

ЛЕКЦИЯ №18

18. РАСЧЁТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

Потери тепловой энергии $Q_{тп}$, Гкал, состоят из:

- потерь тепла с утечками воды из сети Q_y , Гкал;
- потерь тепла через изолированную поверхность подающей и обратной линий трубопроводов при транспортировке теплоносителя $Q_{пн}$ и $Q_{он}$, Гкал;
- потерь тепла на собственные нужды котельной $Q_{сн}$,

$$Q_{тп} = Q_y + Q_{пн} + Q_{он} + Q_{сн}, \text{ Гкал.} \quad (18.1)$$

18.1. РАСЧЁТ ПОТЕРЬ ТЕПЛА С УТЕЧКАМИ ИЗ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

18.1.1. Материальный баланс расхода теплоносителя в тепловой сети

Для того чтобы определить размер потерь тепла с утечками из тепловой сети необходимо произвести расчёт по заполнению и подпитке систем теплоснабжения и горячего водоснабжения водой

$$V = V_c + V_o + V_v + V_g, \text{ м}^3, \quad (18.2)$$

где V_c – объём воды на заполнение присоединённых тепловых сетей, м^3 ;

V_o – объём воды на заполнение систем отопления зданий, присоединённых к котельной, м^3 ;

V_v – объём воды на заполнение систем вентиляции зданий, присоединённых к котельной, м^3 ;

V_g – объём воды на заполнение систем горячего водоснабжения зданий, присоединённых к котельной

$$V_c = \sum_{i=1}^n V_i \cdot L_{тсi}, \text{ м}^3, \quad (18.3)$$

где n – количество участков тепловой сети i -го диаметра;

V_i – удельный объём воды в трубопроводе i -го диаметра, $\text{м}^3/\text{км}$;

$L_{тсi}$ – протяжённость участка трубопровода i -го диаметра, км.

$$V_o = 30 \cdot \frac{Q_{от}}{24 \cdot Z_{от}}, \text{ м}^3, \quad (18.4)$$

где $Q_{от}$ – расход тепла на отопление, Гкал;

$Z_{от}$ – продолжительность отопительного периода, сут;

$30 \text{ м}^3/\text{Гкал}/\text{час}$ – удельный объём воды на наполнение систем отопления.

$$V_{\text{в}} = 30 \cdot \frac{Q_{\text{в}}}{n \cdot n_{\text{сут}}}, \quad \text{м}^3, \quad (18.5)$$

где $Q_{\text{в}}$ - расход тепла на вентиляцию, Гкал;

n – усреднённое число часов работы системы вентиляции в течении суток;

$n_{\text{сут}}$ – число суток работы системы вентиляции;

$30 \text{ м}^3/\text{Гкал}/\text{час}$ – удельный объём воды на наполнение системы вентиляции.

Объём воды на наполнение местных систем горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения определяют из расчёта $6 \text{ м}^3/\text{Гкал}/\text{час}$ среднечасовой расчётной нагрузки горячего водоснабжения.

18.1.2. Расход воды на подпитку системы теплоснабжения

Расход воды на подпитку системы теплоснабжения и горячего водоснабжения, определяется по формуле:

$$V_n = V_{\text{птс}} + V_{\text{пг}}, \quad \text{м}^3/\text{час}, \quad (18.6)$$

где $V_{\text{птс}}$ - объём воды на подпитку системы теплоснабжения, $\text{м}^3/\text{час}$;

$V_{\text{пг}}$ – объём воды на подпитку системы горячего водоснабжения, $\text{м}^3/\text{час}$.

$$V_{\text{птс}} = 0,0025 \cdot (V_c + V_o + V_{\text{в}}), \quad \text{м}^3/\text{час}, \quad (18.7)$$

$$V_{\text{пг}} = 0,0025 \cdot V_{\text{г}}, \quad \text{м}^3/\text{час}, \quad (18.8)$$

где $0,0025$ – норма утечки, $1/\text{час}$.

