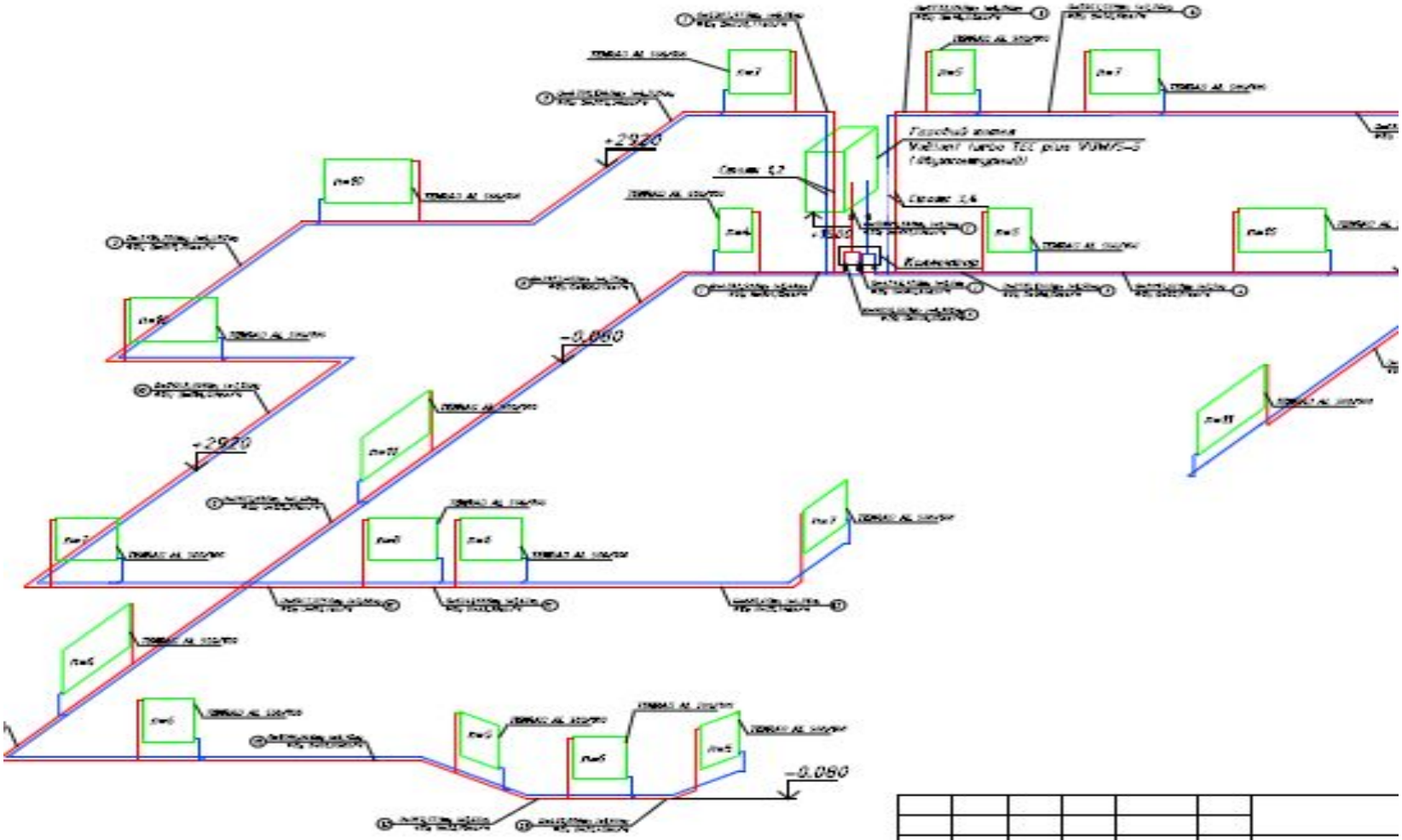
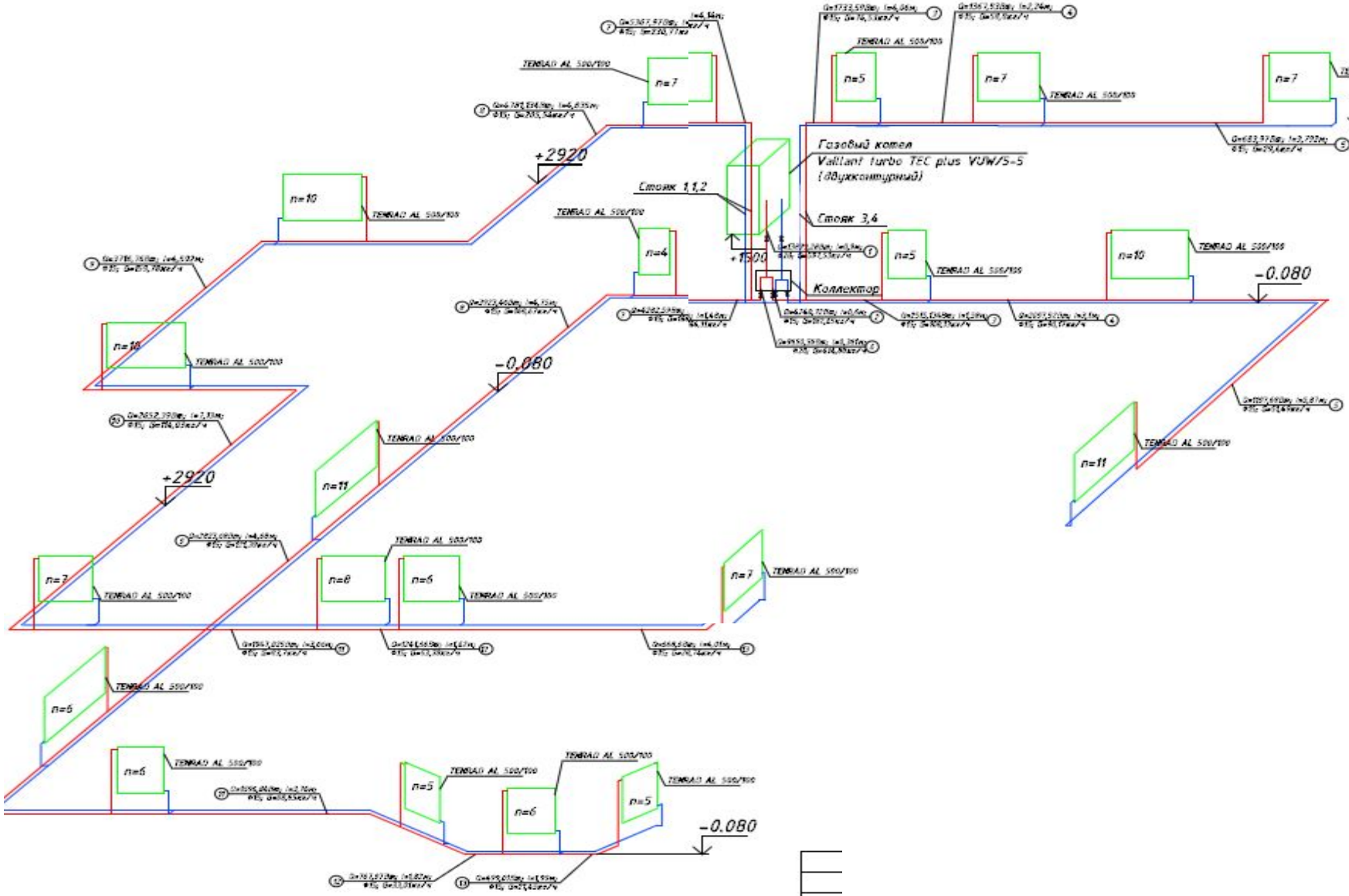
1.4 Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления

Гидравлический расчет сети заключается в подборе диаметров отдельных участков трубопроводов таким образом, чтобы по ним проходило расчетное количество теплоносителя. Правильный выбор диаметров труб обеспечивает надежную работу системы отопления и обуславливает экономию металла.

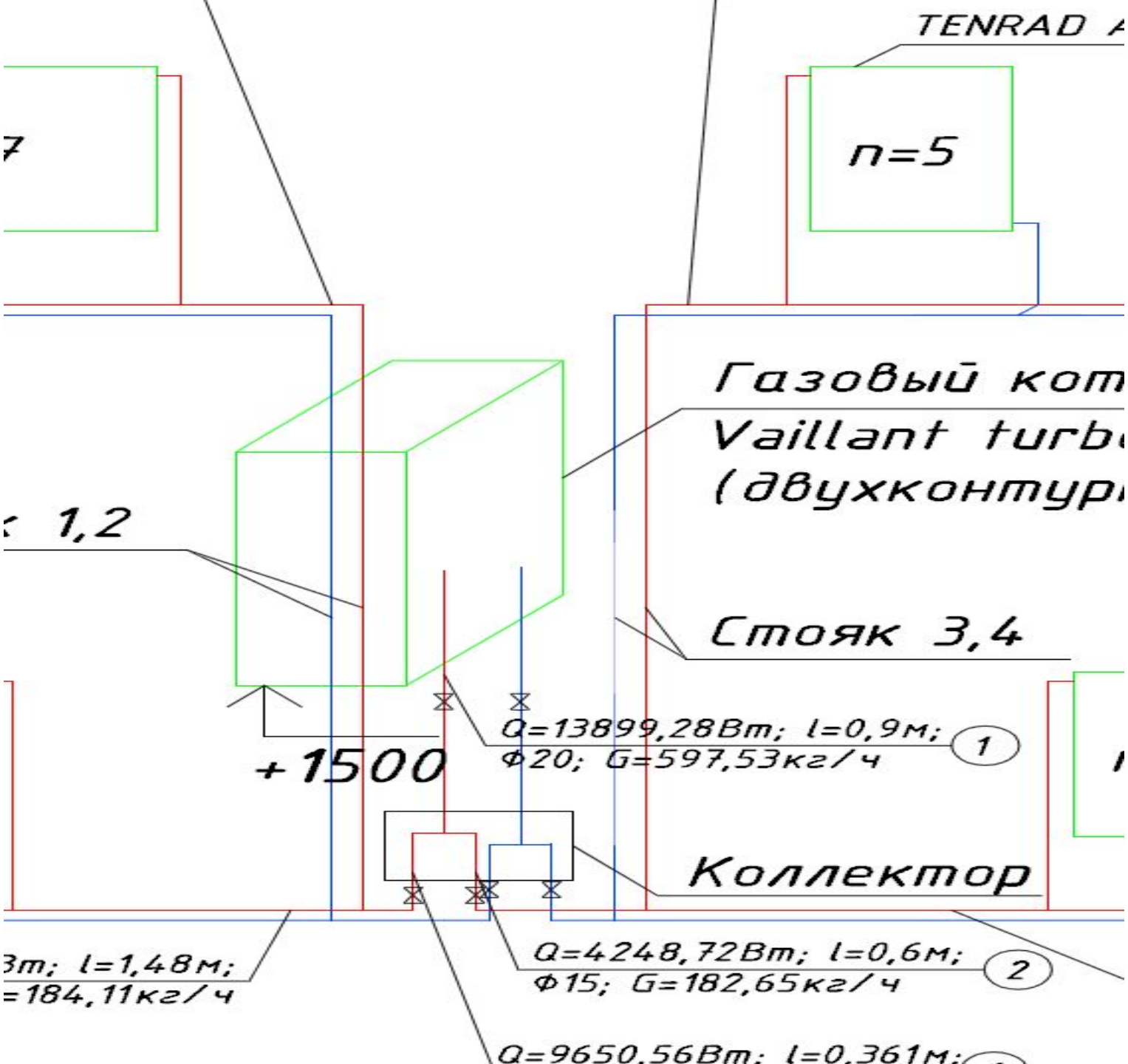
К гидравлическому расчету приступают после составления аксонометрической схемы системы отопления. Расчет начинают с главного циркуляционного кольца. С главным циркуляционным кольцом производится увязка остальных циркуляционных колец системы. Циркуляционное кольцо разбивается на участки с постоянным диаметром трубопровода и расходом теплоносителя. Участки нумеруются с указанием на них тепловых нагрузок и длин.

