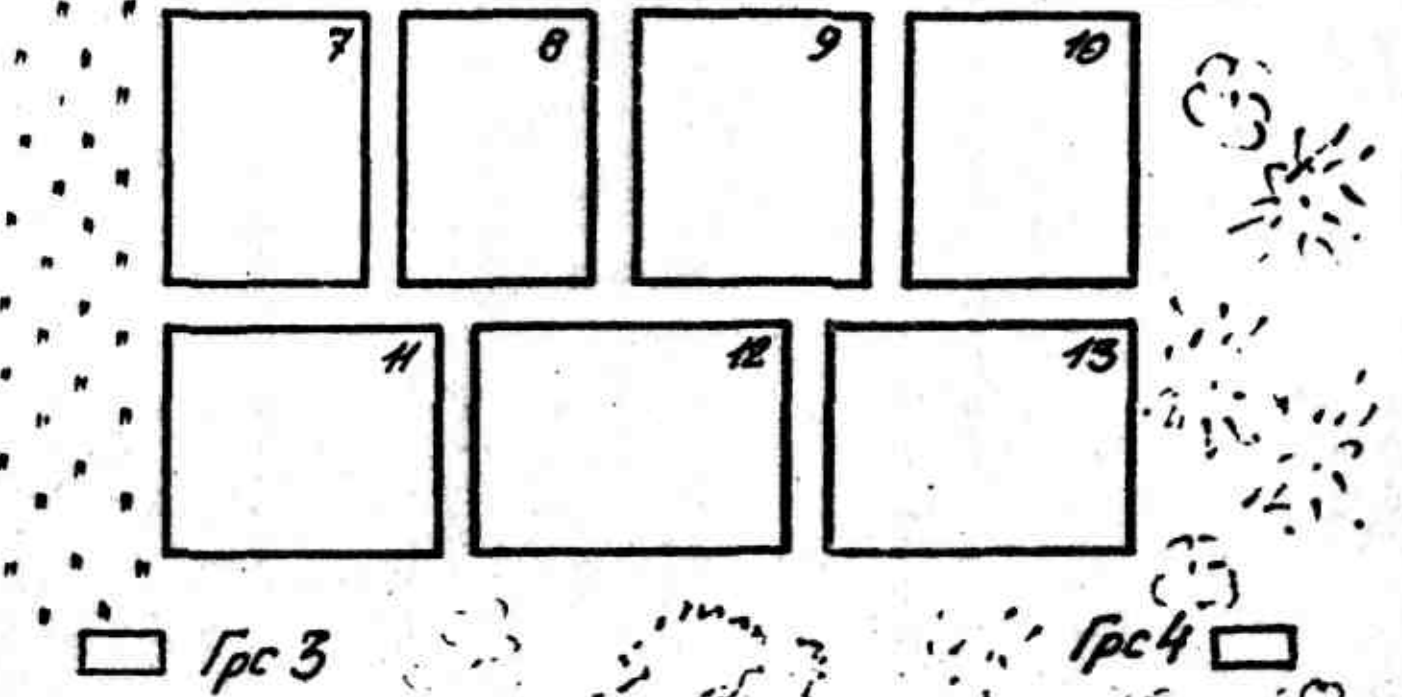


Генплан № 7  
М 1:10000





Проспект Космонавтов



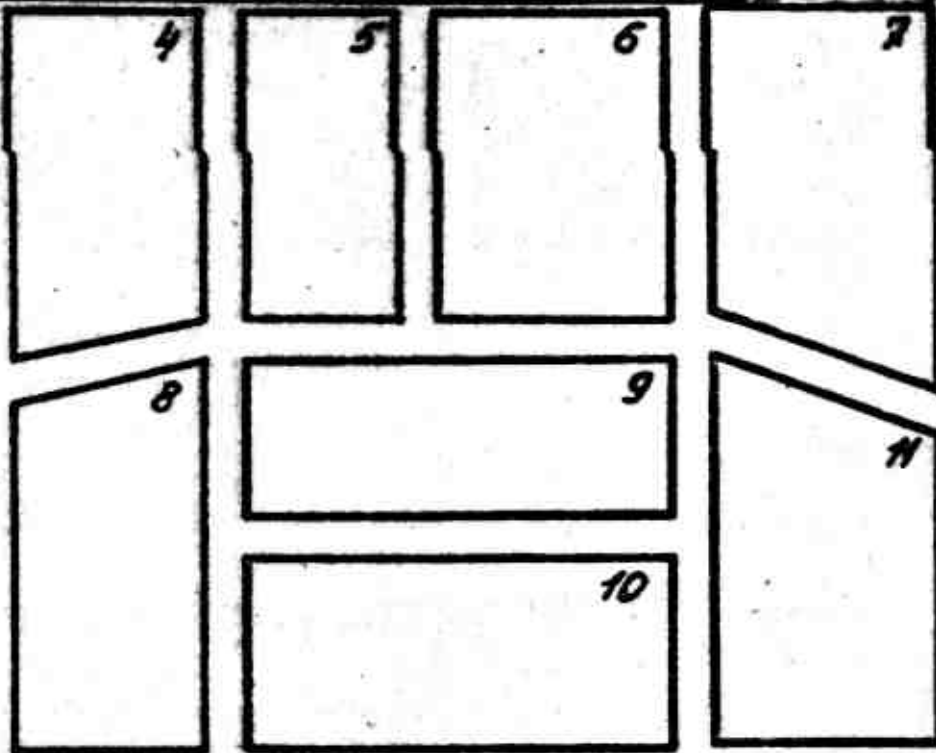
Генплан № 8  
М 1:10000



□ ГрС1 □ ГрС2 □

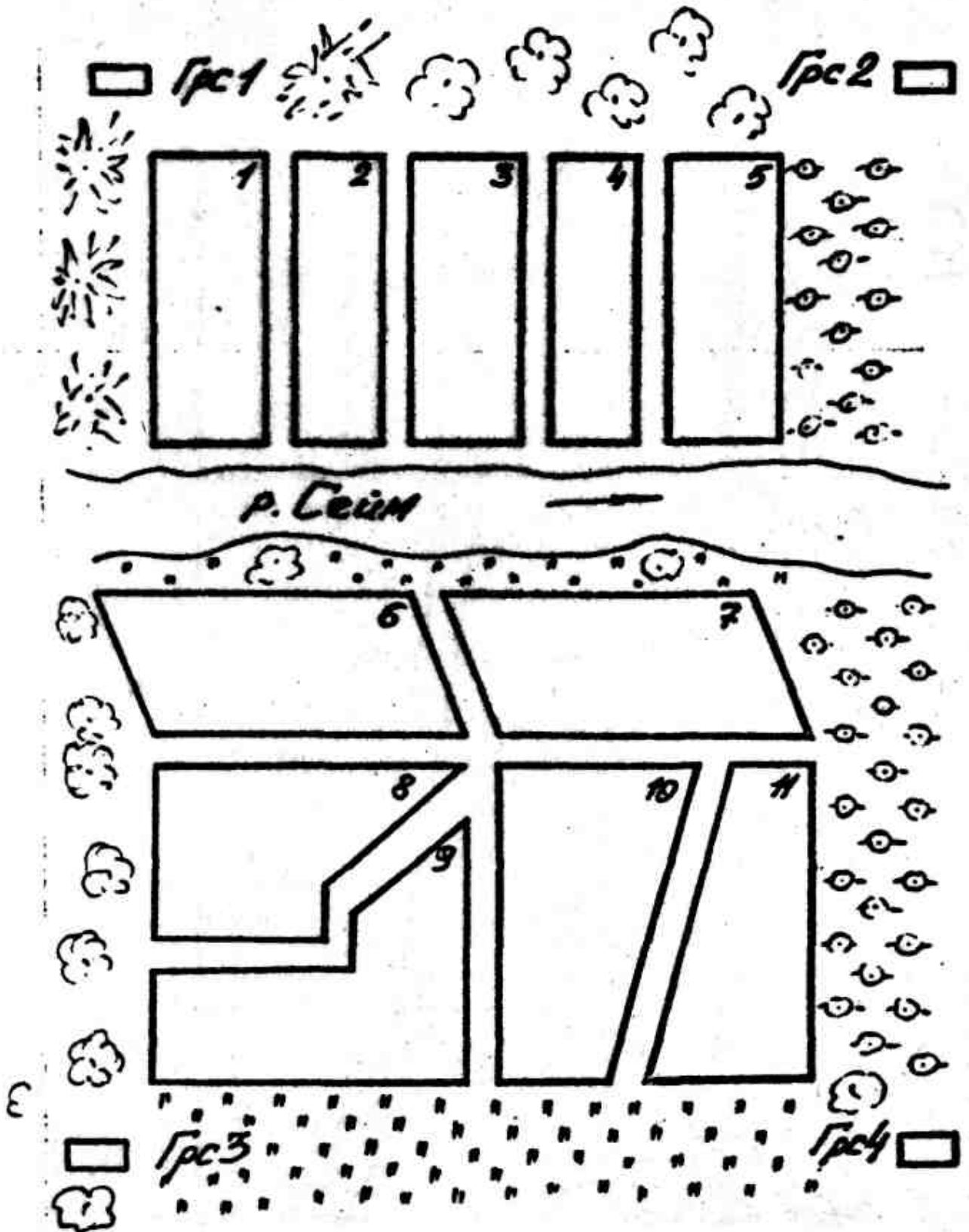


Пространство Юности

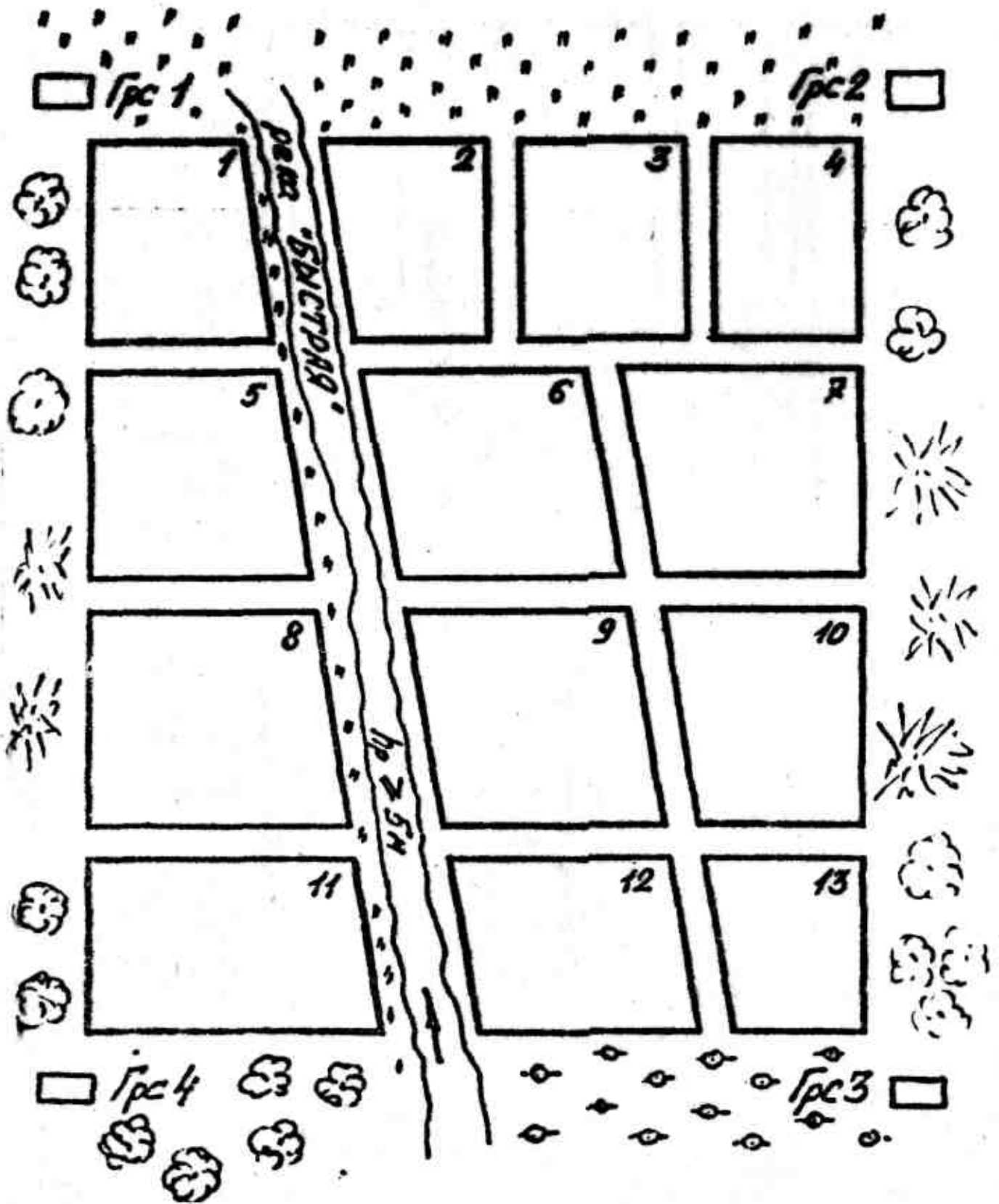


□ ГрС3 □ ГрС4 □

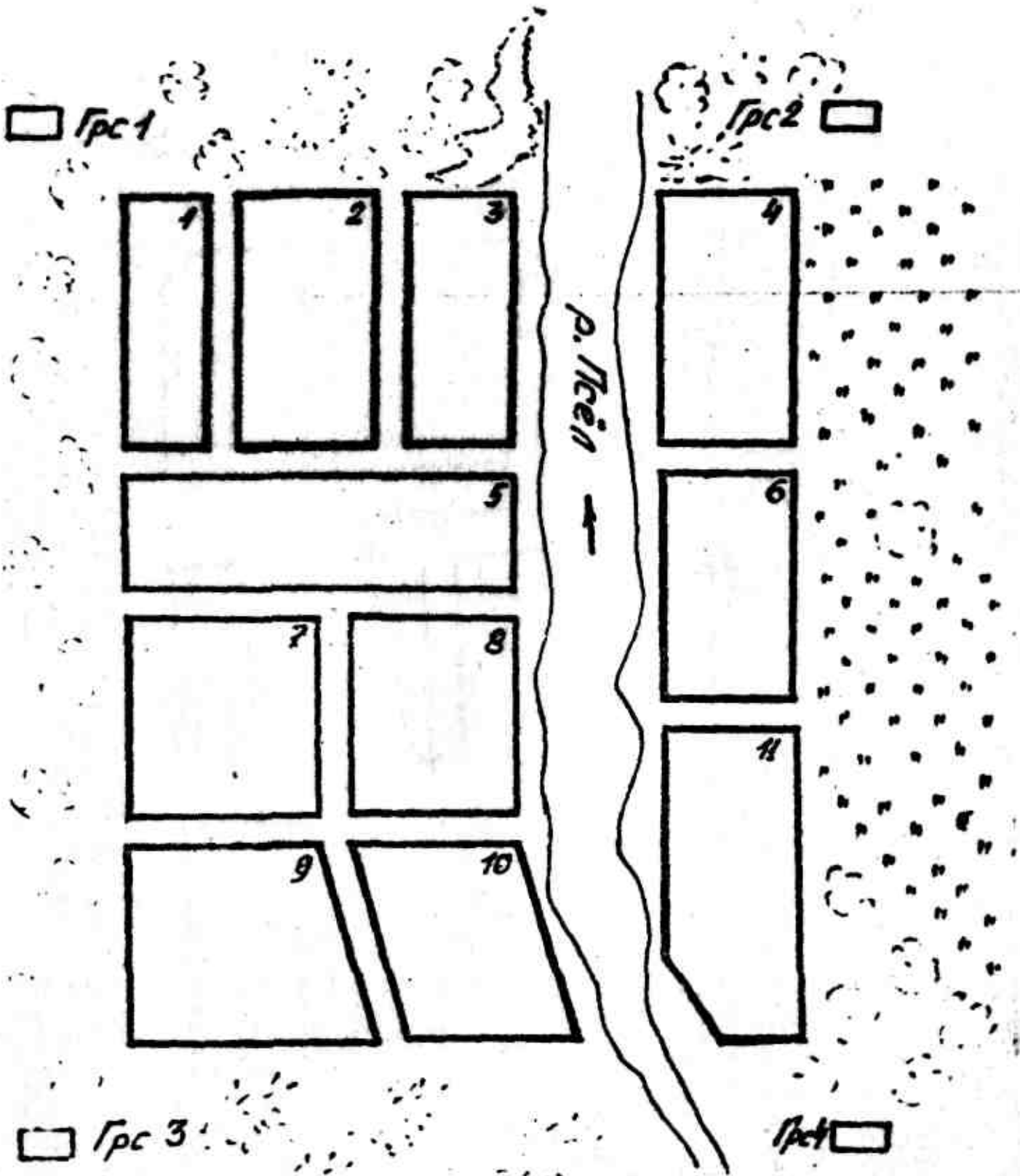
Генплан № 9  
М 1:10000



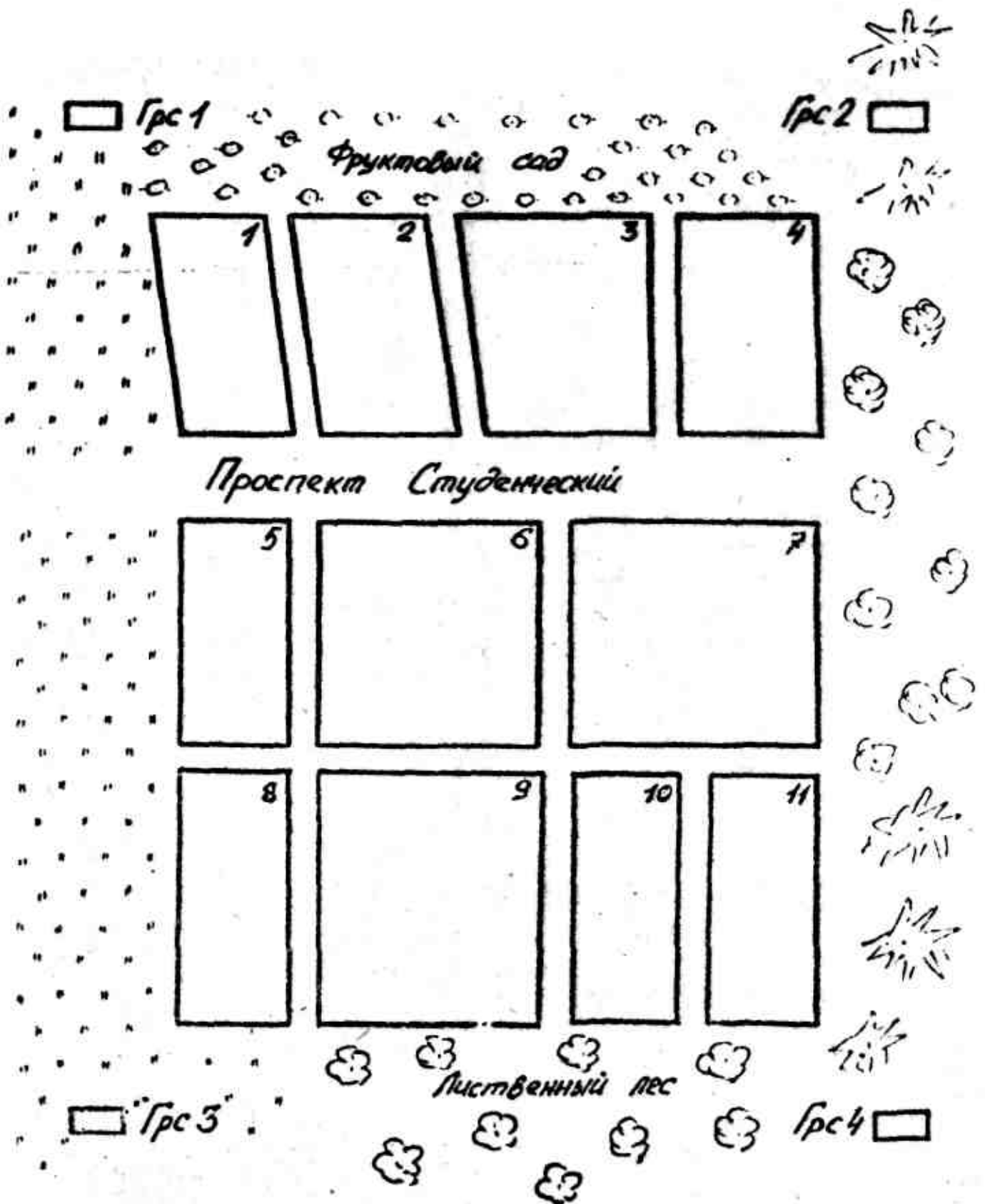
Генплан № 10  
М 1:10000



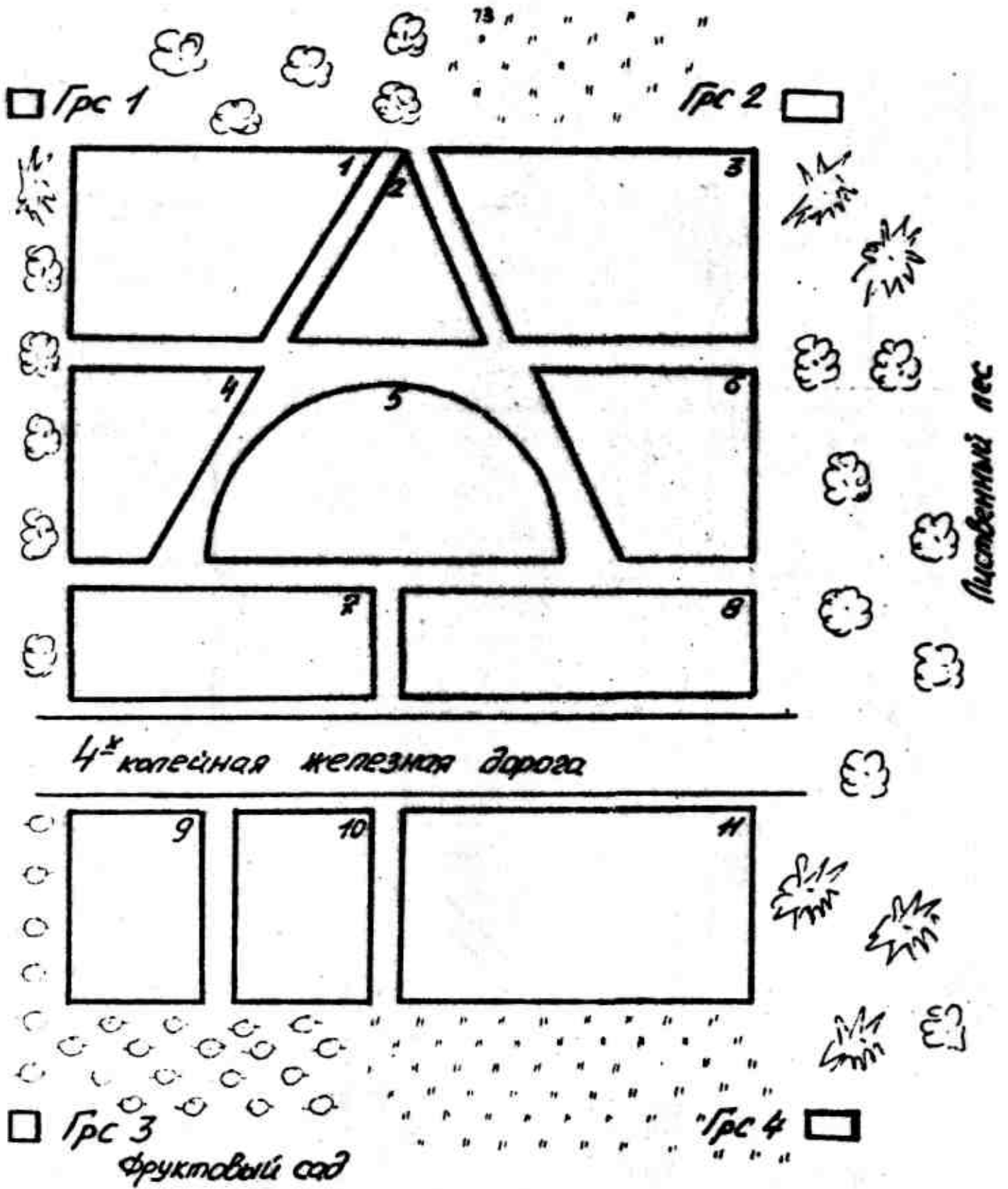
Генплан №11  
М 1:10000



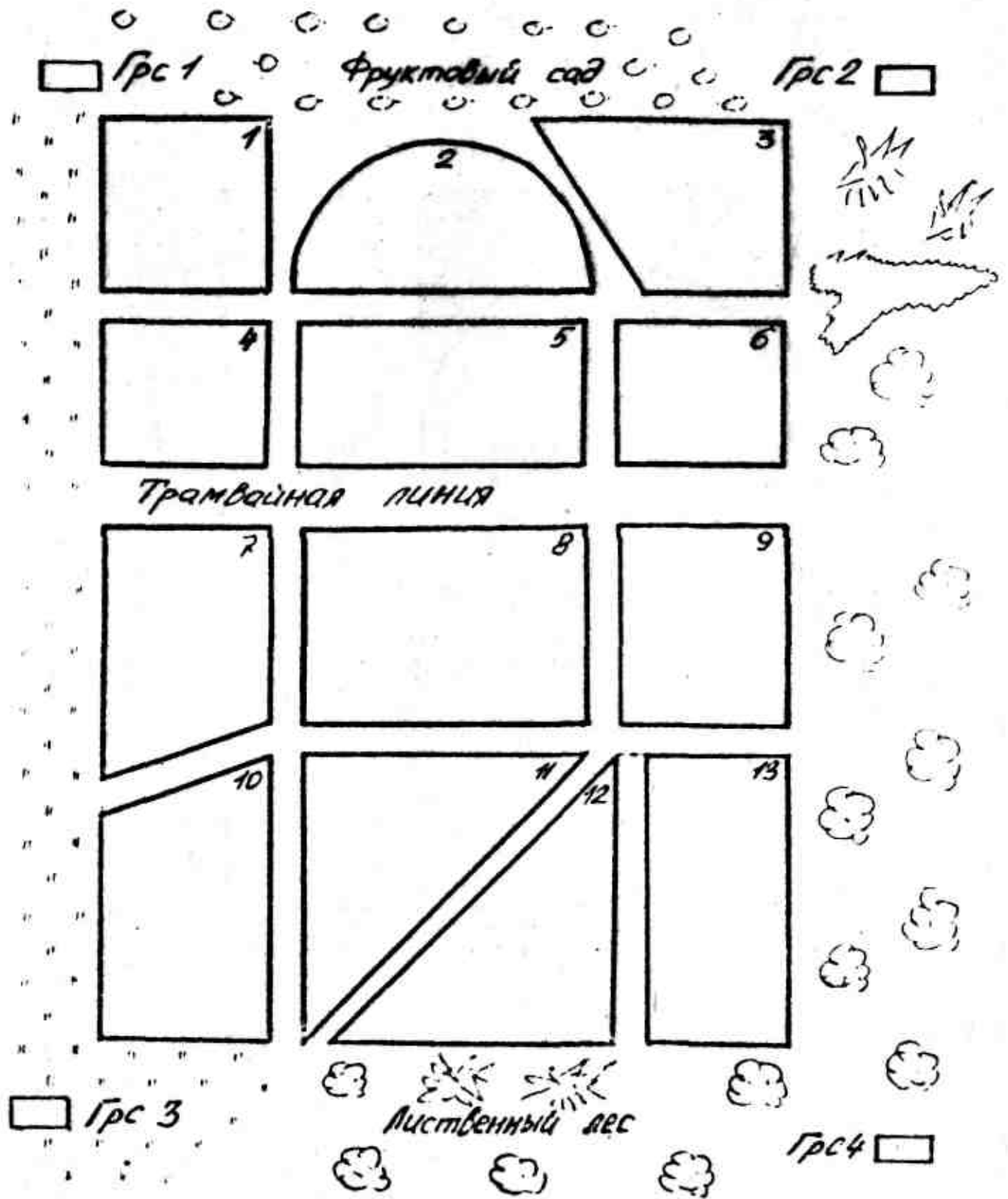
Генплан № 12  
М 1:10000



Генплан № 13  
М 1:10000

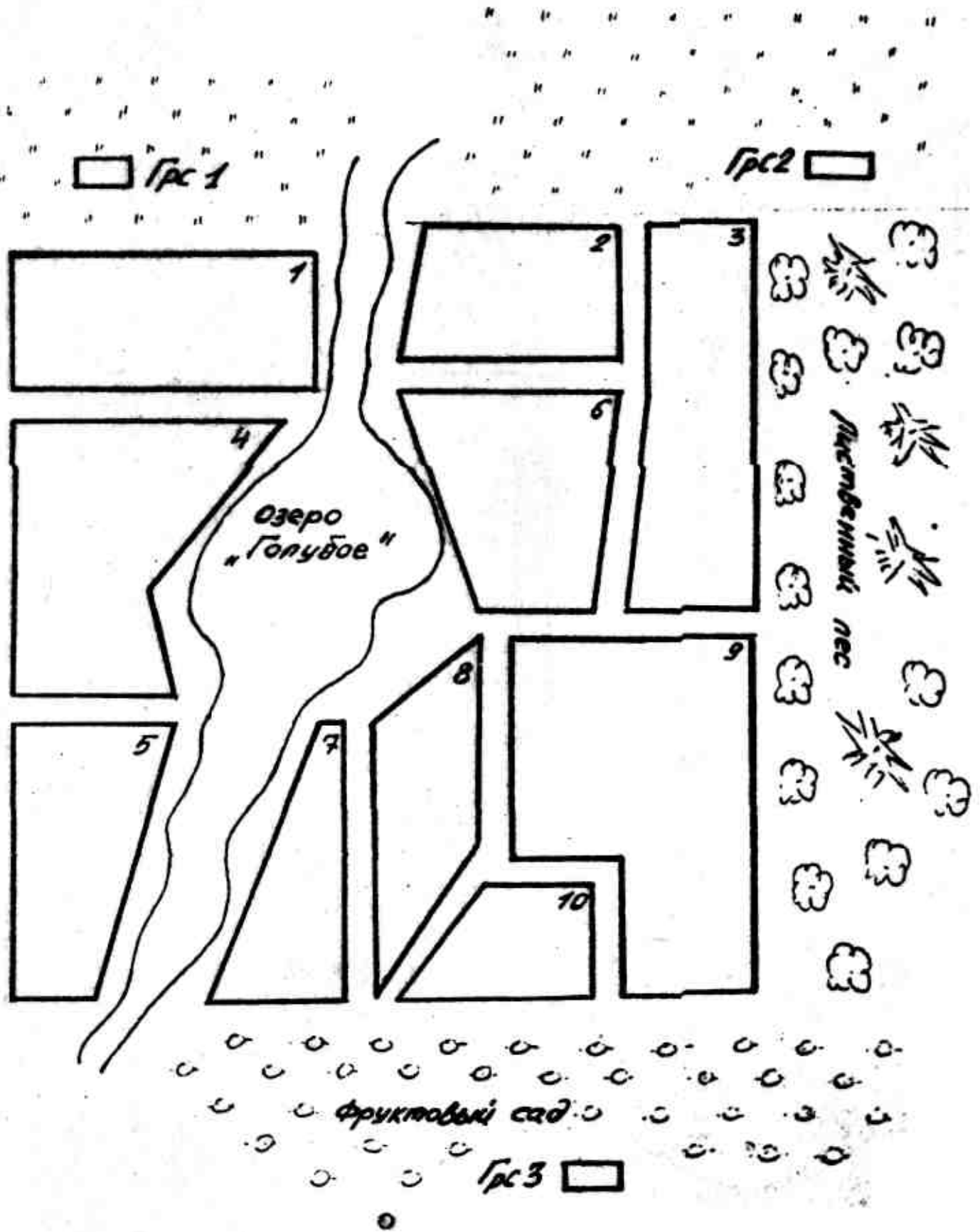


Генплан № 14  
М. 1:10000



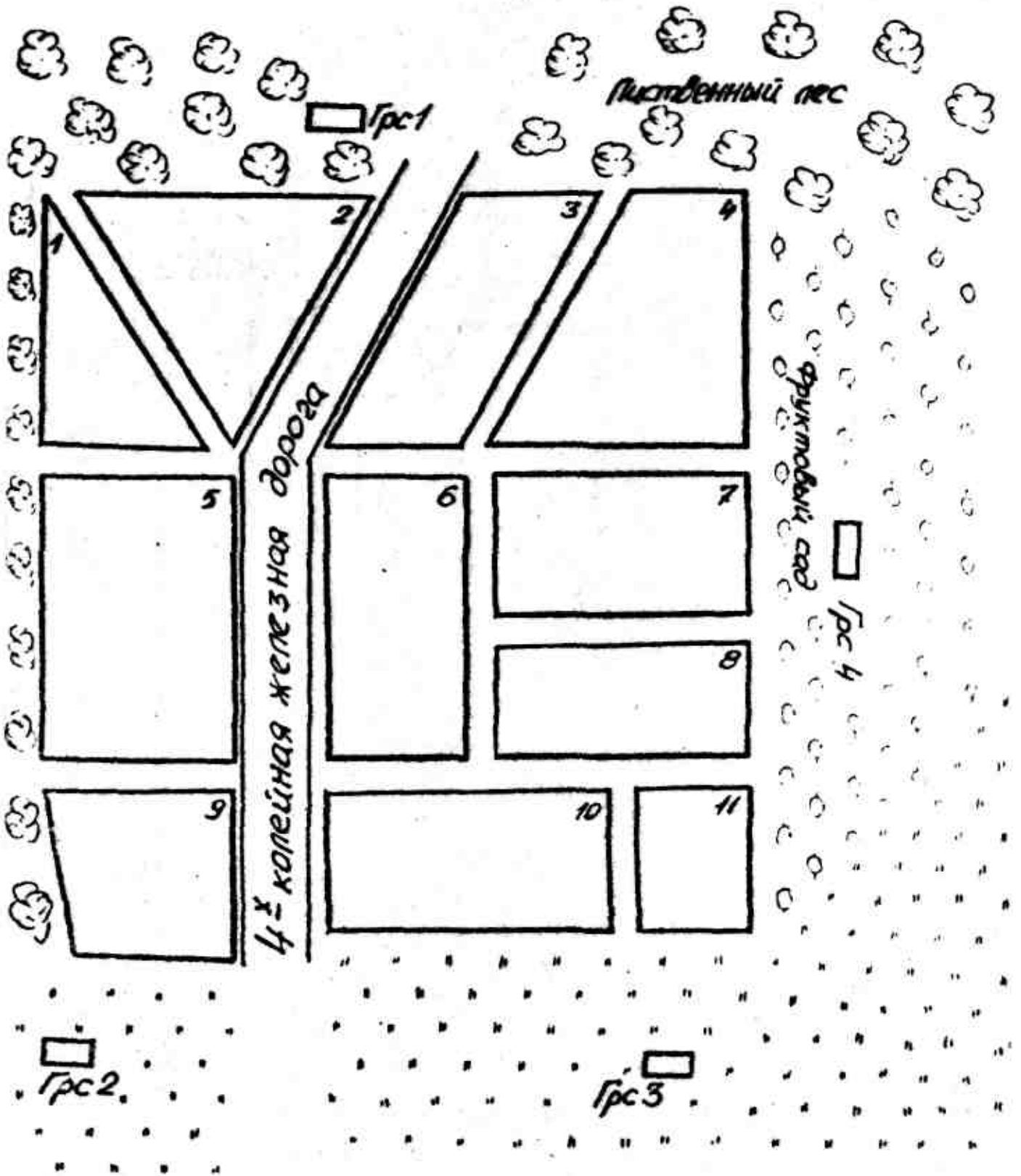
Генплан № 15  
М 1:10000



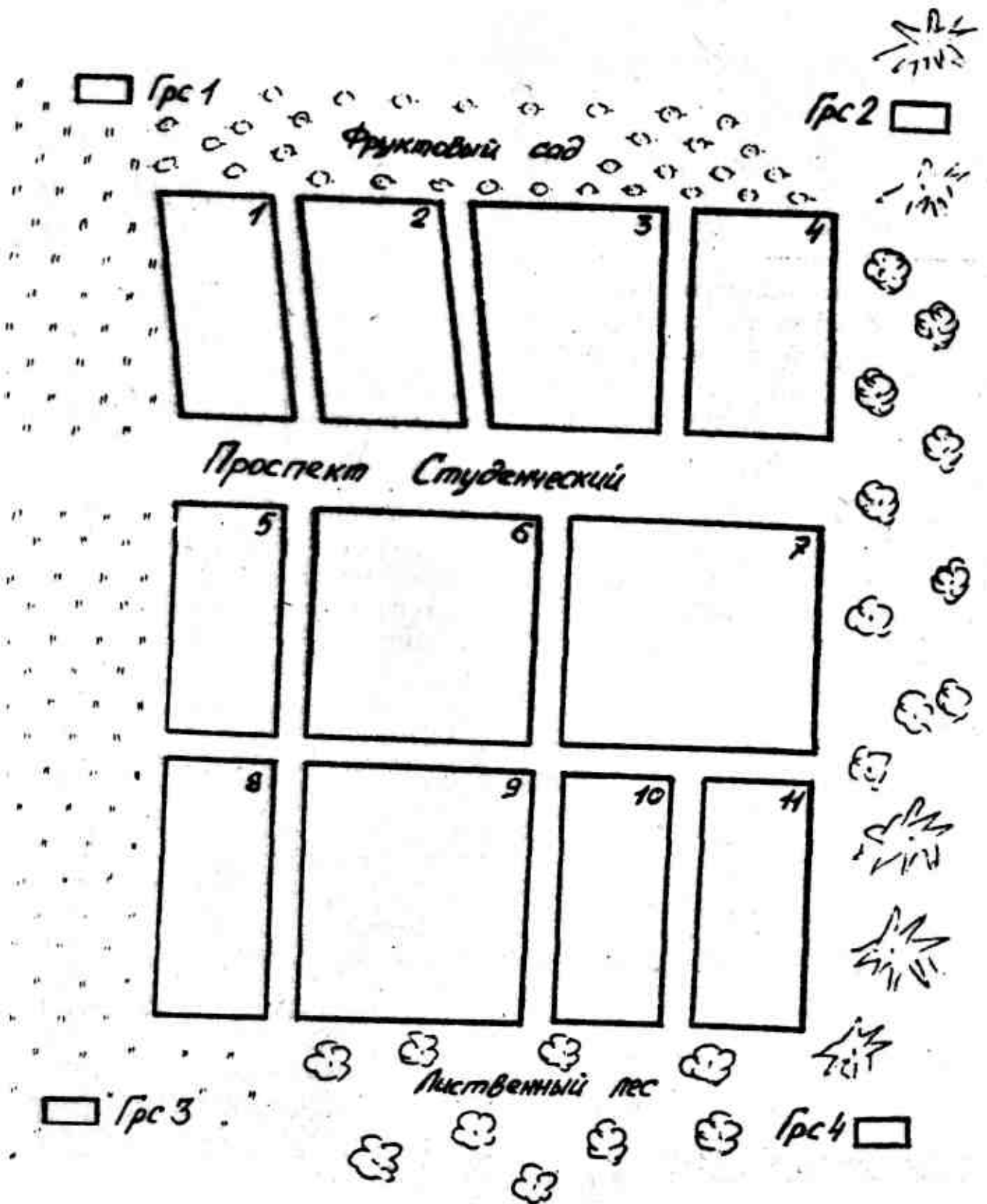


План № 16  
М 1:10000





Генплан № 17  
М 1:10000



Генплан № 13  
М 1:10000

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П 3.1 – Нормы расхода теплоты на предприятиях общественного питания (по СП 62.13330.2011)

