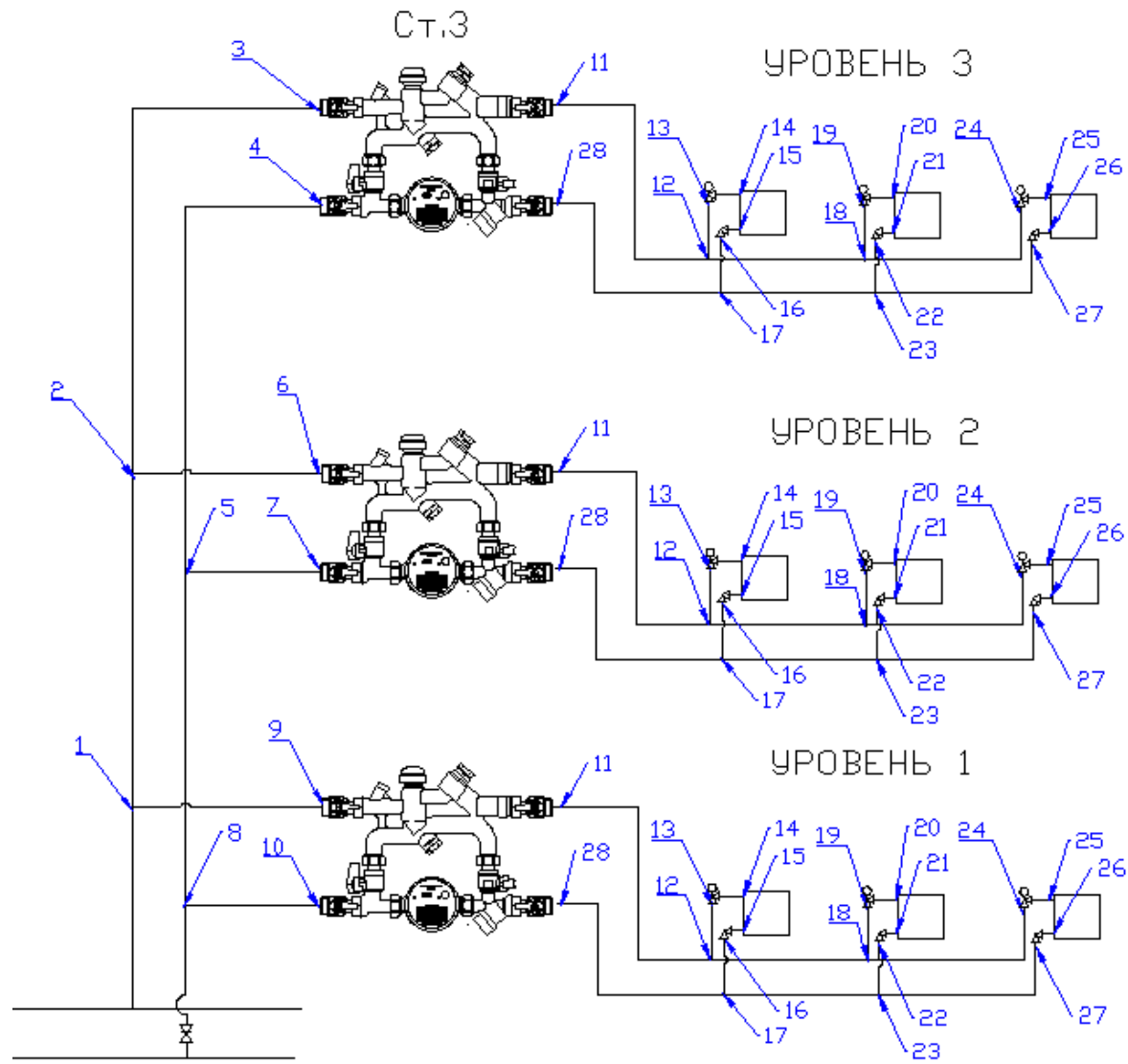


**ПРИМЕР**  
**расчета настроек отопительного модуля квартирных станций**



# 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

## 1.1. Отопительные приборы

Показатель	Ед.изм.	Уровень 1			Уровень 2			Уровень 3		
Тепловой поток от радиатора		$Q_{11}$	$Q_{21}$	$Q_{31}$	$Q_{12}$	$Q_{22}$	$Q_{32}$	$Q_{13}$	$Q_{23}$	$Q_{33}$
	Вт	1440	1080	720	1440	1080	720	1440	1080	720
Пропускная способность термостатических клапанов (ТК) на входе в радиатор (S-2) VT.031		$Kv_{110}$	$Kv_{210}$	$Kv_{310}$	$Kv_{120}$	$Kv_{220}$	$Kv_{320}$	$Kv_{130}$	$Kv_{230}$	$Kv_{330}$
	м3/час	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Показатель степени расходного коэффициента радиаторов	б/р	$d_{11}$	$d_{21}$	$d_{31}$	$d_{12}$	$d_{22}$	$d_{32}$	$d_{13}$	$d_{23}$	$d_{33}$
		1,4431	1,4431	1,4431	1,4431	1,4431	1,4431	1,4431	1,4431	1,4431
Расходный коэффициент гидравлических потерь		$K_{11}$	$K_{21}$	$K_{31}$	$K_{12}$	$K_{22}$	$K_{32}$	$K_{13}$	$K_{23}$	$K_{33}$
	б/р	3875	3875	3875	3875	3875	3875	3875	3875	3875
Тип радиаторов	TENRAD BM 500/80									

1.1.1. Таблица пропускной способности настроечного клапана VT.019 (НК) на выходе из радиаторов