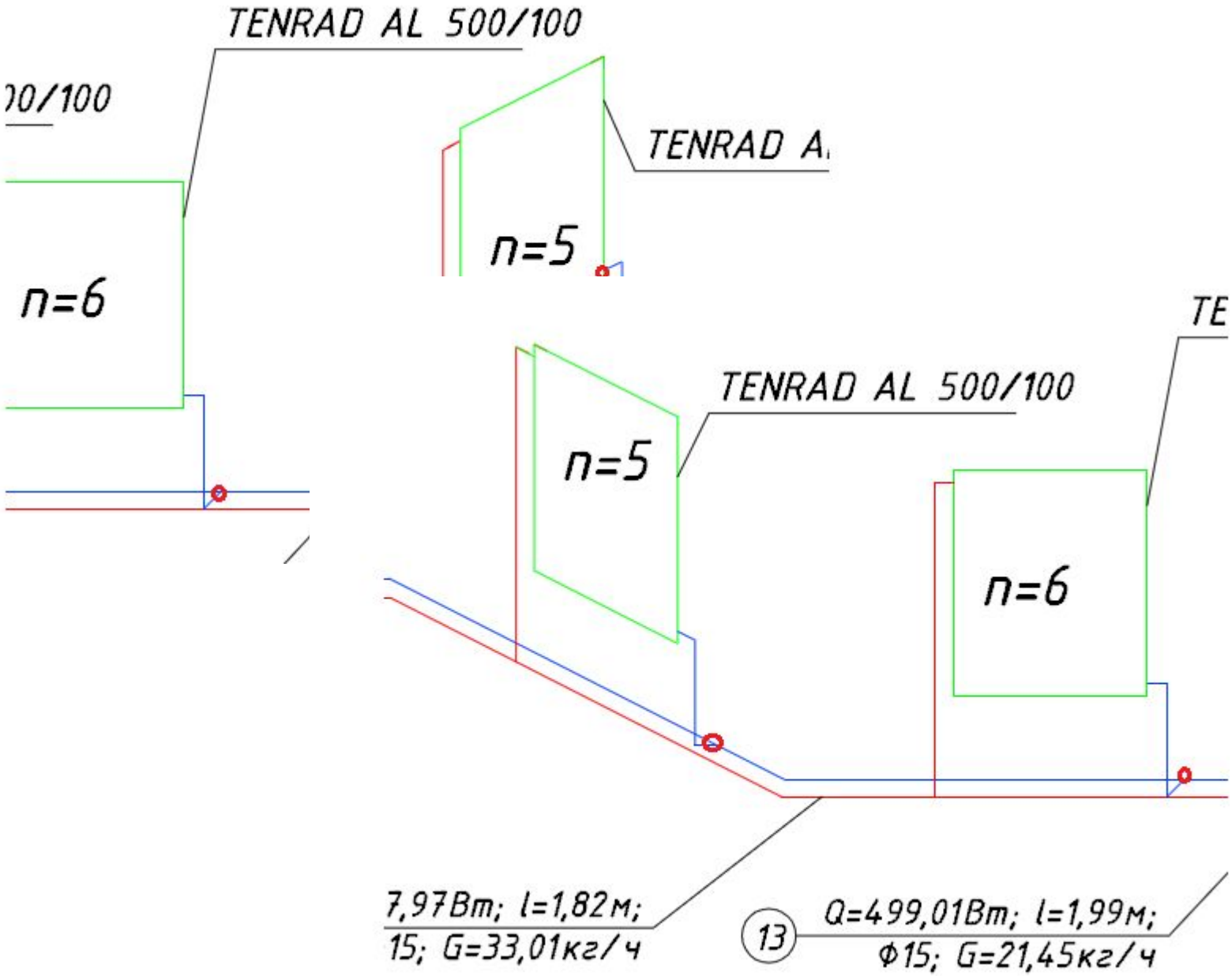


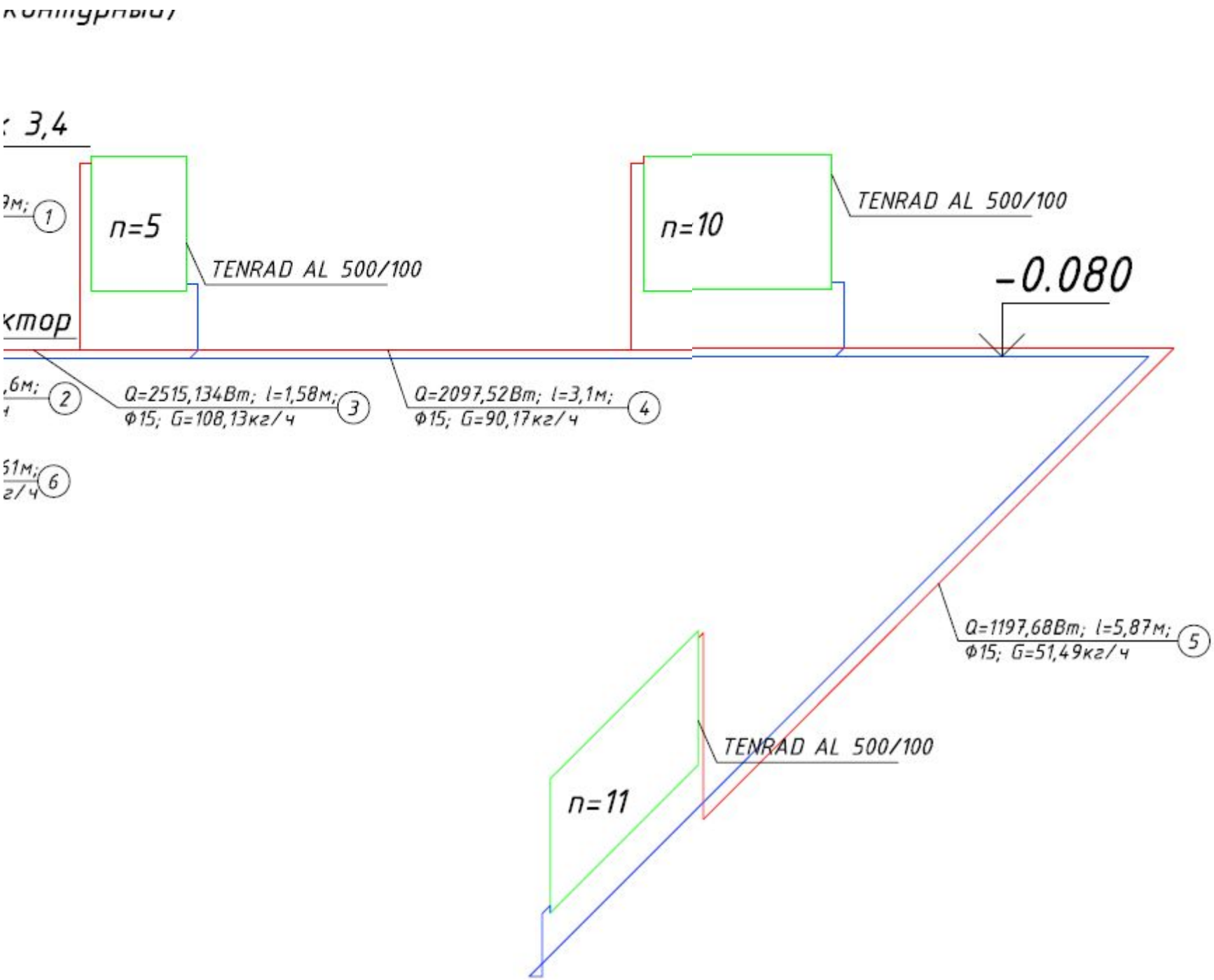
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	
Разработал		Полянчик Т.А.				
Проверил		Корнеева Ю.Р.				

