

ВВЕДЕНИЕ.....	9
РАЗДЕЛ 1 ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ.....	10
1 Расчет тепловых нагрузок.....	10
1.1 Расчет расхода тепла на отопление и вентиляцию.....	10
1.2 Расчет расхода тепла на горячее водопотребление.....	12
1.3 График тепловой нагрузки.....	15
1.3.1 График потребления тепла по месяцам.....	15
1.3.2 График часовой тепловой нагрузки.....	18
1.3.3 График годового потребления тепла по периодам.....	20
2 График регулирования.....	21
3 Определения расходов сетевой воды.....	25
4 Гидравлический расчет трубопровода.....	27
4.1 Расчет сопротивления трубопровода.....	27
4.2 Анализ пьезометрического графика	32
4.3 Тепловой пункт.....	33
5 Тепловой расчет изоляции.....	34
6 Подбор сетевого насоса.....	39
РАЗДЕЛ 2 РАСЧЕТ КОТЛА.....	41
1 Общие данные о котле.....	41
2 Топливо.....	44
3 Объем избытка воздуха.....	46
4 Энтальпия продуктов сгорания и воздуха.....	48
5 Тепловой баланс котла.....	52
6 Тепловой расчет топки и радиационных поверхностей нагрева.....	55
6.1 Расход топлива на один котел.....	55
6.2 Геометрические размеры топки.....	55
6.3 Расчет теплообмена в топке.....	56
6.4 Расчет радиационной поверхности нагрева (экрана)	57
7 Расчет конвективных поверхностей нагрева.....	59
8 Расчет тягодутьевой установки.....	63
8.1 Высота трубы для обеспечения искусственной тяги.....	63
8.2 Расчет и выбор дымососа.....	65
8.3 Расчет и подбор дутьевого вентилятора.....	66
9 Схема движения воды.....	67
10 Топливное хозяйство.....	68
РАЗДЕЛ 3 ЭКОЛОГИЯ.....	70
1 Введение.....	70
2 Расчет вредных выбросов.....	71
2.1 Расчет выбросов оксидов азота.....	71
2.2 Расчет выбросов оксида углерода.....	71
3 Расчет предельно-допустимых выбросов вредных веществ из дымовой трубы и их рассеивания	72

3.1 Расчет рассеивания выбросов из трубы.....	72
3.2 Определение предельно-допустимой концентрации.....	77
РАЗДЕЛ 4 ЭКОНОМИКА	78
1 Расчет себестоимости единицы продукции.....	78
2 Расчет экономических показателей.....	80
3 Расчет экономического эффекта и срока окупаемости.....	82
РАЗДЕЛ 5 БЕЗОПАСНОСТЬ.....	83
1 Требование к персоналу.....	83
2 Обязанности машиниста (оператора).....	87
3 Обслуживание оборудования.....	88
3.1 Требования к оборудованию.....	88
3.2 Техника безопасности для газоопасных работ.....	88
3.3 Техника безопасности при проведение работ внутри газохода.....	90
3.4 Техника безопасности при обслуживании арматуру.....	91
3.5 Техника безопасности при обслуживании электрооборудования.....	91
3.6 Техника безопасности при обслуживании тепловых сетей.....	92
3.7 Техника безопасности при обслуживании вращающихся механизмов (насосов, вентиляторов и др.).....	94
4 Количество мест и численность работающих.....	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Для Кемеровского филиала ООО «Сибур-Геотекстиль» ОАО «СИБУР Холдинг» выпускающего геосинтетические материалы (нетканые геотекстили и геосетка) получено задание по разработке проекта использования в качестве источника тепла котельной работающей на природном газе, так как газ дешевле, обладает меньшими вредными выбросами и значительно дешевле в подготовке к сжиганию (по сравнению с углем) с целью повышения эффективности комбинированной отопительной системы для промышленных и складских помещений большой площади.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Федосов Э.В.			Введение	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Абрамов И.Л.						
Руководит.		Абрамов И.Л.				КузГТУ ТЭмз-161		
Зав.Каведр.		Богомоллов А.Р						
Утверд.								

ГЛАВА 1

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

1 РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК

1.1 Расчет расхода тепла на отопление и вентиляцию

Расчет тепловых нагрузок выполняется для определения суммарных расходов на отопление, вентиляцию, ГВС и для построения по ним графика потребления тепла по месяцам, графика часовой тепловой нагрузки и графика годового потребления тепла по периодам года.

Рассчитаем максимальные расходы по каждому объекту используя формулы:

- на отопление

$$Q_{i\text{от}}^{\max} = \alpha V_i q_{i\text{от}} (t_{\text{вн}}^p - t_{\text{от}}^p) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (1.1)$$

- на вентиляцию

$$Q_{i\text{вен}}^{\max} = \alpha V_i q_{i\text{вен}} (t_{\text{вн}}^p - t_{\text{от}}^p) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (1.2)$$

где α – поправочный коэффициент, учитывающий отклонение расчетной наружной температуры от табличной среднерасчетной (-30) °С; V_i – объем зданий по наружному периметру, м^3 ; $q_{i\text{от}}$, $q_{i\text{вен}}$ – тепловые характеристики соответственно на отопление и вентиляцию здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С})$ [1]; $t_{\text{вн}}^p$ – расчетная температура внутри здания, °С [2]; $t_{\text{от}}^p$ – температура наружного воздуха для расчета отопления и вентиляции в регионе. Для г. Кемерово $t_{\text{от}}^p = (-39)$ °С [3].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Федосов Э.В.			Теплоснабжение		
Провер.		Абрамов И.Л.					
Руководит.		Абрамов И.Л.					
Зав.Кафедр.		Богомолов А.Р.					
Утверд.							
					Лит.	Лист	Листов
						10	31
					КузГТУ ТЭмз-161		

Средние расходы тепла в системе теплоснабжения на отопление $\left(Q_{om \frac{c}{m}}^{cp}\right)$ и вентиляцию $\left(Q_{вен \frac{c}{m}}^{cp}\right)$ определяются как:

$$Q_{om \frac{c}{m}}^{cp} = Q_{om \frac{c}{m}}^{max} \frac{t_{вн} - t_{om}^{cp}}{t_{вн} - t_{om}^p}, \text{ кВт} \quad (1.3)$$

$$Q_{вен \frac{c}{m}}^{cp} = Q_{вен \frac{c}{m}}^{max} \frac{t_{вн} - t_{om}^{cp}}{t_{вн} - t_n^p}, \text{ кВт} \quad (1.4)$$

где $t_{вн}$ – температура воздуха внутри помещения. В производственных помещениях; t_{om}^{cp} – средняя температура наружного воздуха в отопительном периоде в расчетном регионе. Для г. Кемерово $t_{om}^{cp} = (-8,2)^\circ\text{C}$ [3]; t_{om}^p – наружная температура воздуха для расчета отопления. Для г. Кемерово $t_n^p = -39^\circ\text{C}$ [3].