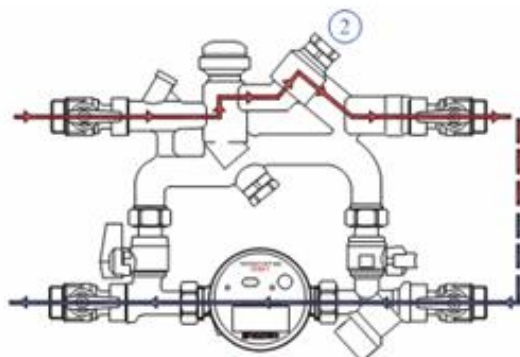
( $K_{vxy}$ , где  $x$  - номер радиатора,  $y$  - номер уровня)

Пропускная способность в м3/час при количестве оборотов от полного закрытия							
1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	полное
0,12	0,21	0,45	0,63	0,8	1,1	1,25	1,4

## 1.2. Отопительный модуль квартирной станции

1.2.1. Таблица пропускной способности балансировочного клапана (2) отопительного контура квартирной станции

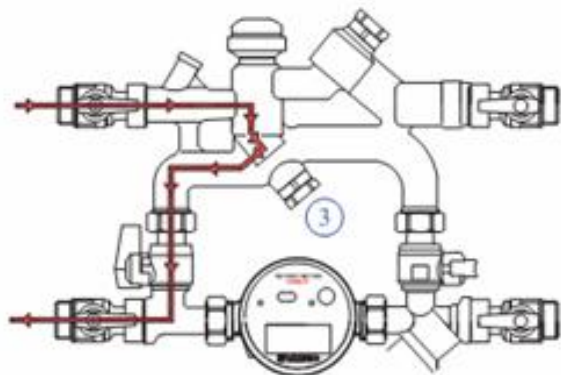
( $K_{vCm2y}$ , где  $y$  - номер уровня)



Позиция клапана		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество оборотов от полного закрытия	<i>n</i>	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	2,5	3,25	4	макс
$K_{vCт2у}$	м3/час	0,39	0,73	0,98	1,22	1,35	1,5	1,68	1,84	1,99	2,08	2,25

1.2.2. Таблица пропускной способности балансировочного клапана (3) байпаса квартирной станции

( $K_{vCт3у}$ , где *у* – номер уровня)



Позиция клапана		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество оборотов от полного закрытия	<i>n</i>	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	2,5	3,25	4	макс
$K_{vCт3у}$	м3/час	0,35	0,71	0,97	1,2	1,32	1,47	1,65	1,81	1,98	2,06	2,25