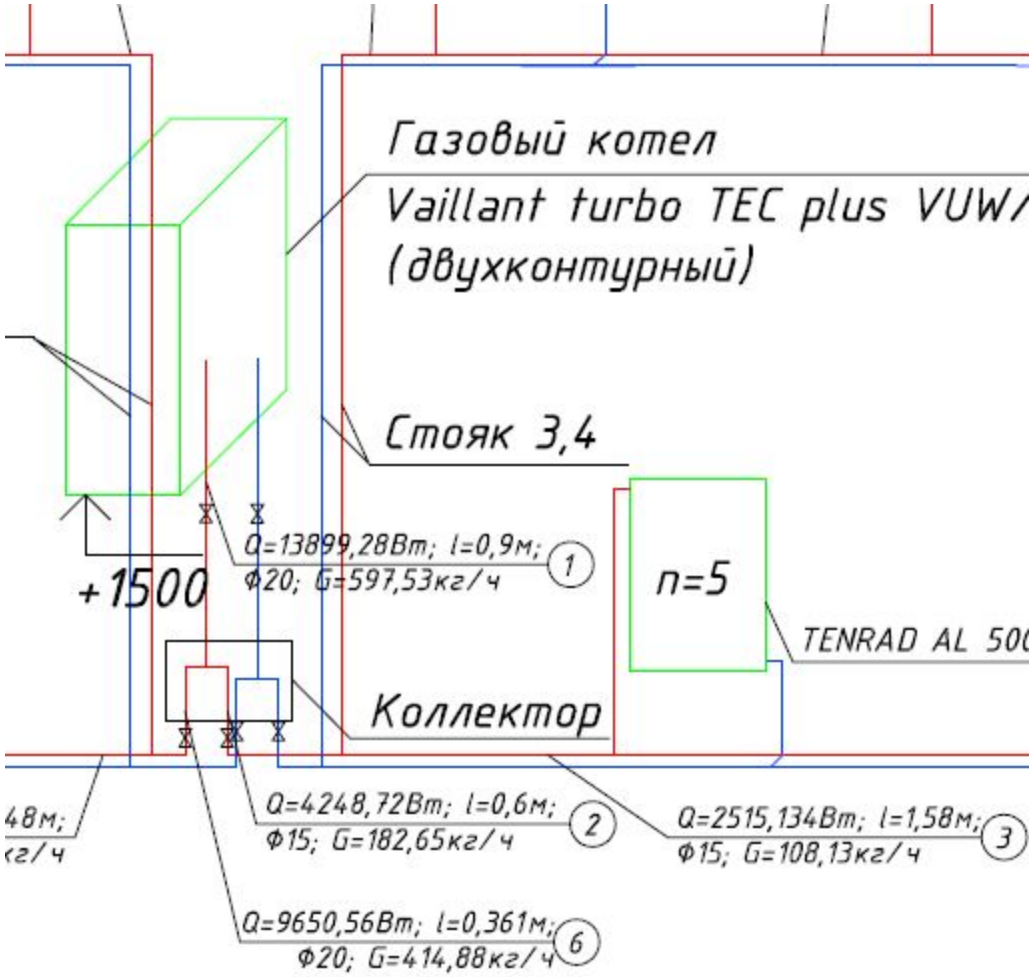


Изм	
Разра	
Прове	


TENRAD A
n=5
Газовый кот
Vaillant turb
(двухконтур
1,2
Стояк 3,4
+1500
Q=13899,28Вт; l=0,9м;
Ф20; G=597,53кг/ч
1
Коллектор
Q=4248,72Вт; l=0,6м;
Ф15; G=182,65кг/ч
2
Вт; l=1,48м;
=184,11кг/ч
Q=9650,56Вт; l=0,361м;


TENRAD AL 500/100
00/100
TENRAD A
n=5
n=6
TE
TENRAD AL 500/100
n=5
n=6
7,97Вт; l=1,82м;
15; G=33,01кг/ч
13
Q=499,01Вт; l=1,99м;
Ф15; G=21,45кг/ч


3,4
n=5
TENRAD AL 500/100
n=10
TENRAD AL 500/100
-0.080
Q=2515,134Вт; l=1,58м;
Ф15; G=108,13кг/ч
Q=2097,52Вт; l=3,1м;
Ф15; G=90,17кг/ч
Q=1197,68Вт; l=5,87м;
Ф15; G=51,49кг/ч
TENRAD AL 500/100
n=11


Газовый котел
Vaillant turbo TEC plus VUW/
(двухконтурный)
Стояк 3,4
+1500
Q=13899,28Вт; l=0,9м;
Ф20; G=597,53кг/ч
1
n=5
TENRAD AL 50
Коллектор
48м;
кг/ч
Q=4248,72Вт; l=0,6м;
Ф15; G=182,65кг/ч
2
Q=2515,134Вт; l=1,58м;
Ф15; G=108,13кг/ч
3
Q=9650,56Вт; l=0,361м;
Ф20; G=414,88кг/ч
6

Гидравлический расчет производится в табличной форме (табл.4).

Таблица 4

Таблица гидравлического расчета циркуляционного кольца

№ уч.	$Q_{уч}$, Вт	$G_{уч}$, кг/ч	l, м	d, мм	v, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\Sigma\xi$	Z, Па	$Rl+Z$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 3

Таблица для расчёта отопительных приборов

№ пом.	$Q_{пр}$, Вт	$G_{пр}$, кг/ч	$\Delta t_{ср}$, °С	$q_{пр}$, Вт/м^2	$F_{пр}$, м^2	β_3	f_c	N, шт	Число приборов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

$$Q_{уч} = Q_{пр},$$

- Гидравлический расчет. Методика.
- 1. Определить располагаемое давление

Располагаемое циркуляционное давление обеспечивает перемещение воды по отдельным кольцам системы отопления и может быть искусственным (насосным) или естественным.

Насосное циркуляционное (располагаемый перепад) давление ΔP_p, Па, определяется по формулам:

- в насосных двухтрубной и горизонтальной однотрубной системах

$$\Delta P_p = P_н + 0{,}4\Delta P_e, \text{ Па}, \qquad (1.20)$$

ΔP_e - естественное циркуляционное давление, Па, определяемое по формулам:

а) при нижней разводке

$$\Delta P_e = h \times (\rho_o - \rho_г) \times g \text{, Па ;} \quad (1.23)$$

б) при верхней разводке

$$\Delta P_e = h \times (\rho_o - \rho_г) \times g + \Delta P \text{, Па,} \quad (1.24)$$

где h- вертикальное расстояние от оси водонагревателя до середины отопительного прибора первого этажа, м;

ρ_o и $\rho_г$ - соответственно, плотности охлажденной и горячей воды, кг/м^3.При температуре горячей воды $t_г$=95 °С, $\rho_г$=961,92 кг/м^3, при температуре охлажденной воды t_o=70 °С, ρ_o =977,8 кг/м3;

g - ускорение свободного падения, равное 9,81м/с^2;

ΔP - дополнительное давление от остывания воды в трубах, принимаемое по приложению 4 [8].

- 2. Определить средние значения удельной линейной потери давления на трение.(главное циркуляционное кольцо).

$$R_{уд}^{ср} = \frac{0,65 \cdot P_{р.е.}}{\sum \ell_{ГЦК}}$$

- 3. Расчёт участков.
- 1 участок – одна батарея $Q_{уч} = Q_{пр}$,
- Находим Gуч

$$G_{пр} = \frac{3.6 \times Q_{пр}}{c \times (t_г - t_о)},$$

- Далее задаемся диаметром, самым маленьким dуч = 15 мм
- 4. Потери давления на трение

$$\Delta P_{тр} = R_{уд} \cdot \ell_{уч}$$

Где $R_{уд}$ - удельные потери на 1 м трубы

$$R_{уд} = f(G_{уч}, d)$$

Нужно сравнить с $R_{уд}^{ср}$

- Потери давления на местные сопротивления

$Z = \sum \xi_y \times \frac{\rho v^2}{2}$ - потери давления на местные сопротивления, Па;

$\frac{\rho v^2}{2}$ - динамическое давление ($P_д$), Па;

$\sum \xi_{уч}$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке;

Определяем насосное циркуляционное (располагаемый перепад) давлени

$$\Delta P_P = \mathrm{P_н} + 0.4 * \Delta \mathrm{P_е}, \text{Па}$$

$\mathrm{P_н}$ – давление, создаваемое насосом, Серии Wilo-Star-RS 30/2 равное $\mathrm{P_н}$=1,2 кПа, при расходе G=590,82 кг/ч
Насос подобран по приложению 12 [5].

$\Delta \mathrm{P_е}$ – естественное циркуляционное давление, Па, определяемое по формуле:

$$\Delta \mathrm{P_е} = h * (\rho_\text{о} - \rho_\text{г}) * g + \Delta P, \text{Па}$$

h – вертикальное расстояние от оси элеватора или теплообменника до середины отопительного прибора первого этажа, м;

$\rho_\text{о}$ и $\rho_\text{г}$ – соответственно плотности охлажденной и горячей воды, кг/м^3. При температуре горячей воды $t_\text{г} = 80°\text{C}$; $\rho_\text{г} = 971.8$ кг/м^3. Температура охлажденной воды $t_\text{о} = 60°\text{C}$; $\rho_\text{о} = 983.2$ кг/м^3.

g – ускорение свободного падения, равное 9.81 м/с^2;

ΔP – дополнительное давление от остывания воды в трубах, принимаемов по приложению 4 [4].

$$\Delta P_e = 9.81 * 1.5 * (983.2 - 971.8) + 20 = 187{,}75 \text{ , Па}$$

$$\Delta P_P = 1200 + 0.4 * 187{,}75 = 1275{,}0 \text{ Па}$$

Рассмотрим пример гидравлического расчета на <u>*Участке №4'*</u>:

Определяем расход теплоносителя, проходящий по участку:

$$G = \frac{3.6 \cdot Q}{c \cdot (t_г - t_о)} = \frac{3.6 \cdot 1367.93}{4.187 \cdot (80 - 60)} = 58{,}8 \frac{кг}{ч} = 0.01634 \frac{кг}{с}$$

Присваиваем 4-му участку диаметр 15 мм. Отсюда площадь поперечного сечения трубы:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.015^2}{4} = 0.000177 м^2$$

Гидравлический расчет двухтрубной системы водяного о

Участок	Данные по схеме			Приняты						
	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	$d_{уч.}$ мм	V, м/с	R, Па/м	$R \times l$, Па	$\Sigma\xi$	Z, Па	$R \times l$+Z Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основное циркуляционное кольцо через стояк 5										
1	1100	44,1	1,0	15	0,056	3,8	3,8	3,3	3,42	7,22

Скорость теплоносителя:

$$V = \frac{G}{F \cdot \rho} = \frac{0.01634}{0.000177 \cdot 971.8} = 0.095 \frac{м}{с}$$

Число Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = \frac{V \cdot d}{\upsilon} = \frac{0.095 \cdot 0.015}{0.365 \cdot 10^{-6}} = 3911$$

υ - кинетическая вязкость воды, в данном случае $\upsilon = 0.365 \cdot 10^{-6} \frac{м^2}{с}$

Коэффициент Дарси для ламинарного движения:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} = \frac{64}{3911} = 0.01636,$$

Удельные потери давления на трение:

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho V^2}{2} = \frac{0.01636}{0.015} \cdot \frac{971.8 \cdot 0.095^2}{2} = 4.8 Па / м$$

Расчёт всех последующих участков производим аналогично. Результат расчётов сводим в Таблицу 3.