В качестве примера рассчитаем максимальные расходы тепла на отопление и вентиляцию по формулам (1.1) и (1.2), а так же средние расходы тепла на отопление и вентиляцию в системе теплоснабжения используя формулы (1.3) и (1.4) для АБК:

- максимальный расход теплота на отопление:

$$Q_{i \text{ om}}^{max} = 0,9 \cdot 169,19 \cdot 0,41 \cdot (18 - (-39)) = 3560 \text{ кВт},$$

- максимальный расход тепла на вентиляцию:

$$Q_{i \text{ вен}}^{max} = 0,9 \cdot 169,19 \cdot 0,09 \cdot (18 - (-39)) = 780 \text{ кВт},$$

- средний расход тепла на отопление:

$$Q_{om \frac{c}{m}}^{cp} = 3560 \cdot \frac{18 - (-8,2)}{18 - (-39)} = 1636 \text{ кВт},$$

- средний расход тепла на вентиляцию:

$$Q_{вен \frac{c}{m}}^{cp} = 780 \cdot \frac{18 - (-8,2)}{18 - (-39)} = 360 \text{ кВт}.$$

Результаты расчетов тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию сведены в табл. 1.1

Таблица 1.1 – Расход тепла на отопление и вентиляцию

						Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

№ п/п	Объект	Численность работающих, чел.	Строительный объём, тыс. м³(V)	t внутри помещ., °С	Q		Q ^{max}		Q ^{cp}	
					Вт/(м³·°С)		МВт		МВт	
					отопления	вентиляции	Отопление	Вентиляция	Отопление	Вентиляция
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	АБК	60	169,19	18	0,41	0,05	3,56	0,78	1,63	0,36
2	КПП	4	0,35	18	0,66	-	0,01	-	0,005	-
3	Склад	4	2,84	16	0,81	-	0,11	-	0,050	-
4	КНС	2	0,43	16	0,69	-	0,01	-	0,006	-
5	Усреднитель	2	2,92	16	0,58	-	0,08	-	0,040	-
ИТОГО:		72	175,73				3,78	0,78	1,73	0,36

Таким образом максимальный суммарный расход тепла на вентиляцию и отопление составляют:

$$\sum Q_{от}^{max} = 3,78 \text{ МВт}, \sum Q_{вен}^{max} = 0,78 \text{ МВт}.$$

Суммарный средний расход тепла на вентиляцию и отопление составляют:

$$\sum Q_{от \text{ с/м}}^{cp} = 1,73 \text{ МВт}, \sum Q_{вен \text{ с/м}}^{cp} = 0,36 \text{ МВт}.$$

1.2 Расчет расхода тепла на горячее водопотребление

Определим средненедельный расход тепла на горячее водопотребление в отопительный период используя формулу:

-средненедельный расход (кВт):

$$Q_{i_{28}}^{с.н.о.} = \frac{1,2 \cdot m \cdot a \cdot c_p \cdot (t_{28} - t_x^{om})}{T \cdot 3600} n, \quad (1.5)$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий потери тепла в стояках; m – число однотипных потребителей воды; a – норма расхода горячей воды на одного

						Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

потребителя, л/сут[1]; c_p - средняя массовая изобарная теплоемкость воды ($c_p = 4,19$ кДж/(кг·°C); t_{zg} – температура горячей воды, принимается (+ 60 °C); t_x^{om} – температура холодной воды в системе водоснабжения в отопительный период, принимается (+ 5 °C); n – количество смен на предприятии; T – фактическое время потребление в часах.

Общий средненедельный расход тепла на горячее водопотребление в отопительный период в системе теплоснабжения $\left(Q_{zg, \frac{c}{m}}^{c.h.o}\right)$ рассчитывается как сумма расходов тепла на горячее водопотребление по каждому объекту.

$$Q_{zg, \frac{c}{m}}^{c.h.o} = \sum Q_{i, zg}^{c.h.o}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (1.6)$$

Средненедельный расход тепла на горячее водопотребление в летний период в системе теплоснабжения рассчитывается с помощью формулы:

$$Q_{zg, \frac{c}{m}}^{c.h.l} = Q_{zg, \frac{c}{m}}^{c.h.o} \frac{t_{zg} - t_x^l}{t_{zg} - t_x^{om}} \beta_l, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (1.7)$$

где t_{zg} - температура горячей воды. $t_{zg} = (+60)^\circ\text{C}$; t_x^l - температура холодной воды в системе водоснабжения в летний период, $t_x^l = (+15)^\circ\text{C}$; t_x^{om} - температура холодной воды в системе водоснабжения в отопительный период, $t_x^{om} = (+5)^\circ\text{C}$; β_l – коэффициент, учитывающий снижение среднего расхода воды в летний период, $\beta_l = 0,8$.

В проектных расчетах расход тепла на горячее водопотребление на социально-бытовые нужды в отопительный период ведется по максимально-часовому расходу ($Q_{zg, \frac{c}{m}}^{max}$) который равен:

$$Q_{zg, \frac{c}{m}}^{max} = k Q_{zg, \frac{c}{m}}^{c.h.o}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (1.8)$$

где k – коэффициент суточной неравномерности потребления горячей воды, для промышленных предприятий $k=1,0$ [4].

Рассчитаем количество однотипных ненормируемых потребителей горячей воды (м):-душевых сеток в мойке из расчета общей численности работающих, N_{rab} которые будут посещать душ, числа рабочих смен в сутки n_{cm} и одновременно моющихся под душевой сеткой $n_{\frac{м}{сет}} = 5 \div 10$ чел/сет.

$$n_{\text{сет}} = \frac{N_{\text{раб}}}{n_{\text{см}} \cdot n_{\text{сет}}}, \text{ сет} \quad (1.9)$$

$$n_{\text{сет}} = \frac{72}{1 \cdot 6} = 12 \text{ сетки.}$$

Из расчета видно, что при количестве моющихся человек равным 6 число сеток, следовательно принимаем количество сеток $n_{\text{сет}} = 12$.

Примеры расчета средненедельного расхода тепла на горячее водопотребление в отопительный период по формулам (1.5):

- АБК:

$$Q_{i \text{ зв}}^{\text{с.н.о.}} = \frac{1,2 \cdot 60 \cdot 7 \cdot 4,19 \cdot (60 - 5)}{8 \cdot 3600} \cdot 1 = 4,03 \text{ кВт};$$

- Душевая:

Для душевой формула принимает вид:

$$Q_{i \text{ зв}}^{\text{с.н.о.}} = \frac{m \cdot a \cdot c_p \cdot (t_{\text{зв}} - t_{\text{х}}^{\text{ом}})}{T \cdot 3600} n = \frac{12 \cdot 375 \cdot 4,19 \cdot (60 - 5)}{0,75 \cdot 3600} \cdot 1 = 460,9 \text{ кВт.}$$

Таким образом общий средненедельный расход тепла на горячее водопотребление в отопительный период составляет:

$$Q_{\text{зв}}^{\text{с.н.о.}} = \sum Q_{i \text{ зв}}^{\text{с.н.о.}} = 951,03 \text{ кВт или } Q_{\text{зв}}^{\text{с.н.о.}} = 0,951 \text{ МВт.}$$

Средненедельный расход тепла на горячее водопотребление в летний период в системе теплоснабжения определим зная общий средненедельный расход тепла на горячее водопотребление в отопительный период по формуле (1.7):

$$Q_{\text{зв}}^{\text{с.н.л}} = 951,03 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot 0,8 = 622,49 \text{ кВт или } Q_{\text{зв}}^{\text{с.н.л}} = 0,623 \text{ МВт.}$$

Определим максимально часовой расход тепла на горячее водопотребление в отопительный период по формуле (1.8):

$$Q_{\text{з.в}}^{\text{max}} = 951,03 \cdot 1 = 951,03 \text{ кВт или } Q_{\text{з.в}}^{\text{max}} = 0,951 \text{ МВт.}$$

Результаты расчета тепловых нагрузок на горячее водопотребление сведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2. - Расчет расхода тепла на горячее водопотребление

						Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

№ п/п	Объект	Вид потребления	Ед. изм.	m	a, л/сут	T, час.	n	Тепл. мощн. кВт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	АБК	сан.гиг.	чел	60	7	8	1	4,03
	КПП	сан.гиг.	чел	4	7	8	1	0,26
3	Склад	сан.гиг.	чел	4	7	8	1	0,26
4	КНС	сан.гиг.	чел	2	7	8	1	0,13
5	Усреднитель	сан.гиг.	чел	2	7	8	1	0,13
6	Душевые	мытье	сетка	12	375	0,75	1	460,9
7	Уборка	сан.гиг.	м²	50541	1	8	1	485,29
Итого								951,03

1.3 Графики тепловой нагрузки

Для организации расчетных работ всего теплового хозяйства предприятия необходимо рассчитать значение и характер тепловой нагрузки. Другими словами необходимо иметь графики потребления тепла во времени.