### 1.3. Трубопроводы по участкам

#### 1.3.1 Стояки и подводки к станциям

Показатель	Обозначение	Ед. изм	Участки							
			1-2	2-3	4-5	2-6	5-7	5-8	1-9	8-10
Тип труб			стальные водогазопроводные							
Внутренний диаметр,	D <sub>вн</sub>	мм	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7
Длина,	L	м	3	4,5	4,5	1	1	3	1	1
Шероховатость,	Кэ	мм	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Количество элементов местных сопротивлений:										
-угольник	$\xi=0,5$	шт		1	1					
-приточный тройник на проход	$\xi=1,5$	шт	1	1						
-приточный тройник на ответвление	$\xi=1,5$	шт				1			1	
-вытяжной тройник на проход	$\xi=0,5$	шт						1		
-вытяжной тройник на ответвление	$\xi=1,5$	шт					1			1

### 1.3.2 Отопительные контуры уровней 1,2,3

<i>Показатель</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Ед. изм</i>	<i>Участки</i>									
			<i>11-12</i>	<i>12-13</i>	<i>13-14 ТК</i>	<i>14-15 Р</i>	<i>15-16 НК</i>	<i>16-17</i>	<i>12-18</i>	<i>18-19</i>	<i>19-20 ТК</i>	<i>20-21 Р</i>
Тип труб			металлополимерные									
Внутренний диаметр	$D_{вн}$	мм	12	12	1/2"	Р	1/2"	12	12	12	1/2"	Р
Длина	L	м	10	0,7				0,2	6	0,7		
Шероховатость	Кэ	мм	0,01	0,01				0,01	0,01	0,01		
Количество элементов местных сопротивлений:												
-угольник	$\xi=0,5$	шт	2									
-приточный тройник на проход	$\xi=1,5$	шт							1			
-приточный тройник на ответвление	$\xi=1,5$	шт		1						1		
-вытяжной тройник на проход	$\xi=0,5$	шт										
-вытяжной тройник на ответвление	$\xi=1,5$	шт						1				

Продолжение таблицы 1.3.2.1.

<i>Показатель</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Ед. изм</i>	<i>Участки</i>								
			<i>21-22 НК</i>	<i>22-23</i>	<i>18-24</i>	<i>24-25 ТК</i>	<i>25-26 Р</i>	<i>26-27 НК</i>	<i>27-23</i>	<i>23-17</i>	<i>17-28</i>
Тип труб			металлополимерные								
Внутренний диаметр	D <sub>вн</sub>	мм	1/2"	12	12	1/2"	Р	1/2"	12	12	12
Длина	L	м		0,2	4,7				4,2	6	10
Шероховатость	Кэ	мм		0,01	0,01				0,01	0,01	0,01
Количество элементов местных сопротивлений:											
-угольник	$\xi=0,5$	шт			1				1		2
-приточный тройник на проход	$\xi=1,5$	шт			1						
-приточный тройник на ответвление	$\xi=1,5$	шт									
-вытяжной тройник на проход	$\xi=0,5$	шт								1	
-вытяжной тройник на ответвление	$\xi=1,5$	шт		1							1

## 1.4. Теплоноситель

<i>Показатель</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Ед.изм.</i>	<i>Значение</i>
Тип			вода
Температура на подаче в радиаторы	T1	°C	88
Плотность на подаче в радиаторы	$\rho_1$	кг/м <sup>3</sup>	967
Кинематическая вязкость на подаче в радиаторы	$\nu_1$	м <sup>2</sup> /с	$0,32 \times 10^{-6}$
Температура на выходе из радиатора	T2	°C	70
Плотность на выходе из радиатора	$\rho_2$	кг/м <sup>3</sup>	978
Кинематическая вязкость на выходе из радиатора	$\nu_2$	м <sup>2</sup> /с	$0,41 \times 10^{-6}$