Местные потери давления:

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho V^2}{2} = 1.39 \cdot \frac{971.8 \cdot 0.095^2}{2} = 6.12 Па$$

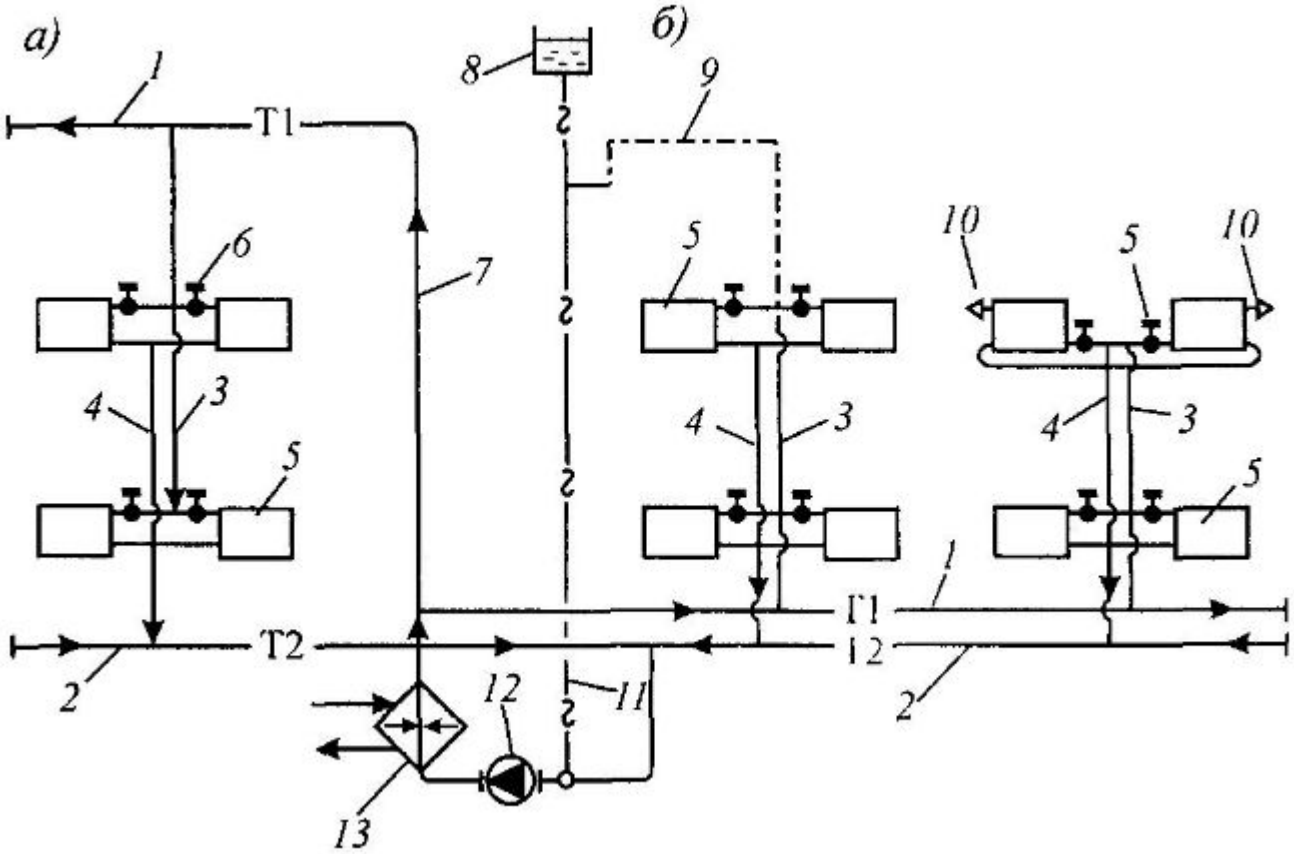
Суммарные потери давления:

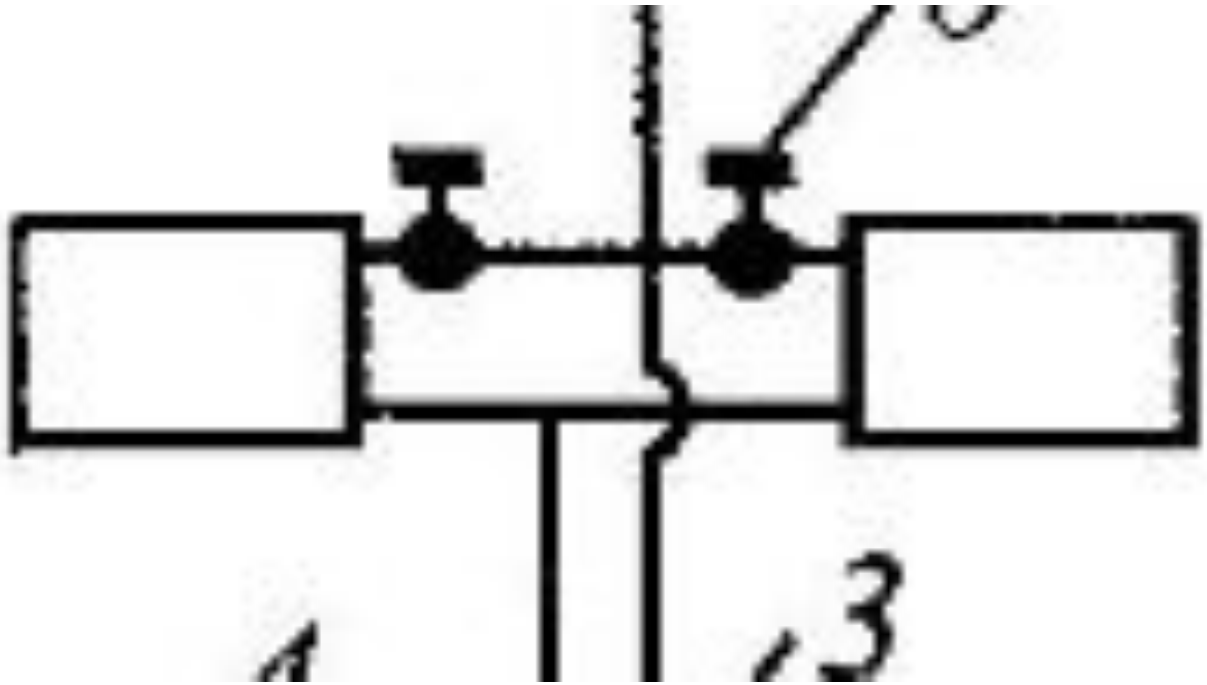
$$\Delta P_у = R * l + Z = 2,14 + 6,12 = 8,26 Па$$

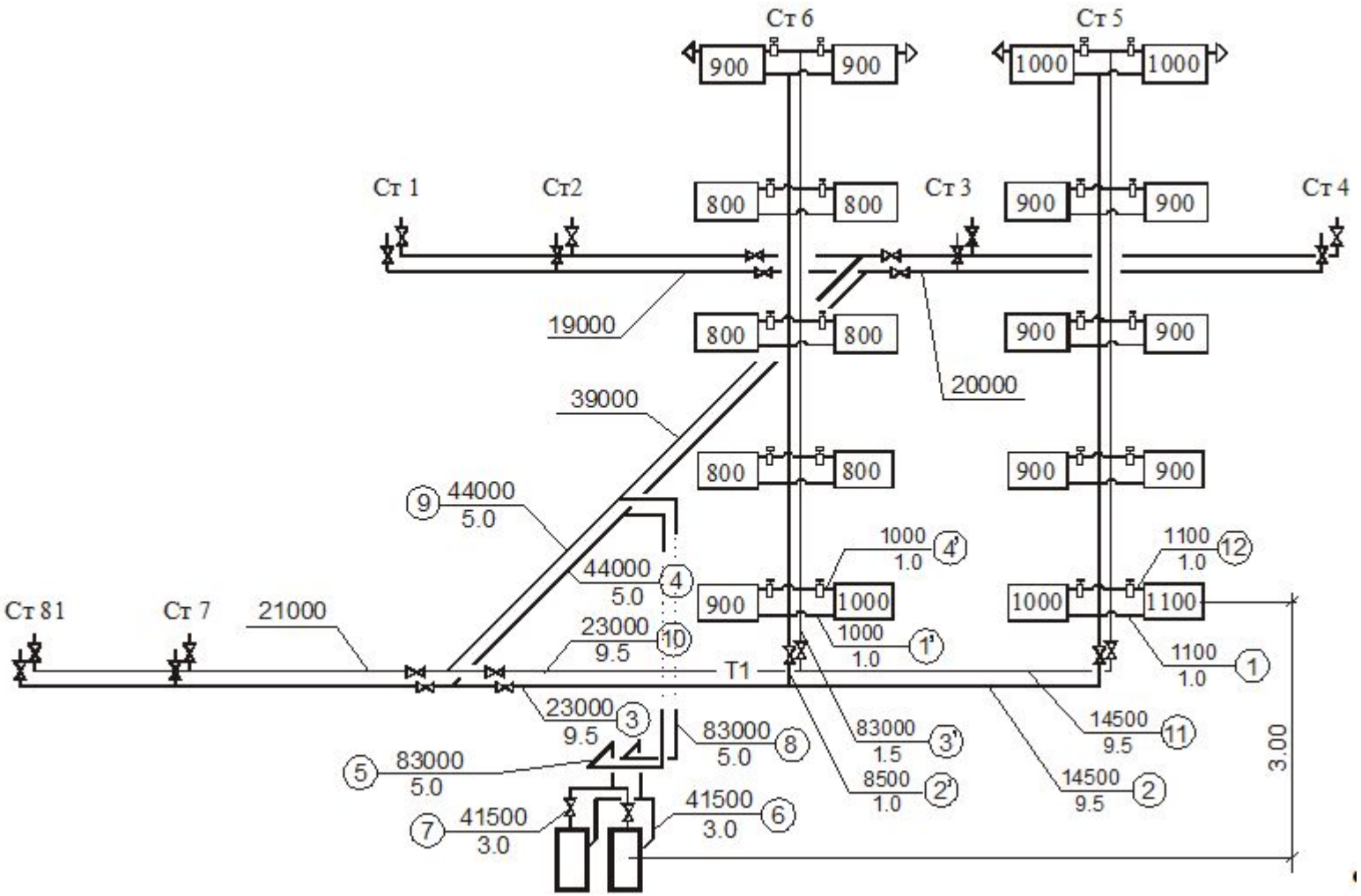
Гостиная 6 (5 и 4 участок)