1.3.1 График потребления тепла по месяцам

График потребления тепла по месяцам строится по среднемесячной температуре. При этом рассчитываются тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию по формуле:

$$Q_i^{cp} = Q_i^{max} \cdot \frac{t_{ивн} - t_{ин}}{t_{ивн} - t_{ин}^p}, \text{ МВт} \quad (1.10)$$

где Q_i^{cp}, Q_i^{max} – соответственно средние и максимальные нагрузки на отопление и вентиляцию МВт; $t_{ивн}$ – внутренняя температура воздуха внутри помещения, °С; $t_{ин}$ – среднемесячная температура наружного воздуха табл. 1.3[3], °С; $t_{ин}^p$ – расчетная температура наружного воздуха, °С.

Расчетная нагрузка на горячее водопотребление во всем диапазоне расчетных температур будет уменьшаться в интервале от $Q_{звс}^{от} - Q_{звс}^л$.

Суммарная среднемесячная нагрузка определяется как сумма:

$$\sum Q = Q_{от}^{cp} + Q_{вент}^{cp} + Q_{гвс}^{cp} \quad (1.11)$$

где $Q_{от}^{cp}$ – среднемесячная нагрузка на отопление, МВт; $Q_{вент}^{cp}$ - среднемесячная нагрузка на вентиляцию, МВт; $Q_{гвс}^{cp}$ - среднемесячная нагрузка на горячее водопотребление, МВт.

Таблица 1.3 Средняя температура по месяцам за отопительный период

Месяц	Январь	Фев.	Март	Апрель	Май	Сен.	Окт.	Ноябрь	Декабрь
$t_{ин}, ^\circ\text{C}$	-17,9	-15,8	-8,1	1,8	10,6	9,5	1,9	-7,8	-15,2

Результаты расчетов тепловых нагрузок сведены в табл. 1.4

Таблица 1.4 Среднемесячный расход тепла

Месяц	$Q_{от}^{cp}$, МВт	$Q_{вент}^{cp}$, МВт	$Q_{гвс}^{cp}$, МВт	$\sum Q$, МВт
Январь	2,367	0,491	0,951	3,81

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Февраль	2,215	0,460	0,951	3,626
Март	1,719	0,357	0,951	3,027
Апрель	1,064	0,222	0,951	2,237
Май	0,482	0,101	0,951	1,535
Июнь	0	0	0,623	0,623
Июль	0	0	0,623	0,623
Август	0	0	0,623	0,623
Сентябрь	0,555	0,116	0,951	1,622
Октябрь	1,058	0,220	0,951	2,229
Ноябрь	1,699	0,353	0,951	3,003
Декабрь	2,189	0,454	0,951	3,594

Рассчитаем среднемесячный расход тепла на отопление и вентиляцию для января при температуре $t_{in} = -17,9$ °C по формулам (1.10) и (1.11):

- на отопление:

$$Q_{om}^{cp} = 3,78 \cdot \frac{18 - (-17,9)}{18 - (-39)} = 2,367 \text{ МВт};$$

- на вентиляцию:

$$Q_i^{cp} = 0,78 \cdot \frac{18 - (-17,9)}{18 - (-39)} = 0,491 \text{ МВт}.$$

Тогда суммарная среднемесячная нагрузка будет составлять:

$$\sum Q = 2,09 + 3 + 1,93 = 7,03 \text{ МВт}.$$

График потребления по месяцам построенный по данным табл. 1.4 расположен на 1 листе А1 графической части.

1.3.2 График часовой тепловой нагрузки

График часового потребления тепла строится в зависимости от температуры наружного воздуха и длительности их в отопительный период. Для построения графика составляется табл. 1.5, в которую из климатологических таблиц вносят температуры наружного воздуха в отопительный период и их длительности стояния для расчетного региона (г. Кемерово) [4].

Таблица 1.5 Длительность стояния температур для г. Кемерово

$t_n, ^\circ\text{C}$	-39	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Z, ч	15	90	207	494	926	1584	2467	3352	4237	5055	5568

Тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию рассчитываются по формуле:

$$Q_i = Q_i^{\max} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ин}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{ин}}^p}, \text{ МВт} \quad (1.12)$$

где $Q_i, Q_i^{\max}$ – соответственно нагрузка в зависимости от наружной температуры и максимальные нагрузки на отопление и вентиляцию МВт; $t_{\text{вн}}$ – внутренняя температура воздуха внутри помещения, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{ин}}$ – температура наружного воздуха табл. 1.5[3], $^\circ\text{C}$; $t_{\text{ин}}^p$ – расчетная температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$.

Суммарная нагрузка определяется как сумма:

$$\sum Q = Q_{\text{от}} + Q_{\text{вент}} + Q_{\text{гвс}} \quad (1.13)$$

где $Q_{\text{от}}$ – среднемесячная нагрузка на отопление, МВт; $Q_{\text{вент}}$ – среднемесячная нагрузка на вентиляцию, МВт; $Q_{\text{гвс}}$ – среднемесячная нагрузка на горячее водопотребление, МВт.

Результаты расчетов тепловых нагрузок в зависимости от температуры наружного воздуха сведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6 Тепловые нагрузки в зависимости от температур наружного воздуха

Вид					Тепловая нагрузка, МВт, при температуре ($^\circ\text{C}$)					
										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Потребле- ния	-39	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Отопления	3,78	3,49 8	3,16 8	2,83 7	2,50 6	2,17 6	1,84 5	1,51 4	1,18 4	0,85 3	0,654
Вентиляция	0,780	0,72 5	0,65 7	0,58 8	0,52 0	0,45 2	0,38 3	0,31 5	0,24 6	0,17 8	0,137
ГВС	0,951	0,95 1	0,95 1	0,95 1	0,95 1	0,95 1	0,95 1	0,95 1	0,95 1	0,95 1	0,951
Σ	5,511	5,17 5	4,77 6	4,37 6	3,97 7	3,57 8	3,17 9	2,78 0	2,38 1	1,98 2	1,742

Рассчитаем расход теплота отопление и вентиляцию для наружной температуры $t_{in} = -39^\circ\text{C}$ по формуле (1.13):

- на отопление:

$$Q_{от} = 3,78 \cdot \frac{18 - (-39)}{18 - (-39)} = 3,78 \text{ МВт};$$

- на вентиляцию:

$$Q_{вент} = 0,78 \cdot \frac{18 - (-39)}{18 - (-39)} = 3,23 \text{ МВт}.$$

Тогда суммарная тепловая нагрузка при $t_{in} = -39^\circ\text{C}$ будет составлять:

$$\Sigma Q = 3,78 + 0,78 + 0,951 = 5,511 \text{ МВт}.$$

График часовой тепловой нагрузки построенный по данным табл. 1.5 и табл. 1.6 расположен на 1 листе А1 графической части.