## 2. РАСЧЕТ

### 2.1. Определение гидравлических потерь по участкам уровней 1,2,3

<i>Показатель</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Расчетная формула</i>	<i>Ед. изм</i>	<i>Участки</i>									
				<i>11-12</i>	<i>12-13</i>	<i>13-14 ТК</i>	<i>14-15 Р</i>	<i>15-16 НК</i>	<i>16-17</i>	<i>12-18</i>	<i>18-19</i>	<i>19-20 ТК</i>	<i>20-21 Р</i>
Тепловая нагрузка	$Q_{n-n}$	$Q_{n-n} = \sum Q_i$	Вт	3240	1440	1440	1440	1440	1440	1800	1080	1080	1080
Расход	$G_m$	$G_m = \frac{Q_{n-n}}{c(T1-T2)}$	кг/с	0,043	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0239	0,0143	0,0143	0,0143
Расход	$G_v$	$G_v = \frac{1000 * G_m}{\rho_i}$	л/с	0,0445	0,0198	0,0198	0,0196	0,0195	0,0195	0,0247	0,0148	0,0148	0,0147
Расход	G	$G = 3,6 * G_v$	м <sup>3</sup> /час	0,1602	0,0713	0,0713	0,0706	0,0702	0,0702	0,0889	0,0533	0,0533	0,0529
Скорость	v	$v = \frac{G_v}{250\pi D_i^2}$	м/с	0,394	0,175				0,173	0,219	0,131		
Динамическое давление	$P_d$	$P_d = \frac{\rho v^2}{2}$	Па	75	15				15	23	8		

Критерий Рейнольдса	Re	$Re = \frac{vD}{\nu}$		14775	6563				5063	8213	4913		
Определитель режимов течения	O	$O = \frac{Re \cdot K_3}{D}$		12	5				4	7	4		
Коэффициент сопротивления для гидравлически гладких труб	$\lambda$	$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$			0,035				0,037	0,033	0,038		
Коэффициент сопротивления для переходного режима	$\lambda$	$\lambda = 0,11 \left( \frac{K_3}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$		0,03									
Потери давления в трубах	$\Delta P$	$\Delta P = \frac{\lambda L P_0}{D}$	Па	1875	31				9	380	18		
Сумма КМС по участкам	$\xi_m$	$\xi_m = \sum \xi_{im}$		1	1,5				1,5	1,5	1,5		
Гидравлические потери на местные сопротивления	$\Delta P_m$	$\Delta P_m = \xi_m P_0$	Па	75	22,5				22,5	34,5	12		
Потери давления в термостатических клапанах	$\Delta P_{тк}$	$\Delta P_{тк} = 10^5 \left( \frac{G}{K_{vmm}} \right)^2$	Па			1281						716	
Потери давления в радиаторах	$\Delta P_p$	$\Delta P_p = K \cdot G_v^d$	Па				13						9



Продолжение таблицы 2.1.

Показатель	Обозначение	Расчетная формула	Ед. изм	Значения по участкам								
				21-22 НК	22-23	18-24	24-25 ТК	25-26 Р	26-27 НК	27-23	23-17	17-28
Тепловая нагрузка	$Q_{n-n}$	$Q_{n-n} = \sum Q_i$	Вт	1080	1080	720	720	720	720	720	1800	3240
Расход	$G_m$	$G_m = \frac{Q_{n-n}}{c(T1 - T2)}$	кг/с	0,0143	0,0143	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0239	0,043
Расход	$G_v$	$G_v = \frac{1000 * G_m}{\rho_i}$	л/с	0,0146	0,0146	0,0099	0,0099	0,0099	0,0098	0,0098	0,0244	0,044
Расход	$G$	$G = 3,6 * G_v$	м3/час	0,053	0,053	0,036	0,036	0,036	0,035	0,035	0,088	0,158
Скорость	$v$	$v = \frac{G_v}{250\pi D^2_i}$	м/с		0,129	0,088				0,087	0,216	0,389
Динамическое давление	$P_d$	$P_d = \frac{\rho v^2}{2}$	Па		8	4				4	23	74
Критерий Рейнольдса	$Re$	$Re = \frac{vD}{\nu}$			3776	3300				2546	6322	11385
Определитель режимов течения	$O$	$O = \frac{Re \cdot K_2}{D}$			3	3				2	5	9
Коэффициент сопротивления для гидравлически гладких труб	$\lambda$	$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$			0,04	0,042				0,045	0,035	0,031
Потери давления в трубах	$\Delta P$	$\Delta P = \frac{\lambda L P_d}{D}$	Па		5	66				63	403	1912
Сумма КМС по участкам	$\xi_m$	$\xi_m = \sum \xi_{im}$			1,5	2				0,5	0,5	2,5