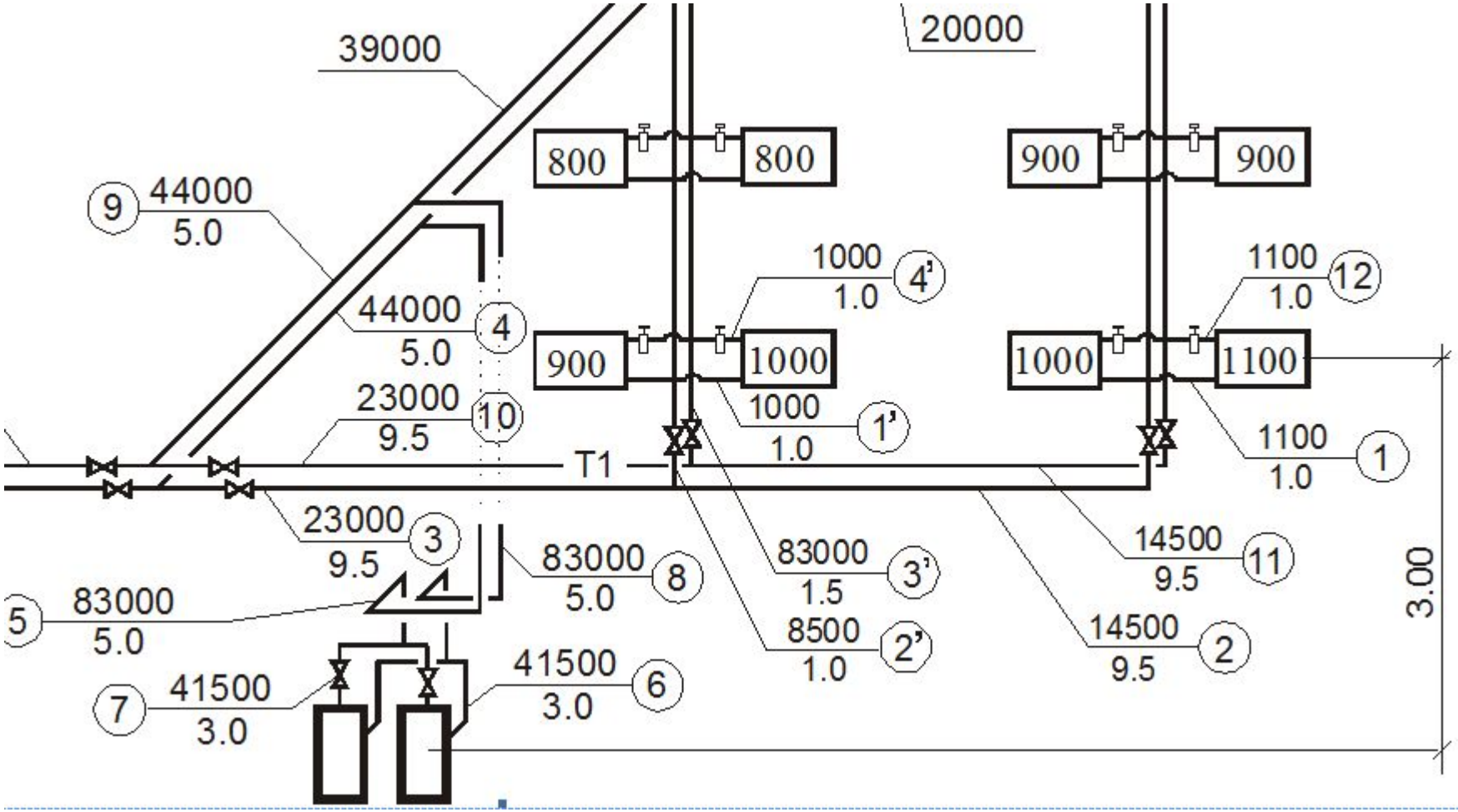
№ Помещения	Qпр, Вт	Gпр, кг/ч	Δtср,^{0}C	qпр,Вт/м2	Fпр,м2	b3	b4	N, шт	Число приборов	tвн.
1 Этаж										
1	359.1345	15.43927	52	276.34241	1.352071	1.015	1	3.659605	1 р., 4 с.	18
2	417.6164	17.95341	52	279.27623	1.555727	1	1	4.148606	1 р., 5 с.	18
3	1099.774	47.27953	49	276.64406	4.13592	0.99	1	10.91883	2 р., 5 и 6 с.	21
5	1226.844	52.74226	49	278.76956	4.578611	0.99	1	12.08753	2 р., 6 и 6 с.	21
6	2097.517	90.17271	47	274.17118	7.959278	0.98	1	20.80025	2 р., 10 и 11 с.	23
7	1596.839	68.64844	49	283.9608	5.850496	0.98	1	15.2893	3 р., 5, 6 и 5 с.	21
2 Этаж										
8	586.8316	25.22801	45	236.99949	2.57606	0.995	1	6.835146	1 р., 7 с.	25
9	365.6574	15.71969	45	229.28026	1.659195	1	1	4.424521	1 р., 5 с.	25
10	1367.933	58.80773	47	266.08902	5.348449	0.98	1	13.97728	2 р., 7 и 7 с.	23
11	2128.746	91.51524	49	289.73354	7.6439	0.98	1	19.97606	2 р., 10 и 10 с.	21
13	1410.726	60.64741	47	266.6634	5.503884	0.98	1	14.38348	2 р., 7 и 8 с .	23
14	1241.662	53.37931	47	264.29117	4.887769	0.99	1	12.90371	2 р., 6 и 7 с.	23

Рис.46. Схема вертикальной двухтрубной системы водяного отопления: а – с верхней разводкой подающей магистрали; б – с нижней разводкой обеих магистралей; 1 и 2 – подающие (Т1) магистрали; 3 и 4 – соответственно подающие и обратные части стояков; 5 – отопительные приборы; 6 – краны типа КРД; 7 – главный стояк (Г.ст); 8 – открытый расширительный бак; 9 – воздушная линия; 10 – воздушные краны; 11 – соединительная труба расширительного бака; 12 – циркуляционный насос




3


Ст 6
Ст 5
900
900
1000
1000
Ст 1
Ст2
Ст 3
Ст 4
800
800
900
900
19000
20000
39000
9
44000
5.0
44000
5.0
4
1000
1.0
4'
1100
1.0
12
Ст 81
Ст 7
21000
23000
9.5
10
T1
1000
1.0
1'
1100
1.0
1
23000
9.5
3
83000
5.0
8
83000
1.5
3'
14500
9.5
11
5
83000
5.0
8500
1.0
2'
14500
9.5
2
3.00
7
41500
3.0
41500
3.0
6


39000
20000
800
800
900
900
9
44000
5.0
1000
1.0
4'
1100
1.0
12
44000
5.0
4
900
1000
1000
1100
23000
9.5
10
1000
1.0
1'
1100
1.0
1
T1
23000
9.5
3
83000
5.0
8
83000
1.5
3'
14500
9.5
11
3.00
5
83000
5.0
8500
1.0
2'
14500
9.5
2
41500
3.0
6
7
41500
3.0

Участок 1.

выход из прибора	$\xi = 0,3$
крестовина поворотная	$\xi = 3$
	$\sum \xi = 3,3$.

Участок 2.

вентиль $d = 25$	$\xi = 9$
отвод $d = 25$	$\xi = 0,6$
тройник проходной	$\xi = 1$
	$\sum \xi = 10,6$.

Участок 3.

вентиль $d = 25$	$\xi = 9$
тройник поворотный	$\xi = 1,5$
	$\sum \xi = 10,5$

Участок 4.

тройник поворотный	$\xi = 1,5$

Участок 5.

три отвода d= 40	$\xi = 0,4 \times 3 = 1.2$

Участок 6.

тройник поворотный	$\xi = 1,5$
вентиль d= 32	$\xi = 0,5$
	$\sum \xi = 2$

Участок 7.

внезапное сужение	$\xi = 0,5$
вентиль d= 32	$\xi = 0,5$
отвод d= 32	$\xi = 0,2$
тройник поворотный	$\xi = 1,5$
	$\sum \xi = 2,7$

Участок 8.

отвод d= 40	$\xi = 0,5$

Участок 9.

тройник поворотный	$\xi = 1,5$

Участок 10.

вентиль $d_y = 32$	$\xi = 0,5$
тройник поворотный	$\xi = 1,5$
	$\sum \xi = 2$

Участок 11.