Потребители газа	Показатель потребления	Норма расхода теплоты, МДж
Столовые, рестораны, кафе: -на приготовление обедов (вне зависимости от пропускной способности предприятия )	на 1 обед	4,2
-на приготовление завтраков или ужинов	на 1 завтрак или ужин	2,1

Таблица П 3.2 – Нормы расхода теплоты на предприятиях по производству хлеба и кондитерских изделий (по СП 62.13330.2011)

Потребители газа	Нормы расхода теплоты, МДж
Хлебозаводы, комбинаты, пекарни:	
- на выпечку хлеба формового,	2500
- на выпечку хлеба подового, батонов, булок, сдобы,	5450
- на выпечку кондитерских изделий (тортов, пироженых, печенья и т. п.)	7750

Таблица П 3.3 – Тепловые нагрузки  $g$ , принимаемые в лабораториях на  $1 \text{ м}^2$  общей площади

Основные помещения в здании	Тепловая нагрузка, кДж / ч
Химические и биологические лаборатории	210
Физические лаборатории	50
Экспериментальные мастерские	120

Таблица П 3.4 – Нормы расхода теплоты на производственные нужды сельских населенных пунктов (по СП 62.13330.2011)

Назначение расходуемого газа	Единица потребления	Норма расхода теплоты, МДж
Приготовление кормов и подогрев воды для животных	1 корова	840
Приготовление кормов с учетом запаривания грубых кормов и корнеплодов	1 лошадь	1700
	1 корова	8400
	1 овца или коза	400
Подогрев воды для питья и санитарных целей	на 1 животное	420

Таблица П 3.5 – Нормы расхода теплоты на жилые дома (по СП 62.13330.2011)

Назначение расходуемого газа	Единица потребления	Норма расхода теплоты, МДж
При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения при газоснабжении природным газом	на 1 чел. в год	2800
При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения) при газоснабжении природным газом	на 1 чел. в год	8000
При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя при газоснабжении природным газом	на 1 чел. в год	4600

Таблица П 3.6 – Нормы расхода теплоты на учреждения здравоохранения (по СП 62.13330.2011)