При построении на графике прямоугольников $okln$ и $obcd$ было определено, что длительности использования расчетной тепловой нагрузки за отопительный период составило 3136,4 ч, а средний расход тепла в отопительный период $Q_{от}^{cp} = 3,09 \text{ МВт}$.

1.3.3 График годового потребления тепла по периодам года

											Лист
											20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

График годового потребления тепла строится по данным табл. 1.7 и по продолжительности расчетных периодов $N_{пер.}$

Для г. Кемерово периоды составят [4]:

- N_{max} – 17 сут;
- $N_{среднеотопительный}$ – 215 сут;
- $N_{летний}$ – 133 сут.

Таблица 1.7 Суммарные расходы тепла предприятием

Нагрузка	Теплоноситель	Расход тепла по режимам, МВт		
		Максимальный	Среднеотопительный	Летний
Отопление	Вода	3,78	1,73	-
Вентиляция	Вода	0,78	0,36	-
ГВС	Вода	0,951	0,951	0,652
Итого		5,511	3,041	0,652

График годового потребления тепла построенный по данным табл. 1.7 с учетом количества суток в каждом периоде расположен на 1 листе А1 графической части.

По данному графику подбирают тип и количество котлоагрегатов для котельной.

2 ГРАФИК РЕГУЛИРОВАНИЯ

Исходя из условий эксплуатации котлов и тепловых сетей предприятия, принимаем температурный график работы котельной и тепловых сетей 95 - 70 °С.

В качестве присоединения абонентов к тепловой сети принимает закрытую зависимую схему присоединения абонентов, для упрощения регулирования температуры в зданиях, а в системе ГВС будет вода питьевого качества, поступающая в дом по водопроводной магистрали.

Рассчитаем отношение максимальной нагрузки на горячее водоснабжение к максимальной отопительной нагрузке

$$x = \frac{Q_{ГВС}}{Q_{от}} \quad (2.1)$$

где $Q_{гвс}$ - максимальная нагрузки на горячее водоснабжение; $Q_{от}$ - максимальная отопительная нагрузка.

$$x = \frac{0,951}{4,56} = 0,21 \quad (2.2)$$

Так как соотношение максимальной нагрузки на горячее водоснабжение к максимальной отопительной нагрузке получилось больше 0,2 (7), мы принимаем центральное качественное регулирование с присоединением абонентов по двухступенчатой последовательной схеме, обеспечивающее стабильный гидравлический режим тепловых сетей, при котором при постоянном количестве циркулирующего теплоносителя в сетях меняется его температура в зависимости от температуры наружного воздуха по температурному графику.

Температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах в зависимости от температуры наружного воздуха, °С:

$$\tau_1 = t_i + \Delta t \left(\frac{t_i - t_n}{t_i - t_o} \right)^{0,8} + (\Delta \tau - 0,5 \theta) \frac{t_i - t_n}{t_i - t_o}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.3)$$

$$\tau_2 = t_i + \Delta t \left(\frac{t_i - t_n}{t_i - t_o} \right)^{0,8} - 0,5 \theta \frac{t_i - t_n}{t_i - t_o}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.4)$$

						Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_o}{2} - t_n, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.5)$$

где t_o - температура наружного воздуха для расчета отопления и вентиляции в регионе. Для г. Кемерово $t_{om}^p = (-39) \text{ }^{\circ}\text{C}$ [3]; τ_3 - температура воды в подающем трубопроводе системы отопления после элеватора при t_o , $\tau_3 = 95^{\circ}\text{C}$; t_n - произвольно выбранная температура наружного воздуха, для которой определяем температур воды в подающем и обратном трубопроводах, $^{\circ}\text{C}$; τ_o температура воды в обратном трубопроводе системы отопления при t_o , $\tau_o = 70^{\circ}\text{C}$; t'_n - температура воды в обратном трубопроводе при наружной температуре t'_n , $^{\circ}\text{C}$; $\Delta \tau = \tau_n - \tau_o$ - расчётный перепад температур в тепловой сети, где τ_n, τ_o - температуры воды в подающем и обратном трубопроводах, $\Delta \tau = 95 - 70 = 25^{\circ}\text{C}$, t_1 - температура воды поступивший в отопительный прибор, $^{\circ}\text{C}$; Δt - температурный напор отопительного прибора, $^{\circ}\text{C}$; θ - расчётный перепад температур воды в местной системе отопления $\theta = \tau_3 - \tau_o$, $^{\circ}\text{C}$.

Пример Расчета по формулам (4.2), (4.3) и (4.4) для $t_n = -39$:

$$\tau_1 = 18 + 64,5 \left(\frac{18 - (-39)}{18 - (-39)} \right)^{0,8} + ((95 - 70) - 0,5(95 - 70)) \frac{18 - (-39)}{18 - (-39)} = 95^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 64,5 \left(\frac{18 - (-39)}{18 - (-39)} \right)^{0,8} - (-0,5(95 - 70)) \frac{18 - (-39)}{18 - (-39)} = 70^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5^{\circ}\text{C}$$

Результаты расчетов сводим в табл. 2.1.

2.1 Температуры теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе.

t_n	-39	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	8
τ_1	95	90,48	84,74	78,91	72,97	66,89	60,67	54,25	47,60	40,62	36,22
τ_2	70	67,23	63,69	60,05	56,30	52,42	48,38	44,16	39,70	34,92	31,83

По расчетным температурам построили отопительный график, по которому определяем температуру горячей воды, отпускаемой в систему

теплоснабжения. При температуре наружного воздуха в диапазоне от +8 °С до -18 °С температура в подающем трубопроводе сетевой воды постоянна и равна 70 °С (т.к. принимаем закрытую систему теплоснабжения), а при понижении температуры наружного воздуха в диапазоне от -18 °С до -39 °С температура в подающем трубопроводе сетевой воды возрастает от 70 °С до 95 °С, что показывает линия изгиба на графике.

Расчет балансной нагрузки на горячее водоснабжение:

$$Q_{звс}^{\delta} = \chi \cdot Q_{звс}, \text{ МВт} \quad (2.6)$$

$$Q_{звс}^{\delta} = 1,2 \cdot 0,951 = 1,141 \text{ МВт}$$

где χ - балансовый коэффициент, учитывающий неравномерность расхода теплоты на горячее водоснабжения в течение суток, для закрытых систем теплоснабжения $\chi = 1,2$ [5]

Суммарный перепад температур в сетевой воды в подогревателях верхней и нижней ступени:

$$\delta = \frac{Q_{звс}^{\delta}}{Q_{от}} (\tau_1 - \tau_2), \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.7)$$

$$\delta = \frac{1,141}{4,56} (95 - 70) = 6,26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура нагреваемой воды после первой ступени:

$$t' = \tau_2' - t_{нз}^3, \text{ }^{\circ}\text{C}$$

где τ_2' - температура теплоносителя в обратном трубопроводе в месте изгиба графика °С; $t_{нз}^3$ – недогрев водопроводной воды до температуры греющей воды в подогревателе нижней ступени.