18.1.3. Нормируемые потери тепла с утечками из тепловой сети

Нормируемые потери тепла с утечками из тепловой сети определяются по формуле:

$$Q_y = V_n \cdot C_{\text{в}} \cdot \rho \cdot \left(\frac{t_n + t_o}{2} - t_{\text{хв}} \right) \cdot 24 \cdot Z_o \cdot 10^{-6}, \quad \text{ккал}/\text{час}, \quad (18.9)$$

где V_n - расход воды на подпитку систем теплоснабжения и горячего водоснабжения, м^3 ;

$C_{\text{в}}$ - удельная теплоёмкость горячей воды, $\text{ккал}/\text{кг}$;

ρ - плотность воды, кг/м³;

$(t_{\text{п}} + t_{\text{o}})/2$ – средняя температура теплоносителя подающего и обратного трубопроводов на планируемый период, °С;

$t_{\text{хв}}$ – усреднённая температура холодной (водопроводной) воды, принимаемая в расчётах + 5 °С.

18.2. Расчёт потерь тепла через изолированную поверхность подающей и обратной линий трубопроводов при транспорте теплоносителя

Количество тепловой энергии, теряемой при транспорте теплоносителя от теплоисточника (котельной, ТЭЦ, ТЭС и т. п.) до потребителя, определяют по формулам:

- для надземной прокладки

$$Q_{\text{пн}}^{\text{над}} + Q_{\text{он}}^{\text{над}} = \beta \cdot \left(\sum_{i=1}^n q_{\text{ни}} \cdot l_{\text{ни}} + \sum_{i=1}^n q_{\text{ои}} \cdot l_{\text{ои}} \right) \cdot Z \cdot 10^{-6}, \quad \text{Гкал} \quad (18.10)$$

где β - коэффициент, учитывающий потери тепла опорами, арматурой, компенсаторами (принимается 1,20 – в тоннелях и каналах, 1,25 – при надземной прокладке, 1,15 – при бесканальной прокладке);

n - количество участков тепловой сети;

$q_{\text{ни}}$ и $q_{\text{ои}}$ – нормы плотности теплового потока через изолированные поверхности трубопроводов, ккал/(м час), принимаемые по табл. 18.1;

$l_{\text{ни}}$ и $l_{\text{ои}}$ – протяжённость i – х участков трубопроводов, соответственно, подающей и обратной линий, м;

Z – продолжительность работы тепловых сетей за рассматриваемый период, час.

При значениях температуры окружающей среды за планируемый период отличных от среднегодовых, принятых при расчёте норм плотности теплового потока, перерасчёт производится по формулам:

- для участков подающей линии надземной прокладки

$$q_{\text{ни}} = q_{\text{ни}i} \cdot \frac{(t_n^{\text{ср}} - t_{\text{нв}}^{\text{ср}})}{(t_n^{\text{ср}i} - 5)}, \quad \text{ккал/(м час)}. \quad (18.11)$$

- для участков обратной линии надземной прокладки, ккал/(м час)

$$q_{oi} = q_{noi} \cdot \frac{(t_o^{cp} - t_{нв}^{cp})}{(t_o^{cpi} - 5)}, \text{ ккал/(м час)}, \quad (18.12)$$

где q_{ni} и q_{oi} – суммарные нормы плотности теплового потока для конкретных значений температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах и температуры наружного воздуха, усреднённых за планируемый период, ккал/(м час);

$q_{ни}$ и $q_{ноі}$ – нормы теплового потока, принимаемые по табл. 18.1 и 18.2, для подающего и обратного трубопроводов при среднегодовых значениях температур теплоносителя и наружного воздуха, принятых при расчёте норм, ккал/(м час);

t_n^{cp} и t_o^{cp} – среднегодовая температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, °С;

$t_{нв}^{cp}$ – среднегодовая температура наружного воздуха, принимаемая энерго-снабжающей организацией (по СНиП 23-01-99 или данным гидрометеостанции), °С;

t_n^{cpi} и t_o^{cpi} – среднегодовая температура теплоносителя в i м участке подающего и обратного трубопровода, °С.