Назначение расходуемого газа	Единица потребления	Норма расхода газа, МДж
Больницы, родильные дома: - на приготовление пищи	на 1 койку в год	3200
- на приготовление горячей воды для хозяйственно бытовых нужд и лечебных процедур (без стирки белья)	на 1 койку в год	9200

Таблица П 3.7 - Нормы расхода теплоты на предприятиях бытового обслуживания населения (по СП 62.13330.2011)

Назначение расходуемого газа	Единица потребления	Норма расхода теплоты, МДж
Фабрики-прачечные: - на стирку белья в механизированных прачечных;	на 1 т сухого белья	8800
- на стирку белья в немеханизированных прачечных с сушильными шкафами;	на 1 т сухого белья	12600
- на стирку белья в механизированных прачечных, включая сушку и глажение.	на 1 т сухого белья	18800
Дезкамеры: -на дезинфекцию белья и одежды в паровых камерах;	на 1 т сухого белья	2240
-на дезинфекцию белья и одежды в горячевоздушных камерах.	на 1 т сухого белья	1260
Бани: -мытьё без ванн;	на 1 помывку	40
-мытьё в ваннах.	на 1 помывку	50

Таблица П 3.8 - Нормы расхода теплоты на учреждения здравоохранения (по СП 62.13330.2011)

Назначение расходуемого газа	Единица потребления	Норма расхода газа, МДж
Больницы, родильные дома: -на приготовление пищи	на 1 койку в год	3200
-на приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур (без стирки белья)	на 1 койку в год	9200

Примечания:

1. Нормы расхода теплоты на жилые дома, приведенные в табл. П 3.5, учитывают расход теплоты на стирку белья в домашних условиях.

2. При применении газа для лабораторных нужд школ, вузов, техникумов и других специальных учебных заведений норму расхода теплоты следует принимать в размере 50 МДж в год на одного учащегося.

3. Принимаем, согласно [5, с.101], норму расхода газа на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды гостиниц:

- без ресторанов с ванными во всех номерах - 5040 МДж;
- без ресторанов, с ваннами до 25% номеров - 3570 МДж.