Принимая недогрев водопроводной воды до температуры греющей воды в подогревателе нижней ступени равным 10 °С получаем:

$$t' = 54,4 - 10 = 44,40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Определяем перепад температур сетевой воды в нижней ступени подогревателя

при t_n'

$$\delta_2' = \delta \frac{t' - t_c}{t_h - t_c} \quad (2.8)$$

						Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

при t_o

$$\delta_2 = \delta_2' \frac{\tau_2 - t_c}{\tau_2' - t_c} \quad (2.9)$$

где t_h - температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения, °С; t_c – температура водопроводной воды в отопительный период, °С.

$$\delta_2' = 6,25 \frac{44,4 - 5}{60 - 5} = 4,48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\delta_2 = 4,48 \frac{70 - 5}{54,4 - 5} = 5,89 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Определяем температуру сетевой вода в обратной магистрали для повышенного температурного графика:

при t_o

$$\tau_{2n} = \tau_2 - \delta_2, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.10)$$

при t_n'

$$\tau_{2n}' = \tau_2' - \delta_2', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.11)$$

$$\tau_{2n} = 70 - 5,89 = 64,10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tau_{2n}' = 54,4 - 4,48 = 49,91 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Определяем перепад температур сетевой воды в верхней (второй) ступени подогревателя:

$$\delta_1 = \delta - \delta_2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.12)$$

$$\delta_1' = \delta' - \delta_2' \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.13)$$

$$\delta_1 = 6,25 - 5,89 = 0,36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\delta_1' = 6,25 - 4,48 = 1,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Определяем температуру сетевой воды в подающей магистрали тепловой сети для повышенного температурного графика:

$$\tau_{1n} = \tau_1 + \delta_1, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.14)$$

$$\tau_{1n}' = \tau_1' + \delta_1', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.15)$$

$$\tau_{1n} = 95 + 0,36 = 95,36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tau_{1n}' = 70 + 1,77 = 71,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

Для того чтобы приступить к гидравлическому расчету тепловых сетей требуется рассчитать расходы сетевой воды у каждого потребителя.

В зависимости от вида потребления расход сетевой воды определяется по формуле:

- на отопление

$$G_{i\text{от}}^{\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{i\text{от}}^{\max} \cdot 10^3}{c_p \cdot \Delta t_{\text{от}}}, \frac{m}{ч}; \quad (3.1)$$

- на вентиляцию

$$G_{i\text{вен}}^{\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{i\text{вен}}^{\max} \cdot 10^3}{c_p \cdot \Delta t_{\text{вен}}}, \frac{m}{ч}; \quad (3.2)$$

- на горячее водоснабжение

$$G_{i\text{гв}}^{\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{i\text{гв}}^{\max} \cdot 10^3}{c_p \cdot (\tau_1 - \tau_2)} \cdot \left(\frac{60 - t'}{60 - t_c} + 0,2 \right) \cdot K, \frac{m}{ч}; \quad (3.3)$$

где $\Delta t_{\text{от}}$, $\Delta t_{\text{вен}}$ – разность температур сетевой воды в подающем t_1 и обратном t_2 трубопроводах, °С.

K – коэффициент, учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение, при отсутствии баков аккумуляторов $K = 1,2$.

τ_1 и τ_2 – температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе в месте изгиба графика, t' – Температура нагреваемой воды после первой ступени.

Для расчетов принимаем температурный график 95 – 70 °С.

При этом графике перепады температур:

- в системе отопления $\Delta t_{\text{от}} = 95 - 70 = 25$ °С

- в системе вентиляции $\Delta t_{\text{вен}} = 95 - 70 = 25$ °С

- в системе горячего водопотребления $\tau_1 - \tau_2 = 70 - 54,4 = 15,6$

Рассмотрим расчет расходов сетевой воды на примере АБК (1.15), (1.16) и (1.17):

						Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- на отопление

$$G_{i\text{от}}^{\max} = \frac{3,6 \cdot 3560 \cdot 10^3}{4190 \cdot 25} = 122,35 \frac{m}{ч};$$

- на вентиляцию

$$G_{i\text{вен}}^{\max} = \frac{3,6 \cdot 780 \cdot 10^3}{4190 \cdot 25} = 26,81 \frac{m}{ч};$$

- на горячее водоснабжение

$$G_{i\text{гв}}^{\max} = \frac{3,6 \cdot 929 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 54,4)} \cdot \left(\frac{60 - 44,4}{60 - 5} + 0,2 \right) \cdot 1,2 = 29,698, \frac{m}{ч}$$

Суммарный расход тогда составит:

$$\sum G = G_{i\text{от}}^{\max} + G_{i\text{вен}}^{\max} + G_{i\text{гв}}^{\max} = 122,35 + 26,81 + 29,698 = 178,85 \text{ м/ч}$$

Результаты расчета расхода сетевой воды сводится в табл. 3.1.

3.1 Результаты расчетов расхода теплоносителя

№ п/п	Потребители	Отопление		Вентиляция		Горячее водопотребление		Общий расход сетевой воды,
		$\Delta t = 25^\circ\text{C}$		$\Delta t = 25^\circ\text{C}$		$\Delta t = 15,6^\circ\text{C}$		т/ч
		Qотопл.	Gотопл.	Qвент.	Gвент.	Qг.в.	Gг.в.	
		МВт	т/ч	МВт	т/ч	МВт	т/ч	
1	СБК	3,56	122,348	0,78	26,81	0,929	29,698	178,85
2	КПП	0,01	0,344	-	-	0,001	0,111	0,45
3	СКЛАД	0,11	3,780	-	-	0,009	0,735	4,52
4	КНС	0,01	0,334	-	-	0,002	0,013	0,36
5	УСРЕД	0,08	2,749	-	-	0,010	0,013	2,99
ИТОГО		3,39	116,16		26,81		30,80	187,17

4 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДА

4.1 Расчет сопротивления трубопровода

Для расчета используем таблицы для гидравлического расчета трубопроводов представленные в справочнике проектировщика тепловых сетей с некоторым уточнение по параметрам теплоносителя, а именно для расчета принята температура 95°C при которой удельный вес воды, а также кинематическая вязкость будут отличаться и составят $\gamma = 961,92 \text{ кгс/м}^3$, $\nu = 3,01 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек} = 2,953 \text{ кгс} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$.

Поэтому табличные данные следует пересчитать на действительные по формулам [6]:

$$\Delta p' = \Delta p \cdot \frac{\gamma}{\gamma'}, \text{ кгс} / \text{м}^2 \cdot \text{м}, \quad (4.1)$$

$$v' = v \cdot \frac{\gamma}{\gamma'}, \text{ м} / \text{сек} \quad (4.2)$$

где Δp и v табличные значения скорости и удельных потерь давления на трения соответственно $\text{кгс} / \text{м}^2 \cdot \text{м}$, $\text{м} / \text{сек}$, $\frac{\gamma}{\gamma'}$ - отношение табличного удельного веса к расчетному удельному весу воды.

Рассчитаем число Рейнольдса для выбранного участка трубопровода [6]:

$$\Re = \frac{v' \cdot D_e}{\nu} \quad (4.3)$$

где D_e - внутренний диаметр трубопровода, м.

Предельное значение числа Рейнольдса, характеризующее границу переходной области и области квадратичного закона, определяется по формуле:

$$\text{Re}_{np} = 560 \cdot \frac{D_e}{k_s}, \quad (4.4)$$

где k_s — эквивалентная шероховатость труб, м.

При сравнении числа Рейнольдса для участка с предельным можно определить в какой области находится движение до квадратичной или квадратичной при $\Re < \text{Re}_{np}$ течение жидкости характеризуется законами действующими в до квадратичной области, при $\Re > \text{Re}_{np}$ течение жидкости характеризуется законами действующими в квадратичной области.