- для подземной прокладки

$$Q_{ни}^{nod} + Q_{он}^{nod} = \beta \cdot \left(\sum_{i=1}^n q_i \cdot l_i \right) \cdot Z \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал}, \quad (18.13)$$

где q_i – суммарная норма плотности теплового потока через изолированную поверхность подающего и обратного трубопроводов, принимаемые по табл. 18.3 и 18.4, ккал/(м час);

l_i – протяжённость i –х участков трубопроводов подающей и обратной линии в однострубно́м исчислении, м.

При значениях средних температур грунта и теплоносителя за планируемый период, отличных от среднегодовых, принятых при расчёте норм плотности теплового потока, перерасчёт производят по формуле:

- для участков двухтрубной прокладки подземных трубопроводов

$$q_i = q_{ni}^{cpi} \cdot \frac{t_n^{cp} + t_o^{cp} - 2t_{zp}^{cpi}}{t_n^{cpi} + t_o^{cpi} - 10}, \text{ ккал/(м час)}, \quad (18.14)$$

где q_{ni}^{cpi} – суммарная норма плотности теплового потока через изолированную поверхность подающего и обратного трубопроводов для среднегодовых

значений температур грунта и теплоносителя, принятых при расчёте норм, принимаемая по данным табл. 18.3 и 18.4, ккал/(м час);

t_n^{cp} и t_o^{cp} – среднегодовая температура теплоносителя подающего и обратного трубопроводов стандартных значений норм плотности теплового потока, принимаемая по данным табл. 18.3 и 18.4, °С;

t_n^{cpi} и t_o^{cpi} – среднегодовая температура теплоносителя в i – участке подающего и обратного трубопроводов, принимаемая по данным энергоснабжающей организации и температурному графику, °С; $t_{гр}^{cp}$ – среднегодовая температура грунта, принимаемая в расчётах + 6,8 °С.

Таблица 18. 1

Нормы плотности теплового потока для надземных теплопроводов

Условный проход трубопровода, мм	Нормы плотности теплового потока для теплопроводов, расположенных на открытом воздухе, ккал/(м час), при средней температуре теплоносителя, °С					
	t = 50 °С	t = 65 °С	t = 75 °С	t = 100 °С	t = 125 °С	t = 150 °С
1	2	3	4	5	6	7
48	17	20	23	28	36	44
57	19	24	26	33	41	49
76	21	26	29	37	47	56
89	24	29	33	41	51	61
108	26	32	36	46	57	67
133	30	36	41	51	63	74
159	33	40	45	57	70	82
219	40	49	55	70	85	99
273	46	56	63	79	95	110
325	53	64	71	88	105	122
377	59	71	79	98	117	135
426	65	77	86	106	127	147
478	70	84	98	115	136	156
529	76	90	100	124	147	170
630	88	104	115	141	167	192
720	98	115	127	156	184	211

Примечания:

1. в табл.18.1 нормы плотности теплового потока определены при средней расчётной температуре окружающей среды за период работы 5 °С;
2. промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Потери тепла трубопроводами в помещениях определяют по формуле 18.10. Нормы плотности теплового потока для трубопроводов, расположенных в помещениях, принимают по данным табл. 18.2.

Потери тепла с поверхности тепловой изоляции паропроводов и конденсаторов определяют аналогично потерям водяными тепловыми сетями в соответствии с нормами плотности теплового потока для паропроводов и конденсаторов, приведенных в СНиП 2.04.14-88*.

Для новых тепловых сетей, спроектированных и построенных в соответствии со СНиП 2.04.14-88*, нормы плотности теплового потока должны приниматься по этим СНиП.

Таблица 18.2

Нормы плотности теплового потока для трубопроводов, расположенных внутри помещений

Условный проход трубопровода, мм	Нормы плотности теплового потока для теплопроводов, расположенных внутри помещений, ккал/(м•час), при средней температуре теплоносителя, °С				
	t = 50 °С	t = 75 °С	t = 100 °С	t = 125 °С	t = 150 °С
1	2	3	4	5	6
32	12	20	28	35	43
48	13	22	31	40	49
57	14	23	32	43	53
76	15	26	37	49	58
89	16	27	39	52	62
108	22	34	45	57	68
133	27	40	53	65	76
159	31	45	60	72	84
194	35	50	66	80	93
219	38	52	70	85	100
273	42	59	78	95	111
325	45	61	85	104	122