тройник проходной	$\xi = 1$
отвод $d_y = 15$	$\xi = 0,6$
вентиль $d_y = 15$	$\xi = 15,9$
	$\sum \xi = 16,5$

Участок 12.

крестовина поворотная	$\xi = 3$
кран двойной регулировки	$\xi = 4$
вход в прибор	$\xi = 0,3$
	$\sum \xi = 7,3$

4 участок

Местные потери давления:

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho V^2}{2} = 1.39 \cdot \frac{971.8 \cdot 0.095^2}{2} = 6.12 Па$$

Суммарные потери давления:

$$\Delta P_y = R * l + Z = 2,14 + 6,12 = 8,26 Па$$

Расчёт всех последующих участков производим аналогично. Результат расчётов сводим в Таблицу 3.

	№ уч	Qуч, Вт	Gуч, кг/ч	l, м	d, мм	v, м/с	R, Па/м	Rl, Па	Σξ	Z, Па	Rl+Z, Па
G в кг/с	2 Этаж										
0.165982	1	13899.28	597.533	0.9	0.02	0.543943	15.43522	17.15025	1.69	242.9629	260.1132
0.050737	2	4248.724	182.6535	0.6	0.015	0.295595	14.91194	24.85323	1.365	57.95265	82.80588
0.020702	3	1733.591	74.52742	4.06	0.015	0.12061	6.08446	1.498636	3.28	23.18411	24.68275
0.016335	4	1367.933	58.80773	2.24	0.015	0.095171	4.801096	2.143347	1.39	6.117417	8.260764
0.008168	5	683.9666	29.40387	3.792	0.015	0.047585	2.400548	0.633056	1.39	1.529354	2.16241
0.115244	6	9650.557	414.8795	0.361	0.015	0.671415	33.87099	93.82547	1.365	298.993	392.8184
0.064103	7	5367.966	230.77	4.14	0.015	0.373463	18.84019	4.550771	3.28	222.2885	226.8392
0.057095	8	4781.134	205.5419	4.835	0.015	0.332636	16.78056	3.470643	2.27	122.0425	125.5132
0.044385	9	3716.76	159.7843	4.592	0.015	0.258585	13.04488	2.840784	2.27	73.75279	76.59357
0.031674	10	2652.388	114.0267	7.13	0.015	0.184534	9.309206	1.305639	2.27	37.55983	38.86547
0.023251	11	1947.025	83.70301	3.66	0.015	0.13546	6.833561	1.867093	1.89	16.85111	18.7182
0.014828	12	1241.662	53.37931	1.62	0.015	0.086386	4.357917	2.690072	1.89	6.85318	9.543252
0.007984	13	668.6	28.74325	4.011	0.015	0.046516	2.346615	0.585045	1.07	1.124968	1.710013
0.165982	1'	0	597.533	0.906	0.02	0.537636	15.43522	17.03667	1.31	186.1485	203.1852
0.050737	2'	0	182.6535	0.388	0.015	0.292167	14.91194	38.43283	0.69	28.95508	67.38791
0.020702	3'	0	74.52742	4.18	0.015	0.119212	6.08446	1.455613	3.78	26.40848	27.86409

	№ уч	Qуч, Вт	Gуч, кг/ч	l, м	d, мм	v, м/с	R, Па/м	Rl, Па	Σξ	Z, Па	Rl+Z, Па
G в кг/с	1 Этаж										
0.165982	1	13899.28	597.533	0.9	0.02	0.543943	15.43522	17.15025	1.69	242.9629	260.1132
0.050737	2	4248.724	182.6535	0.6014	0.015	0.295595	14.91194	24.79537	1.365	57.95265	82.74802
0.030035	3	2515.134	108.1261	1.58	0.015	0.174984	8.827478	5.587011	1.89	28.1195	33.70651
0.025048	4	2097.517	90.17271	3.1	0.015	0.14593	7.361751	2.374758	1.89	19.55674	21.9315
0.014302	5	1197.683	51.48863	5.871	0.015	0.083326	4.203561	0.715987	3.09	10.42475	11.14074
0.115244	6	9650.557	414.8795	0.361	0.02	0.377671	10.71699	29.68696	1.365	94.60325	124.2902
0.051142	7	4282.591	184.1095	1.477	0.015	0.297951	15.0308	10.17658	1.89	81.52647	91.70305
0.046853	8	3923.457	168.6702	4.753	0.015	0.272965	13.77033	2.897188	3.09	111.8716	114.7688
0.03372	9	2823.683	121.3907	4.678	0.015	0.196451	9.910405	2.118513	1.89	35.44191	37.56042
0.026394	10	2210.261	95.01957	3.849	0.015	0.153774	7.757451	2.015446	3.09	35.50333	37.51877
0.019069	11	1596.839	68.64844	3.76	0.015	0.111096	5.604497	1.490558	2.0135	12.07529	13.56584
0.009171	12	767.9677	33.01509	1.8217	0.015	0.05343	2.695371	1.479591	2.0135	2.792937	4.272527
0.005959	13	499.0122	21.45264	1.995	0.015	0.034718	1.751405	0.877897	2.0135	1.179227	2.057125

Участок	Данные по схеме			Приняты						
	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	$d_{уч}$, мм	V, м/с	R, Па/м	$R \times l$, Па	$\Sigma\xi$	Z, Па	$R \times l + Z$ Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основное циркуляционное кольцо через стояк 5										
1	1100	44,1	1,0	15	0,056	3,8	3,8	3,3	3,42	7,22
2	14500	583	9,0	25	0,24	42	382,5	11,6	323,2	705,7
3	23000	932,8	9,5	25	0,403	110	1045	10,5	787	1832
4	44000	1768,8	5,0	32	0,427	85	425	1,5	133,6	558,6
5	83000	3337,1	10,0	40	0,664	140	1400	1,2	319	1719
6	41500	1668,5	2,0	32	0,4	75	150	2,0	156	306
7	41500	1668,5	3,0	32	0,4	75	225	2,7	195	420
8	83000	3337,1	10,0	40	0,664	140	1400	0,5	130	1530
9	44000	1768,8	5,0	32	0,42	85	425	1,5	133,5	558,5
10	23000	932,8	9,5	25	0,403	110	1045	2	160	1205
11	14500	583	9,0	25	0,24	42	382,5	16,5	464	846,5
12	1100	44,1	1,0	15	0,056	3,8	3,8	7,3	10,8	14,6
$(R \times l + Z) = 9703$										

1.5 Подбор оборудования

Подбор котла. Тип котла выбирают в зависимости от расхода тепла на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, если оно имеется, а также от вида топлива.

Тепловая нагрузка рассчитывается по формуле:

$$Q_{котла} = 1{,}15 \cdot Q_{полн} = 1.15 \cdot \boxed{13899} = 15983.85 Вт$$

В качестве источника тепла используются водонагреватели (котлы). Подбираем настенный двухконтурный газовый котел **Vaillant turboTEC plus VUW INT 202/5-5** с диапазоном мощности 6,7-20,2 кВт.

Таблица 2 Таблица расчётов теплопотерь помещений

Номер помещения	Наименование помещения и его температура	Характеристика ограждения				Коэффициент теплопередачи K, Вт/(м²°C)	Разность температур $(t_в-t_н)$, °C	Коэффициент n	Дополнительные теплопотери		1+Σβ	Теплопотери ограждения $Q_{огр}$, Вт	Потери теплоты помещения $Q_{пот}$, Вт (равны сумме теплопотерь ограждений)	Теплозатраты на нагревание инфильтрующегося воздуха $Q_{инф}$	Бытовые тепловыделения $Q_{быт}$	Полные теплопотери $Q_{полн}$
		Наименование ограждения	Ориентация	Размеры, A×B, м	Площадь F, м²				Добавка на ориентацию β_1	На открывание наружных дверей β_2						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
															сумма	

2. Вентиляция

2.1. Выбор системы вентиляции

В жилых зданиях обычно устраивают естественную вытяжную вентиляцию по специально предусмотренным каналам. Вытяжная естественная канальная вентиляция состоит из вертикальных внутристенных или приставных каналов с отверстиями, закрытыми решетками, сборных горизонтальных воздуховодов и вытяжной шахты.

Вытяжные системы устраивают в помещениях кухонь, санитарных узлов и ванных комнатах, которые должны быть рассчитаны на удаление воздуха из жилых комнат.

Вентиляционные решетки устанавливают на расстоянии 200-500 мм от потолка. Вертикальные вытяжные каналы должны выводиться самостоятельно выше крыши или в сборную вытяжную, шахту. Рекомендуется объединять в одну систему каналы из комнат, выходящих окнами на одну сторону здания. Допускается объединение каналов ванной и санузла одной квартиры. Радиус действия одной вытяжной шахты должен быть не более 8 м.