Гидравлические потери на местные сопротивления	$\Delta P_M$	$\Delta P_M = \xi_M P_o$	Па		12	8				2	11,5	185
Потери давления в термостатических клапанах	$\Delta P_{TK}$	$\Delta P_{TK} = 10^5 \left( \frac{G}{K_{vmm}} \right)^2$	Па				327					
Потери давления в радиаторах	$\Delta P_p$	$\Delta P_p = K \cdot G_v^d$	Па					5				

## 2.2. Определение расчетного циркуляционного кольца и значений настройки НК

<i>Показатель</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Расчетная формула</i>	<i>Ед. изм</i>	
Потери давления в кольце 12-17 через радиатор 1 без учета потерь в НК	$\Delta P_{1-}$	$\Delta P_{1-} = \Sigma \Delta P_i + \Sigma \Delta P_{mi} + \Delta P_{TK} + \Delta P_p$	Па	1379
Потери давления в кольце 12-17 через радиатор 2 без учета потерь в НК	$\Delta P_{2-}$	$\Delta P_{2-} = \Sigma \Delta P_i + \Sigma \Delta P_{mi} + \Delta P_{TK} + \Delta P_p$	Па	1601
Потери давления в кольце 12-17 через радиатор 3 без учета потерь в НК	$\Delta P_{3-}$	$\Delta P_{3-} = \Sigma \Delta P_i + \Sigma \Delta P_{mi} + \Delta P_{TK} + \Delta P_p$	Па	1298
Потери давления в НК радиатора 2 при настройке МАХ	$\Delta P_{2НК}$	$\Delta P_{2НК} = 10^5 \left( \frac{G}{K_v} \right)^2$	Па	55
Полные потери в кольце 12-17	$\Delta P_2$	$\Delta P_2 = \Delta P_{2-} + \Delta P_{НК}$	Па	1656
Полные потери в кольце 11-28 (расчетном)	$\Delta P_{11-28}$	$\Delta P_{11-28} = \Delta P_2 + \Sigma \Delta P_i$	Па	<b>5703</b>
Невязка давлений для клапана радиатора 1	$\Delta P_{1НК}$	$\Delta P_{1НК} = \Delta P_{2-} - \Delta P_{1-}$	Па	277
Требуемая пропускная способность КН радиатора 1	$K_{v1НК}$	$K_{v1НК} = \frac{G_1}{\sqrt{10^{-5} \Delta P_{1НК}}}$	м3/час	1,33
Настроечное значение клапана КН1		Таблица 1.1.1.	обороты	<b>4,3</b>
Невязка давлений для клапана радиатора 3	$\Delta P_{3НК}$	$\Delta P_{3НК} = \Delta P_{3-} - \Delta P_{1-}$	Па	358



Потери давления в трубах	$\Delta P$	$\Delta P = \frac{\lambda L P_0}{D}$	Па	780	298	287	772	66	64	66	64
Сумма КМС по участкам	$\xi_m$	$\xi_m = \sum \xi_{im}$		1,5	2	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Гидравлические потери на местные сопротивления	$\Delta P_m$	$\Delta P_m = \xi_m P_0$	Па	153	52	12,5	50,5	39	37,5	39	37,5