Примечания:

1. в табл.18.2 нормы плотности теплового потока определены при средней расчётной температуре окружающей среды за период работы 25 °С;
2. промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

Таблица 18.3

Нормы плотности теплового потока для двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах

Условный проход трубопровода, мм	Нормы плотности теплового потока для двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах, ккал/(м час)			
	для обратной линии (средняя), t = 50 °С	для подающей линии (средняя), t = 65 °С	для подающей линии (средняя), t = 90 °С	для подающей линии (средняя), t = 110 °С
1	2	3	4	5
32	20	25	32	38
57	25	31	40	47
76	29	35	45	53
89	31	38	49	57
108	34	42	54	62
159	42	52	65	75
219	51	62	79	91
273	60	72	90	103
377	76	-	107	126
426	82	-	121	137
478	98	-	132	150
529	104	-	142	160
630	114	-	163	184

Примечания:

1. расчётные среднегодовые температуры воды в водяных тепловых сетях 65, 90, 110 °С соответствуют температурным графикам 95 – 70, 150 – 70, 180 – 70 °С;
2. промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией;
3. приведенные значения соответствуют среднегодовой температуре грунта + 5° С на глубине прокладки.

Таблица 18. 4

Нормы плотности теплового потока для двухтрубных водяных тепловых сетей при подземной бесканальной прокладке

Условный проход трубопровода, мм	Нормы плотности теплового потока для двухтрубных водяных тепловых сетей при подземной бесканальной прокладке, ккал/(м•час)			
	для обратной линии (средняя), t = 50 °С	для подающей линии (средняя), t = 65 °С	для подающей линии (средняя), t = 90 °С	для подающей линии (средняя), t = 110 °С
32	20	25	32	38
57	25	31	40	47
76	29	35	45	53
89	31	38	49	57
108	34	42	54	62
159	42	52	65	75
219	51	62	79	91
273	60	72	90	103
325	68	81	100	115
377	76	-	107	126
426	82	-	121	137
478	91	-	132	150
529	101	-	142	160
630	125	-	163	184

Примечания:

1. расчётные среднегодовые температуры воды в водяных тепловых сетях 65, 90, 110 °С соответствуют температурным графикам 95 – 70, 150 – 70, 180 – 70 °С;
2. промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией;
3. приведенные значения соответствуют среднегодовой температуре грунта + 5° С на глубине прокладки.

В случае, когда ЭСО не оказывает отдельно услуги по транспорту тепловой энергии, а осуществляет реализацию тепла, выработанного на собственных источниках, по тепловым сетям, находящимся на балансе, в аренде, хозяйственном ведении или эксплуатируемых на иных законных основаниях, потери тепла в вышеуказанных тепловых сетях учитываются в объёме нормативной выработки тепловой энергии. При этом сверхнормативные потери тепловой энергии исключаются из объёмов нормативной выработки тепла и относятся на убытки предприятия.

При расчёте платы за услуги по содержанию тепловых сетей, находящихся на балансе, в аренде, хозяйственном ведении или эксплуатируемых организацией, осуществляющей регулируемую деятельность на иных законных основаниях, стоимость тепловых потерь, $S_{пот}$, тыс. руб., с непроизводительными утечками и тепловых потерь через изолированную поверхность подающей и обратной линий

трубопроводов при транспорте теплоносителя, учитываемая по статье “Покупная энергия на производственные и хозяйственные нужды”, рассчитывается по формуле:

$$S_{ном} = Z \cdot T_{пок} \cdot (Q_{ут} + Q_{пн} + Q_{он}), \quad \text{ккал/(м час)}, \quad (18.15)$$

где Z – продолжительность работы тепловых сетей за рассматриваемый период, час;

$T_{пок}$ – тариф покупки тепловой энергии, руб./Гкал;

$Q_{ут}$ - потери тепла с утечками воды из сети, Гкал;

$Q_{пн}$ и $Q_{он}$ - потери тепла через изолированную поверхность подающей и обратной линий трубопроводов при транспортировке теплоносителя, Гкал.