4. Годовой расход газа на 1-го человека на централизованное горячее водоснабжение от районных газовых котельных определяем по формуле:

$$g_{\text{ГВС}} = 24 \cdot q_{\text{звс}} \cdot \left[ z_o + (350 - z_o) \cdot \frac{60 - t_{\text{хл}}}{60 - t_{\text{хз}}} \cdot \beta \right] \cdot \frac{1}{\eta_k}$$

где:  $\beta$  — коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды в летний период (при отсутствии данных принимают 0,8);

$t_{\text{хз}}$ ,  $t_{\text{хл}}$  — температуры водопроводной воды в отопительный и летний периоды, °С (при отсутствии данных соответственно принимают 5 и 15°С);

$\eta_k$  — КПД районной газовой котельной, равный 0,8-0,85;

$z_o$  - продолжительность отопительного периода, сут.;

$q_{гвс}$  — укрупненный показатель среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение, МДж на 1 чел. (с учетом общественных зданий района), принимаем по табл. П 3.8.:

Таблица П 3.8 - Укрупненный показатель среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение, МДж на 1 чел. (с учетом общественных зданий района)

Показатель	Средние за отопительные периоды нормы расхода воды на горячее водоснабжение, л на 1 чел. в сут.					
	80	90	100	110	120	130
Укрупненный показатель $q_{гвс}$ кДж/(ч·чел)	1050	1150	1260	1360	1470	1570

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица П 4.1 - Удельные теплопотери жилых и общественных зданий для районов с  $t_n = -30^\circ\text{C}$  в зависимости от этажности

Удельные теплопотери	Этажность застройки			
	1	2 – 3	4 – 5	6 и более
Вт/(м °С)	0,7 – 0,83	0,47 – 0,58	0,42 – 0,47	0,35 – 0,47
кДж / (м ч °С)	2,5 – 3,0	1,7 – 2,1	1,5 – 1,7	1,25 – 1,7
ккалл / ( м ч °С)	0,6 – 0,7	0,4 – 0,50	0,36 – 0,40	0,3 – 0,4

Для определения расчетного расхода тепла на отопление по укрупненным показателям в таблице П 4.1 приведены значения удельных теплопотерь жилых и общественных зданий нового строительства для климатических районов с расчетной наружной температурой для отопления  $t_n = -30^\circ\text{C}$ .

Для районов с другой расчетной температурой для отопления к значениям  $q$  приведенным в таблице П 4.1 вводятся поправочные коэффициенты при  $t_n > -10^\circ\text{C}$ ,  $\beta = 1,2$ ; при  $t_n = -20^\circ\text{C}$ ,  $\beta = 1,1$ ; при  $t_n = -30^\circ\text{C}$ ,  $\beta = 1,0$ ; при  $t_n < -40^\circ\text{C}$ ,  $\beta = 0,9$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица П 5.1 - Нормы пропускной способности некоторых предприятий

Наименование предприятий (учреждений)	Расчетные показатели
Детские ясли	Число детей ясельного возраста — 8-10% от всего населения, обслуживание — 25-40%
Детские сады	Число детей в возрасте от 4 до 7 лет — 10% от всего населения, обслуживание — 60%
Больницы	Общая вместимость из расчета 3-9 коек на 1000 жителей
Родильные дома	Из расчета 1 - 1,5 койки на 1000 жителей
Поликлиники	Из расчета 10 - 12 посещений на одного жителя в год
Школы	Число школьников — 20% от всего населения
Гостиницы	Из расчета 5 мест на 1000 жителей
Механические прачечные	Обслуживание — 50% населения; норма — 100 кг сухого белья на 1 жителя в год
Бани	Обслуживание — 100% всего населения с учетом душевых и ванн устройств в жилых домах, детских учреждениях, больницах и др.
Столовые и рестораны	Обслуживание — 25 - 30% всего населения
Хлебозаводы и пекарни	Производительность завода из расчета 0,6 - 0,8 т суточной выпечки на 100 жителей



## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Таблица П 6.1 - Значения коэффициента часового максимума расхода газа  $k$  для коммунально-бытовых потребителей (по СП 62.13330.2011)

Коммунально-бытовые потребители	Коэффициент часового максимума $k=1/m$ (с учетом отопления и вентиляции)
Бани	1/2700
Прачечные	1/2900
Предприятия общественного питания	1/2000
Предприятия по производству хлеба и кондитерских изделий	1/6000

Таблица П 6.2 - Зависимость коэффициента часового максимума расхода газа  $k$  на хозяйственно-бытовые нужды от численности населения снабжаемого газом (без отопления)

Число жителей, тыс. чел.	$k = 1/m$	Число жителей, тыс. чел.	$k = 1/m$
1	1/1800	40	1/2500
2	1/2000	50	1/2600
3	1/2050	100	1/2800
5	1/2100	300	1/3000
10	1/2200	500	1/3300
20	1/2300	750	1/3500
30	1/2400	1000	1/3700
		2000 и более	1/4700

Таблица П 6.3 - Значения коэффициента часового максимума  $k$  расхода газа для различных отраслей промышленности

Отрасль промышленности	Коэффициент часового максимума, $k = 1/m$
Черная металлургия	1/6100
Цветная металлургия	1/3800
Станкостроительная	1/2700
Электротехническая	1/3800
Химическая	1/5900
Строительных материалов	1/5900
Деревообрабатывающая	1/5400
Текстильная	1/4500
Швейная	1/4900
Пищевая	1/5700
Табачная	1/3800
Обувная	1/3500

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Таблица П 7.1 - Усредненные расходы условного топлива для некоторых печей и сушил

Назначение печи или сушила	Тип печи или сушила	Температура в рабочей камере, t°С	Удельный расход условного топлива, т/1 т продукции
<b>Плавильные печи</b>			
Плавка углеродистой стали при завалке холодной шихты	Мартеновская	1500 – 1600	0,20 – 0,30
Плавка чугуна	Вагранка	1300 – 1400	0,08 – 0,12
Плавка бронзы и латуни	Камерная	1300 – 1400	0,11 – 0,13
<b>Термические печи</b>			
Нормализация	Методическая	950 – 1100	0,13 – 0,22
Закалка	Методическая	800 – 925	0,06
Отпуск	Методическая	550	0,03
<b>Нагревательные печи</b>			
Ковка мягкой стали	Камерная	1150 – 1250	0,16 – 0,25
Ковка мягкой стали	Методическая	1150 – 1250	0,10 – 0,15
<b>Обжигательные печи</b>			
Обжиг извести	Шахтная пересыпного типа	1000 – 1100	0,17
Обжиг цемента	Вращающаяся	1300 – 1400	0,20 – 0,22
Обжиг кирпича	Кольцевая	900 – 1000	0,14 – 0,15 (т/1000 шт.)
<b>Сушила</b>			
Сушка форм	Камерное	240 – 280	0,07 – 0,10
Сушка песка	Барabanное	800 – 850	0,018 – 0,020

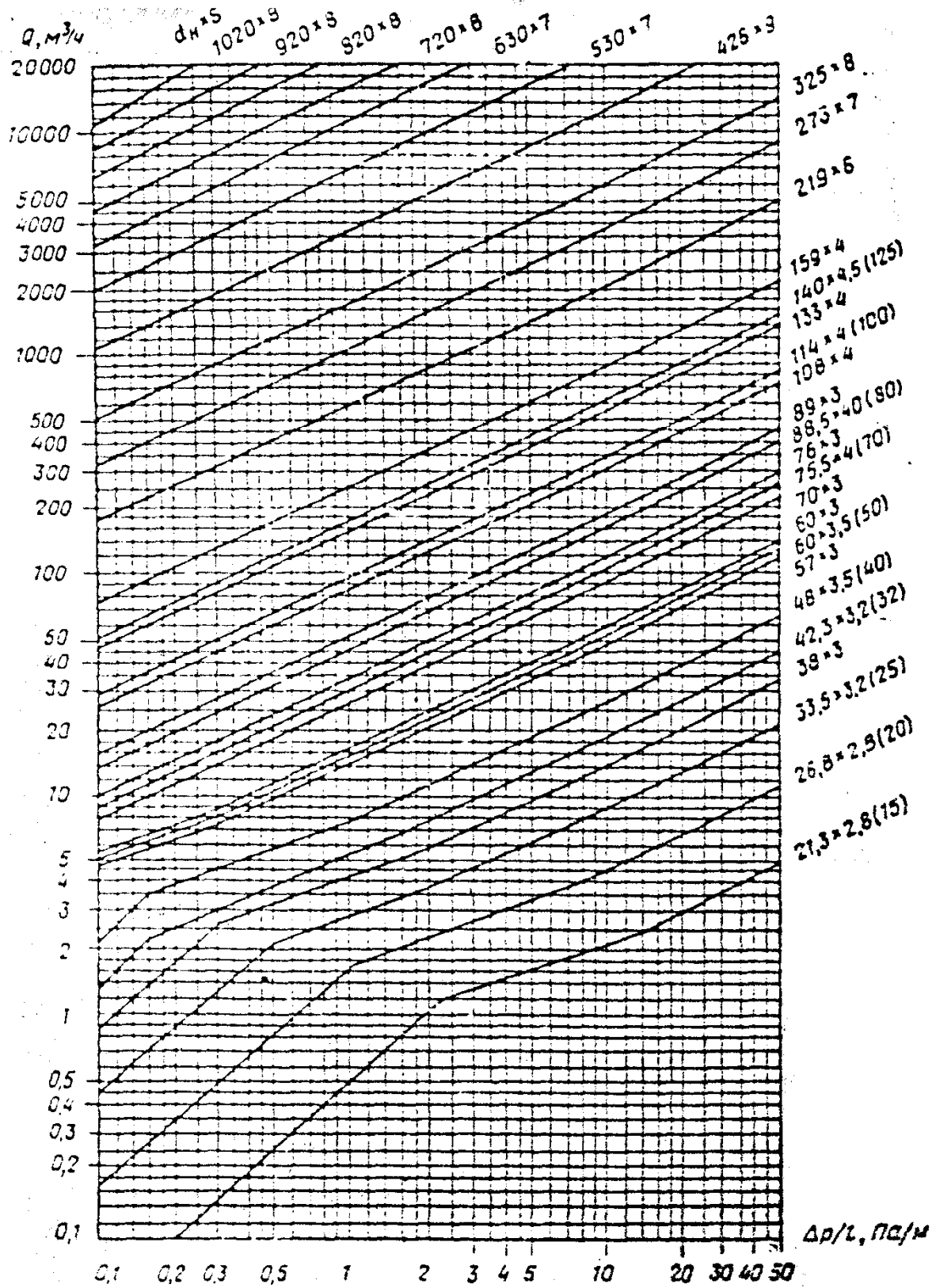


Рисунок П 8.1 – Номограмма для определения потерь давления в газопроводах низкого давления (до 5 кПа). Природный газ  $\rho=0,73 \text{ кг/м}^3$