Как показывают исследования стальных труб при малых числах Re коэффициент гидравлического трения λ имеет максимальное значение. С увеличением числа Re коэффициент гидравлического трения монотонно уменьшается и при некотором значении Re_{np} практически достигает минимального значения. При дальнейшем увеличении числа Re коэффициент гидравлического трения остается постоянным.[7].

Если движение жидкости характеризуется квадратичными законами, то выполняется уточнение следующих параметров по формулам:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,14 \cdot 2 \cdot \lg \left(\frac{D_6}{k_3}\right)\right)^2}, \quad (4.5)$$

$$\Delta p = 0,00638 \cdot \lambda \cdot \frac{G^2}{D_6^5 \gamma}, \quad (4.6)$$

$$v = 0,354 \frac{G}{\gamma \cdot D_6^2}, \quad (4.7)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления трения, γ – удельный вес воды кгс/м³.

Потери давления на участке трубопровода определяются по формуле:

$$P = \Delta p \cdot l_{np}, \text{ кгс/м}^2, \quad (4.8)$$

где l_{np} – приведенная длина, м.

Приведенная длина участка определяется:

$$l_{np} = l_{уч} + l_3, \text{ м}, \quad (4.9)$$

где $l_{уч}$ – длина участка, м, l_3 – эквивалентная длина местного сопротивления, м.

Расчет сварных соединений при изменении диаметров выполнялся по формулам:

$$n = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad (4.10)$$

где n – коэффициент степени сжатия потока, ω_1 – площадь входного сечения, м², ω_2 – площадь выходного сечения, м².

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n}, \quad (4.11)$$

Коэффициент сопротивления для сходящихся переходных конусов (конфузоров) зависит от угла конусности и соотношения диаметров и определяется по формуле:

$$\xi = K \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2, \quad (4.12)$$

где K – коэффициент смягчения при постепенном сужении, зависящий от угла конусности α , для нашего случая принимаем $\alpha = 40$, и $K = 0,2$ [8].

Тогда с учетом коэффициента сопротивления полученного в формуле (2.13) Потери давления составят:

$$P_n = \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \cdot \xi \quad (4.13)$$

Рассмотрим пример расчета для участка С-1:

Расход сетевой воды для участка составляет $G = 4,52$, длина участка составляет $l_{уч} = 3,36$ м.

По таблице определяем следующие параметры:

$$D_g = 0,05 \text{ м}, \Delta p = 17,1 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}, v = 0,68 \text{ м/с}.$$

Выполним пересчет с учетом удельного веса воды $\gamma = 961,92 \text{ кгс/м}^3$:

$$\Delta p' = 17,1 \cdot \frac{958,4}{961,92} = 17,04 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м},$$

$$v' = 0,68 \cdot \frac{958,4}{961,92} = 0,677 \text{ м/с},$$

Рассчитаем предельное число Рейнольдса, и расчетное число Рейнольдса:

$$\Re = \frac{0,677 \cdot 0,05}{3,01 \cdot 10^{-7}} = 112580$$

$$\Re_{np} = 560 \cdot \frac{0,05}{0,0005} = 56000$$

В данном случае $\Re > \Re_{np}$, поэтому выполняем пересчет по формулам

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,14 \cdot 2 \cdot \lg \left(\frac{0,05}{0,0005} \right) \right)^2} = 0,038,$$

$$\Delta p = 0,00638 \cdot 0,038 \cdot \frac{4,52^2}{0,05^5 \cdot 961,92} = 16,42$$

$$v = 0,354 \frac{4,52}{961,92 \cdot 0,05^2} = 0,67,$$

На данном участке устанавливаем 1 задвижку и сварной переход. Эквивалентная длина в таком случае будет составлять 0,65 м, тогда приведенная длина

$$l_{пр} = l_{уч} + l_{з} = 3,36 + 0,65 = 4,01 \text{ м}$$

Рассчитаем сварное соединение:

$$n = \frac{\pi \cdot 0,05^2}{\pi \cdot 0,069^2} = 0,53$$

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - 0,53} = 0,64,$$

$$\xi = 0,2 \cdot \left(\frac{1}{0,64} - 1 \right)^2 = 0,061$$

$$P_n = \frac{0,65^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 961,92 \cdot 0,061 \cdot 9,8 = 12,33$$

Определим полные потери давления на участке:

$$P = 4,01 \cdot 160,9 + 12,33 = 657,54 \text{ Па}$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.2

Таблица 2.2. Таблица расчетов сопротивления трубопровода.

	участка	расход, т/ч	длина, м							
										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

			Диаметр мм	Р				Па	м
П-1	0,45	7,07	32x2,5	0,23	46,39	0,23	7,30	340,47	0,03
С-1	4,52	3,36	57x3,5	0,67	160,9	0,65	4,01	657,54	0,07
1-2	4,97	44,13	76x3,5	0,38	34,96	11,1	55,2	1930,84	0,19
2'-2	4,97	307,04	76x3,5	0,38	34,96	26,65	333,69	11671,10	1,17
2'-3	183,82	12,03	273x7	1,01	43,69	7,73	19,76	863,31	0,09
Н-3	0,36	28,78	32x2,5	0,18	29,01	0	28,78	836,19	0,08
3-4	184,18	25,17	273x7	1,01	43,86	14,43	39,60	1736,86	0,17
У-4	2,99	28,78	57x3,5	0,44	70,41	2	30,78	2182,76	0,22
К-4	187,17	52,57	273x7	1,03	45,3	32,43	85,00	3850,50	0,39

4.2 Анализ пьезометрического графика

На листе 2 А1 представлен пьезометрический график для двухтрубной тепловой сети. Отметим, что давление в подающем трубопроводе достаточно и гарантирует в нём не вскипание воды. Давление в обратном трубопроводе

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

обеспечивает залив водой верхних линий и приборов местных систем отопления. Давление в обратной магистрали во избежание образования вакуума лежит в пределах не ниже 0,05 - 0,1 МПа (5 - 10 м вод.ст.). Давление (напор) в любой точке обратной магистрали не превышает допустимого рабочего давления в местных системах, для новых систем отопления со стальными радиаторами рабочее давление 0,8 МПа (80 м вод. ст.), для систем с чугунными радиаторами 0,5 - 0,6 МПа (50-60 м вод. ст.). Давление на всасывающей стороне сетевого насоса выше минимального допустимого 0,05 МПа (5 м вод. ст.).

Такова общая характеристика гидравлического режима рассматриваемой тепловой сети.

Условия работы систем отопления для абонентов.

Располагаемый напор достаточен для работы элеватора. Однако настоящее время эти системы не применяются, их можно встретить только на объектах старой постройки, поэтому регулирование температуры подаваемой воды будем осуществлять смесительным насосом. Линии пьезометрического напора обратной магистрали при статическом и динамическом режиме выше здания на 5 метров, но не превышают рабочего напора в 30 м. Системе отопления при всех режимах не грозит ни «оголение» ни «раздавливание».

4.3 Тепловой пункт

Для расчета теплового пункта используем программу «Dan-fosHeatPlatform» с помощью которой мы рассчитали тепловой пункт.

Исходными данными для расчета Теплового пункта для одно-этажного КНС здания являлись Мощность системы ГВС 10 кВт, Мощность системы Отопления 80 кВт, Температура ГВС 60 – 5 °С , Температура Системы отопления 95 – 70 °С, и потери давления в подающем и обратном трубопроводе 55,95 м. вод. ст. и 32,66 м. вод. ст.