#### 2.4. Определение настроек клапанов станций

<i>Показатель</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Расчетная формула</i>	<i>Ед. изм</i>	
Потери давления в кольце 1-8 через станцию уровня 1 без учета потерь в станции	$\Delta P_{c1-}$	$\Delta P_{c1-} = \Delta P_{11-28} + \sum P_i + \sum P_{mi}$	Па	5910
Потери давления в кольце 1-8 через станцию уровня 2 без учета потерь в станции	$\Delta P_{c2-}$	$\Delta P_{c2-} = \Delta P_{11-28} + \sum P_i + \sum P_{mi}$	Па	7665
Потери давления в кольце 1-8 через станцию уровня 3 без учета потерь в станции	$\Delta P_{c3-}$	$\Delta P_{c3-} = \Delta P_{11-28} + \sum P_i + \sum P_{mi}$	Па	8108
Потери давления в станции уровня 3 (расчетного) при настройке клапана 2 - МАХ	$\Delta P_{cr3}$	$\Delta P_{cm3} = 10^5 \left( \frac{G}{K_v} \right)^2$	Па	507
Полные потери в кольце 1-8 через станцию уровня 3 (расчетном)	$\Delta P_{c3}$	$\Delta P_{c3} = \Delta P_{c3-} + \Delta P_{cr3}$	Па	<b>8615</b>
Невязка давлений для станции уровня 1	$\Delta P_{1cr}$	$\Delta P_{1cr} = \Delta P_{c3-} - \Delta P_{c1-}$	Па	2705
Требуемая пропускная способность станции уровня 1	$K_{v1cr}$	$K_{v1cm} = \frac{G_1}{\sqrt{10^{-5} \Delta P_{1cm}}}$	м3/час	0,97
Настроечное значение клапана 2 станции уровня 1		Таблица 1.2.1.	обороты	<b>0,74</b>
Невязка давлений для станции уровня 2	$\Delta P_{2cr}$	$\Delta P_{2cr} = \Delta P_{c3-} - \Delta P_{c2-}$	Па	950
Требуемая пропускная способность станции уровня 2	$K_{v2cr}$	$K_{v2cm} = \frac{G_2}{\sqrt{10^{-5} \Delta P_{2cm}}}$	м3/час	1,64

Настроечное значение клапана 2 станции уровня 2		Таблица 1.2.1.	обороты	1,89
Требуемый перепад давлений на клапане 3 станции уровня 1	$\Delta P_{1кл3}$	$\Delta P_{1кл3} = \Delta P_{11-28} + \Delta P_{1ст}$	Па	8408
Требуемая пропускная способность клапана 3 станции уровня 1	$K_{v1кл3}$	$K_{v1кл3} = \frac{G_1}{\sqrt{10^{-5} \Delta P_{1кл3}}}$	м3/час	0,55
Настроечное значение клапана 3 станции уровня 1		Таблица 1.2.2.	обороты	0,39
Требуемый перепад давлений на клапане 3 станции уровня 2	$\Delta P_{2кл3}$	$\Delta P_{2кл3} = \Delta P_{11-28} + \Delta P_{2ст}$	Па	6653
Требуемая пропускная способность клапана 3 станции уровня 2	$K_{v2кл3}$	$K_{v2кл3} = \frac{G_2}{\sqrt{10^{-5} \Delta P_{2кл3}}}$	м3/час	0,62
Настроечное значение клапана 3 станции уровня 1		Таблица 1.2.2.	обороты	0,44
Требуемый перепад давлений на клапане 3 станции уровня 3	$\Delta P_{3кл3}$	$\Delta P_{3кл3} = \Delta P_{11-28} + \Delta P_{3ст}$	Па	6210
Требуемая пропускная способность клапана 3 станции уровня 3	$K_{v2кл3}$	$K_{v2кл3} = \frac{G_2}{\sqrt{10^{-5} \Delta P_{2кл3}}}$	м3/час	0,64
Настроечное значение клапана 3 станции уровня 3		Таблица 1.2.2.	обороты	0,45

2.5. При использовании станций с перепускным клапаном, достаточная настройка клапана станции следующая:

- станция уровня 1 -  $\Delta P_{1кл3} = 8408 \text{ Па} = 8,4 \text{ КПа}$ ;
- станция уровня 2 -  $\Delta P_{2кл3} = 6653 \text{ Па} = 6,6 \text{ КПа}$ ;
- станция уровня 3 -  $\Delta P_{3кл3} = 6210 = 6,2 \text{ КПа}$ .

Так как перепускной клапан имеет пределы настройки 20÷60КПа, все клапаны должны быть настроены на перепад 20 КПа. В дальнейшем планируется оснастить станции перепускным клапаном с пределами настройки 5÷20 КПа.