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

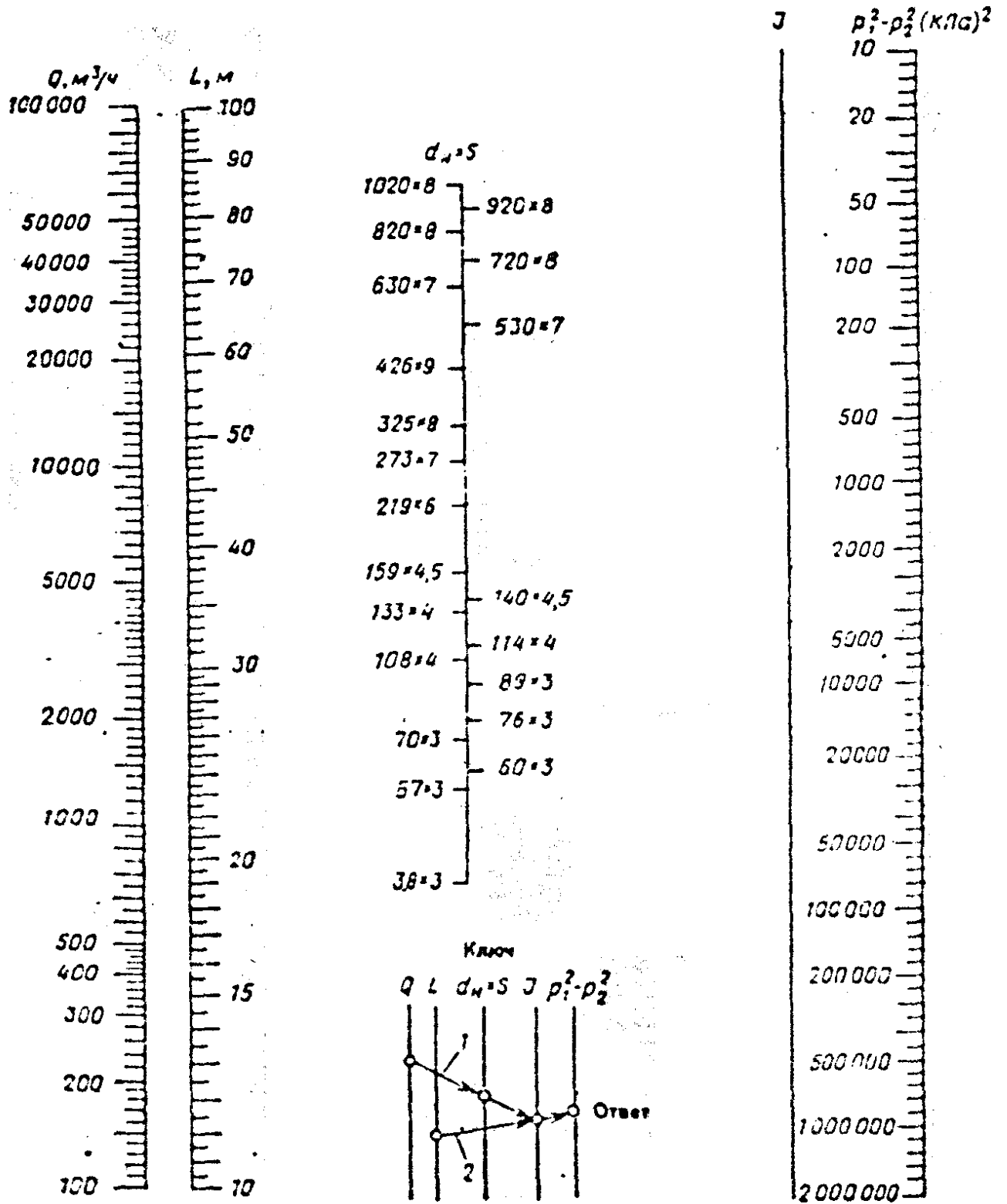


Рисунок П 9.1 – Номограмма для определения потерь давления в газопроводах среднего и высокого давления (до 1,2 МПа). Природный газ:  $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Таблица П 10.1 – Значение коэффициентов одновременности  $K_0$  для жилых зданий

Число квартир	Тип и количество установленных приборов			
	Четырехконфорочная плита	Двухконфорочная плита	Четырехконфорочная плита и проточный водонагреватель	Двухконфорочная плита и проточный водонагреватель
1	1	1	0,72	0,75
2	0,65	0,84	0,46	0,48
3	0,45	0,73	0,35	0,37
4	0,35	0,59	0,31	0,33
5	0,29	0,48	0,28	0,29
6	0,28	0,41	0,26	0,27
7	0,27	0,36	0,25	0,26
8	0,27	0,32	0,24	0,25
9	0,26	0,29	0,23	0,24
10	0,25	0,26	0,22	0,23
11	0,25	0,26	0,21	0,22
12	0,25	0,25	0,21	0,22
13	0,24	0,25	0,20	0,21
14	0,24	0,25	0,20	0,21
15	0,24	0,24	0,19	0,20
20	0,24	0,23	0,18	0,19
25	0,23	0,22	0,18	0,19
30	0,23	0,22	0,18	0,18
35	0,23	0,22	0,17	0,18
40	0,23	0,21	0,17	0,18

Таблица П 10.2 – Давление газа перед приборами и расчетные перепады давления, кПа

Вид газа	Давление на выходе из ГРП	Давление газа перед бытовыми приборами			Расчетный перепад давления в сетях			
		номинальное	максимальное	минимальное	суммарный	в расчетной предельной	в квартальной и дворовой	в домо-вой
Все виды природных газов при номинальном давлении перед бытовыми приборами 2 кПа	3	2	2,8	1	1,8	1,2	0,6	$\frac{0,35}{0,25}$
То же, при номинальном давлении газа перед приборами 1,3 кПа	2	1,3	1,8	0,65	1,15	0,8	0,35	$\frac{0,25}{0,15}$
То же, при давлении на выходе из ГРП 5 кПа	5	2	2,8	1	3	2,4	0,6	$\frac{0,35}{0,25}$

В числителе приведены расчетные перепады давления при многоэтажной застройке, в знаменателе – при одноэтажной застройке. В системе с давлением 5 кПа необходимо учитывать перепад давления в регуляторах стабилизаторах по месту их установки.

Таблица П 10.3 - Потери давления  $\Delta P$  (Па) и эквивалентные длины  $L_{\text{экв}}$  (м) для природного газа, ( $\Delta P/L_{\text{экв}}$ )

Q, м <sup>3</sup> /ч	$d_{\text{н}} \times S(d_{\text{вн}})$ , мм				
	21,3×2,8 (15,7)	26,8×3,2 (21,2)	33,5×3,2 (27,1)	42,3×3,2 (35,9)	48,0×3,5 (41,0)
1,0	1,95/0,38	0,59/0,38	0,22/0,38		
1,2	2,35/0,46	0,70/0,46	0,27/0,46		
1,4	3,06/0,48	0,82/0,54	0,31/0,54	0,10/0,54	
1,6	4,18/0,46	0,94/0,62	0,35/0,62	0,11/0,62	
1,8	5,50/0,45	1,11/0,66	0,40/0,69	0,13/0,69	
2,0	7,62/0,43	1,42/0,64	0,45/0,77	0,14/0,77	
2,2	10,24/0,42	1,78/0,62	0,49/0,86	0,16/0,85	
2,4	12,00/0,41	2,18/0,60	0,60/0,83	0,17/0,92	0,10/0,92
2,6	13,88/0,37	2,63/0,59	0,73/0,81	0,19/1,00	0,11/1,00
2,8	15,88/0,37	3,12/0,57	0,87/0,79	0,20/1,08	0,11/1,08
3,0	18,01/0,38	3,67/0,56	1,02/0,77	0,22/1,12	0,12/1,15
3,2	20,27/0,38	4,26/0,55	1,19/0,76	0,26/1,10	0,13/1,23
3,4	22,65/0,39	4,91/0,54	1,37/0,74	0,30/1,07	0,14/1,29
3,6	25,15/0,39	5,81/0,51	1,56/0,73	0,34/1,05	0,16/1,27
3,8	27,78/0,39	6,41/0,51	1,77/0,71	0,39/1,03	0,19/1,24
4,0	30,53/0,40	7,03/0,52	2,00/0,70	0,44/1,02	0,21/1,22
4,2	33,41/0,40	7,68/0,51	2,24/0,69	0,49/1,00	0,24/1,20
4,4	36,41/0,40	8,36/0,52	2,61/0,65	0,54/0,98	0,27/1,19
4,6	39,52/0,40	9,06/0,53	2,82/0,65	0,60/0,97	0,29/1,17
4,8	42,77/0,41	9,79/0,54	3,05/0,66	0,67/0,96	0,33/1,15
5,0	46,13/0,41	10,54/0,54	3,28/0,67	0,74/0,94	0,36/1,14
5,5		12,55/0,55	3,90/0,68	0,92/0,91	0,45/1,10
6,0		14,71/0,56	4,56/0,69	1,14/0,87	0,55/1,07
6,5		17,04/0,56	5,27/0,70	1,32/0,89	0,67/1,04
7,0		19,53/0,57	6,03/0,71	1,51/0,90	0,79/1,01
7,5		22,17/0,58	6,84/0,72	1,71/0,91	0,90/1,03
8,0		24,98/0,58	7,69/0,83	1,92/0,93	1,01/1,04
8,5		27,94/0,59	8,59/0,74	2,14/0,94	1,12/1,05
9,0		31,07/0,59	9,53/0,74	2,37/0,95	1,24/1,07
10,0		37,79/0,60	11,56/0,76	2,87/0,97	1,50/1,09
11,0		45,10/0,61	13,77/0,77	3,41/0,99	1,79/1,11
12,0		53,11/0,62	16,17/0,78	3,99/1,00	2,09/1,13
13,0			18,74/0,79	4,62/1,02	2,42/1,15