Построив схему и задав исходные данные в результате расчета мы получили рабочую схему теплового пункта и спецификацию оборудования установленного в тепловом пункте.

						Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ. РАСЧЕТ ИЗОЛЯЦИИ.

В качестве теплоизоляционного материала трубопровода принимаем пенополиуретан с плотностью 70 кг/м^3 :

$$\lambda_{из} = 0,037 \cdot 0,00015 \cdot t_{нов}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)} \quad (5.1)$$

где $t_{нов}$ - температура

поверхности трубопровода, для подающего трубопровода при переменной температуре сетевой воды и качественном регулировании принимаем равным 65, для обратных трубопроводов водяных тепловых сетей 50 °C; [9].

Для подающего: $\lambda_{из} = 0,037 \cdot 0,00015 \cdot 65 = 0,04675$.

Для обратного: $\lambda_{из} = 0,037 \cdot 0,00015 \cdot 50 = 0,0445$.

Проверяем эффективность изоляции для трубопровода диаметром 76мм, определяем критический диаметр $d_{кр}$, м:

$$d_{кр} = \frac{2 \cdot \lambda_{из}}{\alpha_n} < d_{тр}, [4] \quad (5.2)$$

Для подающего на открытом воздухе: $d_{кр} = \frac{2 \cdot 0,04675}{23,52} = 0,004 < 0,076$.

Для обратного на открытом воздухе: $d_{кр} = \frac{2 \cdot 0,0445}{23,52} = 0,0038 < 0,076$.

Для подающего в помещении: $d_{кр} = \frac{2 \cdot 0,04675}{12,64} = 0,0074 < 0,076$.

Для обратного в помещении: $d_{кр} = \frac{2 \cdot 0,0445}{11,86} = 0,0075 < 0,076$.

где $\lambda_{из}$ - коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/(м · °C); $d_{тр}$ - диаметр неизолированного трубопровода; α_n - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции в окружающую среду [10], Вт/(м² · °C).

Для объектов на открытом воздухе

$$\alpha_n = 11,6 + 7 \cdot \sqrt{W}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}; \quad (5.3)$$

Для подающего и обратного $\alpha_n = 11,6 + 7 \cdot \sqrt{2,9} = 23,52$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

В закрытых помещениях с температурой на поверхности изоляции $t_{нов} \leq 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\alpha_n = 10,3 + 0,052 \cdot (t_{нов} - t_o), \text{Bm}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}); \quad (5.4)$$

Для подающего $\alpha_n = 10,3 + 0,052 \cdot (65 - 20) = 12,64$

Для обратного $\alpha_n = 10,3 + 0,052 \cdot (50 - 20) = 11,86$

где t_o - температура окружающей среды, для поверхностей расположенных в помещении 20 [9], для трубопроводов тепловых сетей работающих круглогодично и расположенных на открытом воздухе – среднюю за год, для Кемерово 0,8, $^{\circ}\text{C}$; [3] W- скорость движения воздуха, для города Кемерово 2,9 [3], м/с;

Термическое сопротивление покрывного слоя невелико по сравнению с термическим сопротивлением изоляции, поэтому термическим сопротивлением покрывного слоя можно пренебречь и считать изоляцию однослойной [9].

Для однослойной цилиндрической поверхности диаметром менее 2 м используется формула:

$$\ln B = 2 \pi \lambda_{из} \left[\frac{K(t_{нов} - t_o)}{q_L^H} - R_H^L \right] \quad (5.5)$$

где K – коэффициент дополнительных тепловых потерь, для трубопроводов с диаметром до 150 мм K = 1,2, свыше 150 мм K = 1,15; $q_L^H = q_L \cdot K$ - нормированная линейная плотность теплового потока (на 1 м длины цилиндрического объекта), Вт/м. Следует учитывать изменение стоимости теплоты в зависимости от района строительства и способа прокладки, для Западной Сибири при прокладки трубопровода на открытом воздухе коэффициент K = 0,98 [9]. R_H^L - линейное термическое сопротивление теплоотдаче наружной изоляции, $\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Bm}$ [9].

Затем определяют требуемую толщину изоляции:

$$\delta_{из} = \frac{d_n^{cm} (B - 1)}{2}, \text{ м} \quad (5.6)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

где d_n^{cm} - наружный диаметр стенки изолируемого объекта, м; $B = e^{2\pi\lambda_{из}\left[\frac{K(t_{нов}-t_o)}{q_L^H}-R_H^L\right]}$;

Определяем реальную линейную плотность теплового потока через цилиндрическую теплоизоляционную конструкцию:

$$q_L^i = \frac{\pi(t_{нов} - t_o)}{\frac{1}{\alpha_n(d_n^{cm} + 2\delta_{из})} + \frac{1}{2\lambda_{из}} \ln \frac{d_n^{cm} + 2\delta_{из}}{d_n^{cm}}}, \text{ Вт / м} \quad (5.7)$$

При выполнении условия $q_L^i - q_L^H \leq 0$, вычисления заканчиваются, а найденная величина $\delta_{из}$ является искомой, обеспечивающей заданную величину тепловых потерь. Если условие не выполняется, то требуемая толщина изоляции может быть методом последовательных приближений с увеличением толщины изоляции с шагом 0,001 м [9].

В качестве примера рассмотрим расчет трубопровода диаметром 76 мм:
Для подающего на открытом воздухе:

$$\ln B = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,04675 \cdot \left[\frac{1,2 \cdot (65 - 0,8)}{20,433} - 0,080 \right] = 1,084$$

$$\delta_{из} = \frac{0,076 \cdot (2,955 - 1)}{2} = 0,074$$

$$q_L^i = \frac{3,14 \cdot (65 - 0,8)}{\frac{1}{23,52 \cdot (0,076 + 2 \cdot 0,074)} + \frac{1}{2 \cdot 0,04675} \ln \frac{0,076 + 2 \cdot 0,074}{0,076}} = 17,115$$

$$q_L^i - q_L^H \leq 0$$

Для обратного на открытом воздухе:

$$\ln B = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0445 \cdot \left[\frac{1,2 \cdot (50 - 0,8)}{16,395} - 0,080 \right] = 0,984$$

$$\delta_{из} = \frac{0,076 \cdot (2,675 - 1)}{2} = 0,064$$

$$q_L^i = \frac{3,14 \cdot (50 - 0,8)}{\frac{1}{23,52 \cdot (0,076 + 2 \cdot 0,064)} + \frac{1}{2 \cdot 0,0445} \ln \frac{0,076 + 2 \cdot 0,064}{0,076}} = 13,712$$

					Лист
					36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$q_L^i - q_L^H \leq 0$$