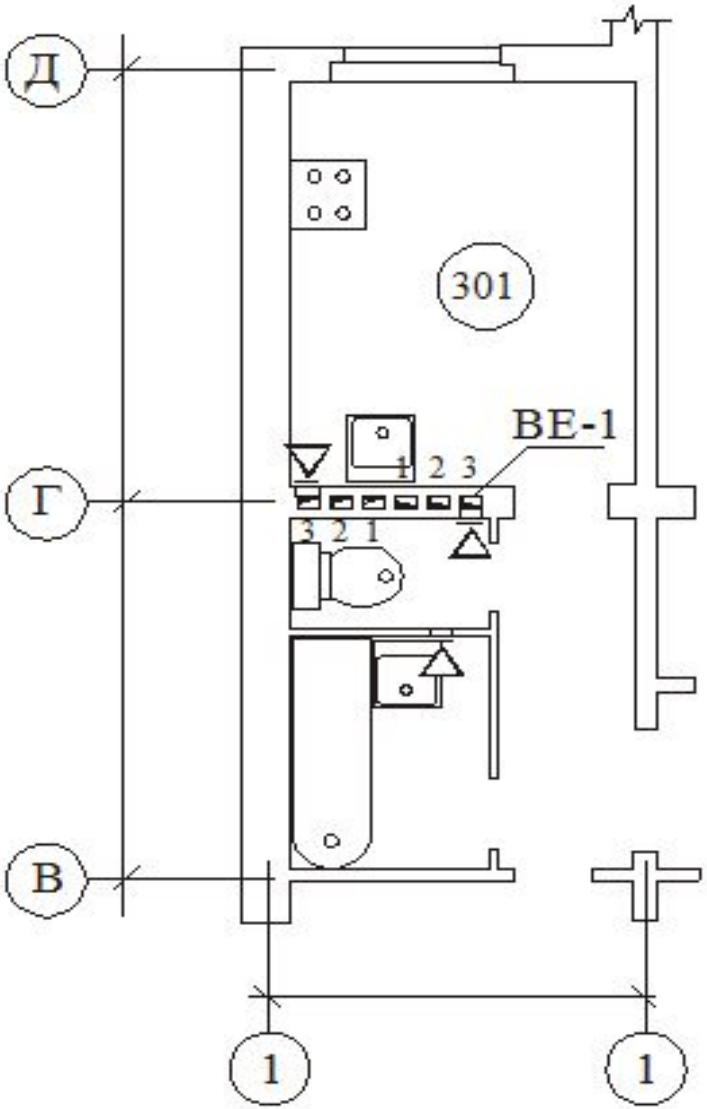
В кухнях, оборудованных 4-х конфорочными газовыми плитами и газовыми проточными водонагревателями, а также в помещениях санузлов и ванных комнат предусматриваем индивидуальные вентиляционные каналы из керамического кирпича К-75/1/15 (ГОСТ 530-95) размером 140×140 мм. Вытяжные отверстия каналов закрываем пластмассовыми решетками РВП3 200×120 (ГОСТ 13448-82, коэффициент живого сечения η = 0,65), которые устанавливаем под потолком помещений на расстоянии 500 мм.

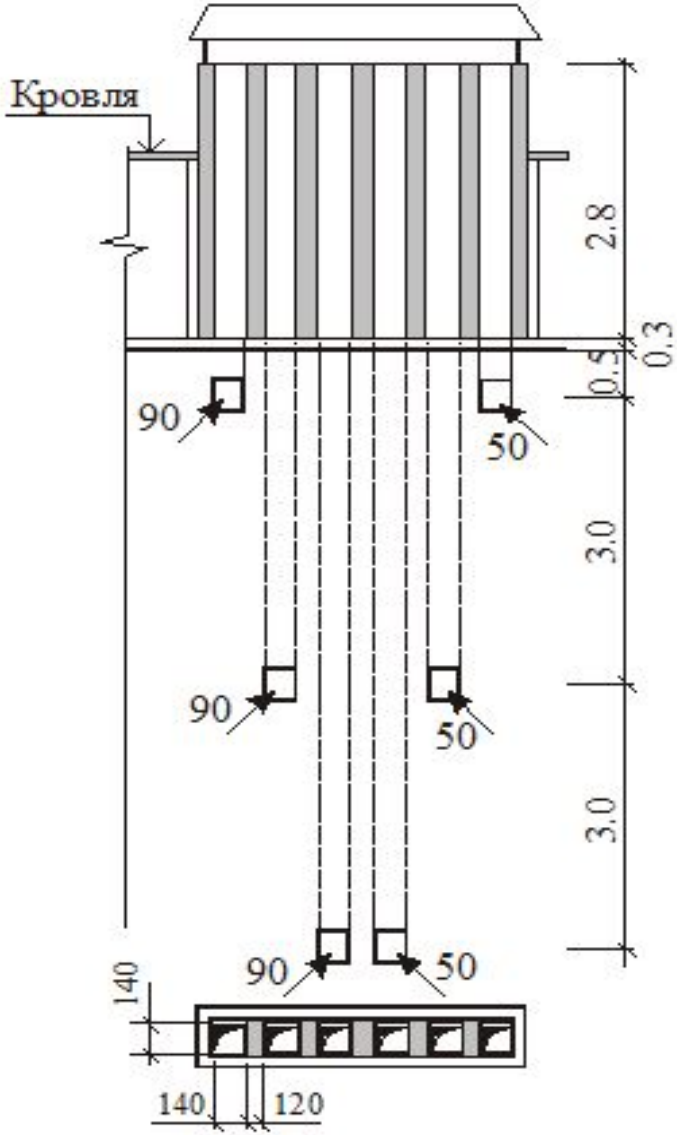
Вентиляционные каналы системы ВЕ-1 (рис. 14) выше перекрытия 3-го этажа объединяем общей кирпично вытяжной шахтой высотой 2.6 м с толщиной стенок 120 мм, утепленной в пределах чердака минераловатными матам (ρ=200 кг/м^3) толщиной 80 мм (теплотехнический расчет конструкции шахты не приводится).

Узел завершения вытяжной шахты выполняем в виде прямоугольного зонта с заглушенными торцами, которы устанавливаем над шахтой на штырях высотой 200 мм.

Приток воздуха в комнаты предполагаем *неорганизованным* за счет инфильтрации через неплотности заполнени оконных проемов, так как воздухопроницаемость окон соответствует требованиям [5].

Проверку пропускной способности каналов системы ВЕ-1 проводим при температуре наружного воздуха +5 °С Расчет ведем в следующем порядке.


Д
Г
В
301
ВЕ-1
1 2 3
3 2 1
1
1


Кровля
2.8
0.3
0.5
90
50
3.0
90
50
3.0
90
50
140
140
120

- **Воздухообмен** — **это** движение воздуха в помещении, направленное на замещение отработанного воздуха свежим наружным воздухом. Интенсивность этого замещения определяет кратность **воздухообмена** — величина, показывающая, сколько раз воздух полностью сменился в помещении за один час

Данные расчета воздухообмена заносятся в таблицу 4.

№	Наименование помещения	Размеры помещения		Объем помещения V, м3	Нормируемый воздухообмен, м3/ч	Кратность воздухообмена, ч^(-1)	Объем удаляемого воздуха L, м3/ч	Размеры сечения каналов, мм	Число каналов
		AxB	h						
1 этаж									
1	Гардероб	2	2.7	5.4	-	1	5.4	150x150	1
2	Тех. Помещение	4	2.7	10.8	-	3	32.4		
3	Холл	10	2.7	27	-	1	27		
4	Сан. Узел	3	2.7	8.1	25	3.08641975	25	150x100	1
5	Кухня	8	2.7	21.6	90	4.16666667	90	200x250	1
6	Гостиная	17	2.7	45.9	-	1	45.9		
7	Столовая	12	2.7	32.4	-	1	32.4		
2 Этаж									
8	Ванная	4	2.7	10.8	50	4.62962963	50	200x400	1
9	Душ	3	2.7	8.1	50	6.17283951	50		
10	Спальня	11	2.7	29.7	-	1	29.7		
11	Холл	18	2.7	48.6	-	-	48.6		
12	Гардероб	3	2.7	8.1	-	-	-		
13	Спальня	13	2.7	35.1	-	1	35.1		
14	Спальня	11	2.7	29.7	-	1	29.7		

Табл.4. Определение воздухообмена.

Аэродинамический расчет систем естественной вентиляции сводится к проверке пропускной способности каналов при заданной их конструкции и расчетном располагаемом гравитационном давлении.

В кухнях, оборудованных 4-х конфорочными газовыми плитами и газовыми проточными водонагревателями, а также в помещениях санузлов и ванных комнат предусматриваем индивидуальные вентиляционные каналы из керамического кирпича К-75/1/15 (ГОСТ 530-95) размером 140×140 мм. Вытяжные отверстия каналов закрываем пластмассовыми решетками РВП3 200×120 (ГОСТ 13448-82, коэффициент живого сечения η = 0,65), которые устанавливаем под потолком помещений на расстоянии 500 мм.

Вентиляционные каналы системы ВЕ-1 (рис. 14) выше перекрытия 3-го этажа объединяем общей кирпичной вытяжной шахтой высотой 2.6 м с толщиной стенок 120 мм, утепленной в пределах чердака минераловатными матами (ρ=200 кг/м^3) толщиной 80 мм (теплотехнический расчет конструкции шахты не приводится).

Узел завершения вытяжной шахты выполняем в виде прямоугольного зонта с заглушенными торцами, который устанавливаем над шахтой на штырях высотой 200 мм.

Приток воздуха в комнаты предполагаем *неорганизованным* за счет инфильтрации через неплотности заполнений оконных проемов, так как воздухопроницаемость окон соответствует требованиям [5].

Проверку пропускной способности каналов системы ВЕ-1 проводим при температуре наружного воздуха +5 °С. Расчет ведем в следующем порядке.

1. *Расчетное гравитационное давление* в указанный период различно для каналов каждого N этажа и определяется по формуле:

$$\Delta P_{в,N} = h_i \cdot (\rho_н - \rho_в) \cdot g \text{, Па ,} \qquad (2.1)$$

где h_i - расстояние от центра жалюзийной решетки этажа до устья вытяжной шахты, м;

g - ускорение свободного падения, $g = 9.81$ м^2/с;

$\rho_н$ - плотность наружного воздуха при температуре +5 °С, имеет величину 1.27 кг/м^3;

$\rho_в$ - плотность внутреннего воздуха помещения, кг/м^3, определяемая по формуле

$$\rho_в = \frac{353}{273 + t_в}, \quad \text{кг/м}^3. \qquad (2.2)$$

Так, для кухни 3-го этажа при температуре воздуха $t_в = 18$ °С и его плотности $\rho_в = \frac{353}{273+18} = 1{,}21$ кг/м^3, имеем

$$\Delta P_{в,3эт} = 3.6 \cdot (1.27 - 1.21) \cdot 9.81 = 2.12 \text{ Па.}$$

2. Задаваясь расчетным расходом воздуха L= 90 м^3/ч, определяем *требуемую площадь* сечения канала из кухни 3 этажа:

$$F_0 = \frac{L_1}{3600 \cdot V_{рек}}, \text{ м}^2, \qquad (2.3)$$

где $V_{рек}$ – рекомендуемая скорость движения воздуха по участку. В вертикальных каналах при естественной вентиляции принимается 0,5 ÷1,0 м/с (табл. 22.13 [8]).

$$F_0 = \frac{90}{3600 \cdot 0.5} = 0.05 \text{ м}^2.$$

Требуемой площади соответствуют кирпичные каналы размером 1/2×1 ($F = 0.038$ м^2) и 1×1 ($F = 0.073$ м^2) – см. таблицу 2.1 или табл.22.7 [8].