Таблица П 10.4 - Средние значения коэффициентов местных сопротивлений  $\xi$

Вид местного сопротивления	$\xi$
Внезапное сужение в пределах перехода на следующий диаметр	0,35
Внезапное расширение в пределах перехода на следующий диаметр	0,3
Тройник проходной	1,0
Тройник поворотный (ответвления)	1,5
Отвод гнутый 90°	0,3
Угольник 3 / 4"	2,1
Угольник 1"	2,0
Пробочный кран 1 / 2"	4,0
Пробочный кран 3 / 4" и более	2,0
Задвижка $d_v = 50 - 100$ мм	0,5
Гидрозатвор $d_v = 50 - 150$ мм	2,0
Компенсатор линзовый $d_v = 100 - 200$ мм	1,6

## ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Таблица П 11.1 - Характеристика регуляторов РД-32М и РД-50М

Технические данные	РД – 32М			РД – 50М				
	Диаметр клапанного отверстия, мм	4	6	10	8	11	15	20
Давление на входе, МПа	1-1,6	0,3-1	0,005-0,3	1,2-1,6	0,6-1,2	0,3-0,6	0,1-0,3	0,01-0,1
Давление на выходе, Па, при пружине низкого давления	9-20			9-15				
при пружине повышенного давления	20-35			15-25				
Пропускная способность при $P=100$ Па, $\rho=1$ кг/м <sup>3</sup> , $P_{к\text{абс}}=0,1$ МПа, м <sup>3</sup> /ч	4	7,8	12	16	30	51	78	100
Масса, кг	8			20				

Таблица П 11.2 - Площадь седла клапана и коэффициент расхода регуляторов РДУК

Параметры	Диаметр клапана, мм				
	РДУК2-50	РДУК2-100		РДУК2-200	
	35	50	70	105	140
Площадь седла клапана (с учетом площади штока) $f$ , см <sup>2</sup>	9,6	19,6	38,4	86,5	154,0
Коэффициент расхода $c$	0,60	0,42	0,40	0,49	0,40

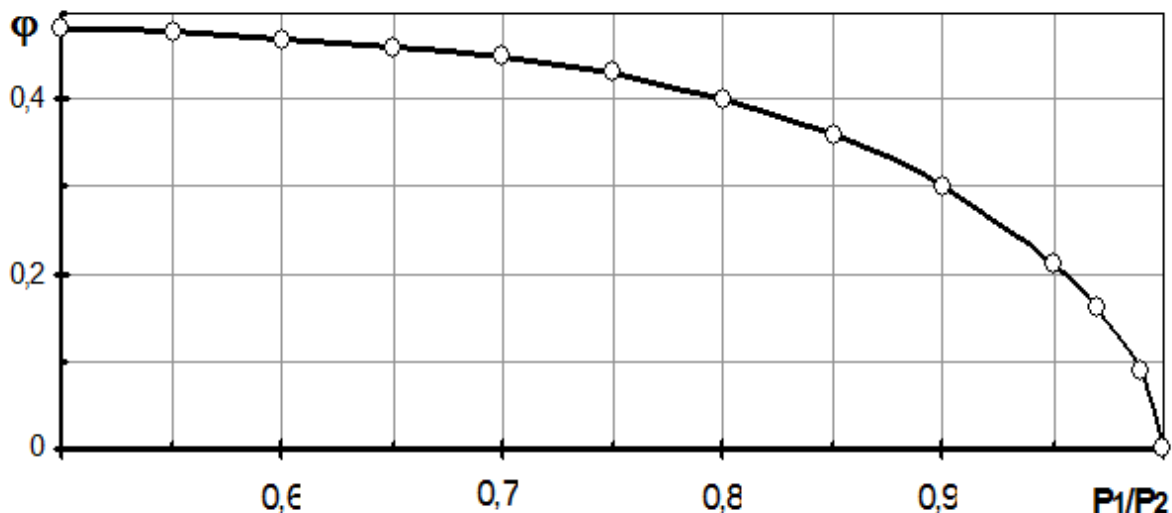


Рисунок П 11.3 – График зависимости  $\phi$  от  $P_1/P_2$  для природного газа

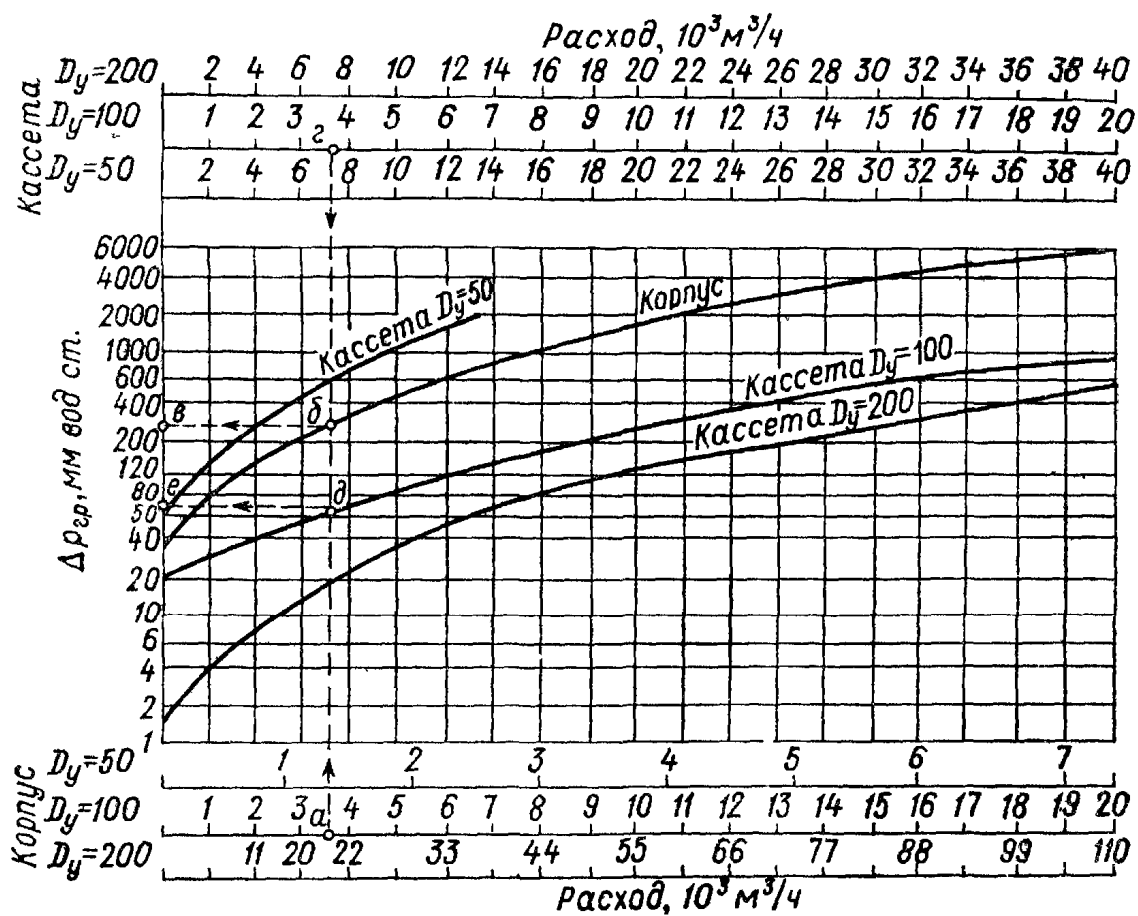


Рисунок П 11.4 – Номограмма для определения потерь давления газа в волосяных сварных фильтрах