Для подающего в помещении:

$$\ln B = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,04675 \cdot \left[\frac{1,2 \cdot (65 - 20)}{16,809} - 0,198 \right] = 0,885$$

$$\delta_{из} = \frac{0,076 \cdot (2,423 - 1)}{2} = 0,054$$

$$q_L^i = \frac{3,14 \cdot (65 - 20)}{\frac{1}{12,64 \cdot (0,076 + 2 \cdot 0,054)} + \frac{1}{2 \cdot 0,04675} \ln \frac{0,076 + 2 \cdot 0,054}{0,076}} = 14,280$$

$$q_L^i - q_L^H \leq 0$$

Для обратного в помещении:

$$\ln B = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0445 \cdot \left[\frac{1,2 \cdot (50 - 20)}{12,479} - 0,198 \right] = 0,751$$

$$\delta_{из} = \frac{0,076 \cdot (2,119 - 1)}{2} = 0,043$$

$$q_L^i = \frac{3,14 \cdot (50 - 20)}{\frac{1}{11,86 \cdot (0,076 + 2 \cdot 0,043)} + \frac{1}{2 \cdot 0,0445} \ln \frac{0,076 + 2 \cdot 0,043}{0,076}} = 10,513$$

$$q_L^i - q_L^H \leq 0$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 3.1

3.1 Расчет тепловой изоляции трубопровода

$d_{mp}, м$	$\alpha_H, Вт/$ ($м^2 \cdot ^\circ C$)	$\ln B$	K	q_L^H	R_H^L	$\delta_{из}$	q_L^i
1	2	3	4	5	6	7	8
Подающий трубопровод на открытом воздухе							
0,032	23,521	1,562	1,200	14,158	0,120	0,060	11,866
0,057	23,521	1,211	1,200	18,297	0,087	0,067	15,307
0,076	23,521	1,084	1,200	20,433	0,080	0,074	17,115
0,273	23,521	0,983	1,150	21,854	0,03	0,228	19,068
Обратный трубопровод на открытом воздухе							
0,032	23,521	1,435	1,200	11,235	0,120	0,051	9,397
0,057	23,521	1,103	1,200	14,635	0,087	0,057	12,221
0,076	23,521	0,984	1,200	16,395	0,080	0,064	13,712
0,273	23,521	0,945	1,150	15,582	0,03	0,215	14,464
Подающий трубопровод в помещении							
0,076	12,640	0,875	2,423	16,810	0,198	0,054	14,280
0,273	12,640	0,405	1,385	35,311	0,085	0,068	31,205
Обратный трубопровод в помещении							
0,076	11,860	0,751	2,119	12,479	0,198	0,043	10,513
0,273	11,860	0,336	1,305	26,832	0,085	0,054	23,602

В тепловом расчете определена толщина изоляционного слоя для различных диаметров трубопровода. Выбранный материал изоляции – пенополиуретан – обладает низким коэффициентом теплопроводности, что повышает эффективность использования тепловых сетей, снижая тем самым тепловые потери.

6 ПОДБОР СЕТЕВОГО НАСОСА

Из пьезометрического графика напор сетевого насоса составляет

$H_{с.н.} = 70,3$ м, общий расход – $G_{с.н.} = 187,14$ т/ч (табл. 3.1).

Из[11] по напору и расходу принимаем к установке 2 сетевых насоса типа 1Д200-90а, один из которых является резервным.

Насос типа 1Д200-90а - центробежный одноступенчатый насос с рабочим колесом двустороннего входа. Насос типа 1Д200-90а предназначен для перекачивания воды и сходных с ней по вязкости 36 сСт и химической активности жидкостей, с температурой до + 95 °С, содержащих твердые включения до 0,05% по массе, размером до 0,2 мм. Насос типа 1Д200-90а обладает хорошей всасывающей способностью, высоким КПД, и применяется на насосных станциях городского, промышленного и сельского водоснабжения, а также для орошения и осушения полей. Материал проточной части насоса типа 1Д200-90а, как и все насосное оборудование данного типа, выполнен из чугуна. Уплотнение вала насоса типа 1Д200-90а - сальниковое. Гидравлический затвор сальника обеспечивается посредством подвода жидкости к кольцу сальника по специальным трубопроводам из напорной полости насоса. Электродвигатель в стандартной комплектации насоса мощностью 60 кВт.

[11]

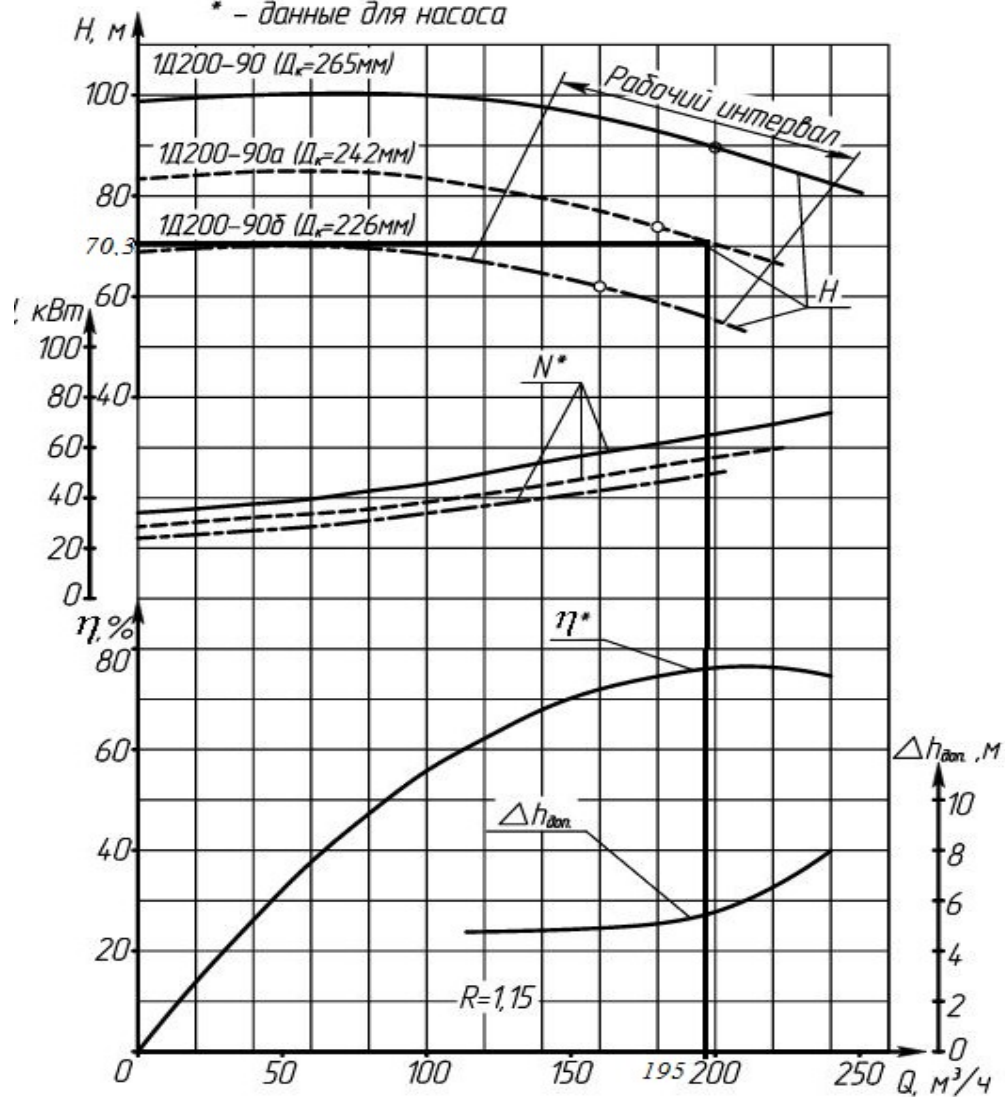
						Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Характеристика насоса (агрегата) 1Д200-90

Частота вращения $48,3 \text{ с}^{-1}$ (2900 об/мин)

Жидкость-вода плотностью 1000 кг/м^3

* - данные для насоса



Рабочий режим насоса определен по техническим характеристикам
рис.6.1

Техническая характеристика сетевой насоса типа 1Д200-90а.

Подача - 195 м³/час

Напор – 70,3 м

$\eta = 0,75$

$N = 50 \text{ кВт}$

Размер агрегата – 530x805x190 мм

Вес агрегата - 715 кг