Таблица 2.1

Размер в кирпичах	Размеры *А*×*Б*, мм	Площадь сечения *F*, м^2	$d_{экв}$, мм
1/2×1/2	140×140	0.02	140
1/2×1	140×270	0.038	185
1×1	270×270	0.073	270

Однако, исходя из рекомендуемой стандартизации строительства, принимаем и проверяем канал размером 1/2×1/2 ($F = 0.02$ м^2), аналогичный для каналов нижних этажей.

3. *Фактическая скорость* воздуха в канале 1/2×1/2 будет равна

$$V = \frac{L_1}{3600 \cdot F} = \frac{90}{3600 \cdot 0.02} = 1.25 \text{ м/с}. \qquad (2.4)$$

4. *Эквивалентный (по скорости) диаметр* кирпичного канала определяем по табл. 2 или по формуле:

$$d_{экв} = \frac{2АБ}{А + Б} = \frac{2 \cdot 140 \cdot 140}{140 + 140} = 140 \text{ мм}.$$

5. *Потери давления на трение* в расчетном канале длиной l =3.6 м при скорости V = 1.25 м/с и диаметре канала $d_{экв}$= 140 мм определяются по формуле:

$$\Delta P_{тр} = R \cdot l \cdot \beta = 0.18 \cdot 3.6 \cdot 1.53 = 0.77 \text{ Па}, \qquad (2.6)$$

где R – потери давления на 1 м длины канала, Па/м. Значения R определяются по таблице 22.15 [8]) или по номограмме П3.1 Приложения, составленным для круглых стальных воздуховодов;

β – коэффициент учета шероховатости стенок канала (табл. 22.12 [8]). При шероховатости стенок канала из кирпича k=8 мм и скорости в канале V = 1.25 м/с значение коэффициента β = 1.53.

6. Рассчитываем *потери давления в местных сопротивлениях* канала. Для каждого вида местного сопротивления по таблицам 22.16÷22.44 [8] или по рис. П3.2 Приложения 3 определяем коэффициент местного сопротивления ξ:

Характеристика местных сопротивлений	ξ
Решетка входная штампованная 200×120 мм, f=0.024 м^2, $f_{жс}$=0.0156 м^2, ξ_o=2.0, табл.22.21[8] $\xi = \xi_0\left(\frac{V_0}{V}\right)^2 = 2.0\left(\frac{1.6}{1.25}\right)^2 = 3.29$, где V_o – скорость воздуха в решетке	3.29
Колено с острыми кромками (вход с поворотом под 90°) квадратного сечения, табл.22.23[8]	1.2
Внезапное расширение потока в шахте при f/F=0.02/0.199=0.1, табл. 22.31 [8]	0.81
Вытяжная шахта с зонтом (серия 1.494-32), табл. 22.20 [8]	1.15
	Σξ=6.45

При Σξ=6.45 и динамическом давлении $P_Д = \frac{\rho_в V^2}{2} = \frac{1.22 \cdot 1.25^2}{2} = 0.95$ Па потери на местных сопротивлениях участка составляют

$$Z = \sum \xi \cdot P_Д = 6.45 \cdot 0.95 = 6.1 \text{ Па.} \qquad (2.7)$$

Общие потери давления на участке равны:

$$(R \cdot l \cdot \beta + Z)_1 = \Delta P_{N.кан} = 0.77 + 6.1 = 6.87 \text{ Па,} \qquad (2.8)$$

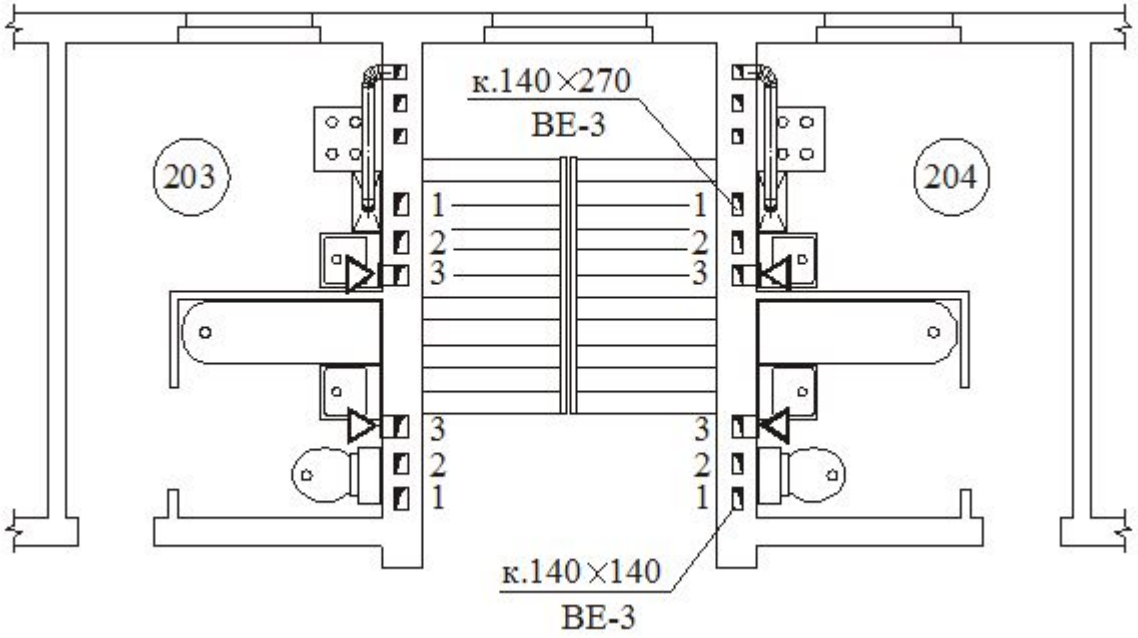
т.е. более чем в 3 раза превышают располагаемое давление $P_{е,3эт}$=2.12 Па.

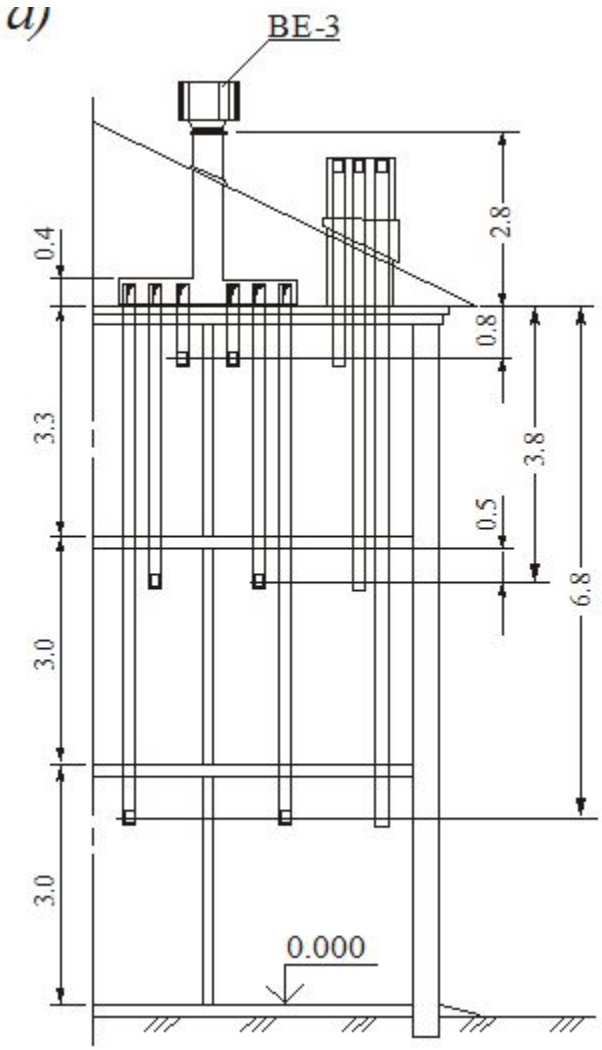
Фактически через канал кухни 3 этажа размером 1/2×1/2 будет удаляться следующее количество воздуха:

$$L_N = L\sqrt{\frac{\Delta P_{е,N}}{\Delta P_{N.кан}}} = 90\sqrt{\frac{2.12}{6.87}} = 50 \text{ м}^3/\text{ч,} \qquad (2.9)$$

что меньше нормы, установленной для кухонь жилых зданий. Однако в нашем случае, дымовой канал от газового нагревателя надлежит рассматривать как дополнительный вытяжной канал с расчетной интенсивностью в нерабочем режиме 45 $м^3/ч$ (расчет газохода не приводится). Суммарное количество удаляемого из кухни воздуха составит 95 $м^3/ч$, что соответствует нормам.

Располагаемые гравитационные давления для каналов кухонь 1÷3 этажей и результаты расчетов потерь давления в них представлены в таблице 2.2. Там же приведены расчеты каналов санузлов рассматриваемого дома.


к.140×270
ВЕ-3
203
204
1
2
3
1
2
3
3
2
1
3
2
1
к.140×140
ВЕ-3


a)
BE-3
0.4
3.3
3.0
3.0
2.8
0.8
3.8
0.5
6.8
0.000

2.3. Аэродинамический расчет каналов

Расчет каналов следует производить исходя из располагаемого давления, $\Delta P_е$, Па, при расчетной наружной температуре $t_н$= +5°С:

$$\Delta P_е = h \times (\rho_н - \rho_в) \times g$$

$\rho_н$– плотность наружного воздуха при температуре $t_н$= +5°С равна 1,27 кг/м^3;

$\rho_в$ – плотность внутреннего воздуха, кг/м^3,

$$\rho_в = \frac{353}{273 + t_в}$$

h – высота от оси жалюзийной решетки до верха вытяжной шахты.

Далее, определяем сечение каналов: