

РАЗДЕЛ 1. КОНТРОЛЬ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КВАРТАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

Практическое занятие №1. Эксплуатационные параметры теплового режима

Методические указания к выполнению задания.

Существует два метода управления тепловым режимом системы теплоснабжения – качественный и количественный. Качественное регулирование отпуска теплоты заключается в изменении температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах в зависимости от температуры наружного воздуха согласно графику теплоснабжения. При этом регулирование отпуска теплоты принимают по нагрузке отопления или совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

Качественное регулирование по отопительному графику теплоснабжения целесообразно в случае, если тепловая нагрузка на жилищно-коммунальные нужды составляет менее 65 % от суммарной нагрузки района, а также, если отношение среднего теплового потока на горячее водоснабжение к максимальному тепловому потоку на отопление меньше 0,15. В противном случае в тепловой сети поддерживается повышенный температурный график.

При расчете определяют температуру в подающем и обратном трубопроводах на вводе перед отопительной установкой в точке присоединения к внешней тепловой сети, а также в подающем трубопроводе местной системы отопления в течение отопительного периода, т.е. в диапазоне температур от +8°C (для жилых зданий) до расчетной температуры наружного воздуха для отопления, определяемой как температура самой холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

При таком способе регулирования, для зависимых схем присоединения элеваторных систем отопления температуру воды в подающем трубопроводе и внешней тепловой сети определяют по следующему выражению:

$$t_1 = t_B + \Delta t \cdot \left(\bar{Q}_0^p \right)^{0,8} + (\Delta \tau - 0,5\Theta) \cdot \left(\bar{Q}_0^p \right) \quad (1.1)$$

где t_B – нормативная температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, °C; Δt – расчетный температурный напор нагревательного прибора, °C; $\bar{Q}_0^p$ – относительная расчетная тепловая нагрузка; $\Delta \tau$ – расчетный перепад температур сетевой воды в тепловой сети, °C; Θ – расчетный перепад температур сетевой воды в местной системе отопления, °C.

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_B \quad (1.2)$$

где τ_3 и τ_2 – расчетные температуры теплоносителя соответственно после элеватора и в обратном трубопроводе тепловой сети, определенные для расчетной температуры наружного воздуха для отопления, °C.

$$\bar{Q}_0^p = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HPO}} \quad (1.3)$$

где t_H – фактическая температура наружного воздуха, °C; t_{HPO} – расчетная температура наружного воздуха для отопления, определяемая как температура самой холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

$$\Delta \tau = \tau_1 - \tau_2 \quad (1.4)$$

где τ_1 – расчетная температура воды в подающем трубопроводе на вводе перед отопительной установкой, определенная для расчетной температуры наружного воздуха для отопления, °C.

$$t_2 = t_B + \Delta t \cdot \left(\bar{Q}_0^p \right)^{0,8} - 0,5\Theta \cdot \left(\bar{Q}_0^p \right) \quad (1.5)$$

Температура местной воды после элеватора в течение отопительного периода определяется по формуле:

$$t_3 = t_B + \Delta t \cdot \left(\bar{Q}_0^p \right)^{0,8} + 0,5\Theta \cdot \left(\bar{Q}_0^p \right) \quad (1.6)$$

На основании выполненных расчетов строится график теплоснабжения (рис. 1.1). Для удовлетворения нагрузки горячего водоснабжения температура воды в подающем трубопроводе не может быть ниже 70°C в закрытых системах теплоснабжения. Для этого отопительный график спрямляется на уровне указанных температур и становится отопительно-бытовым.

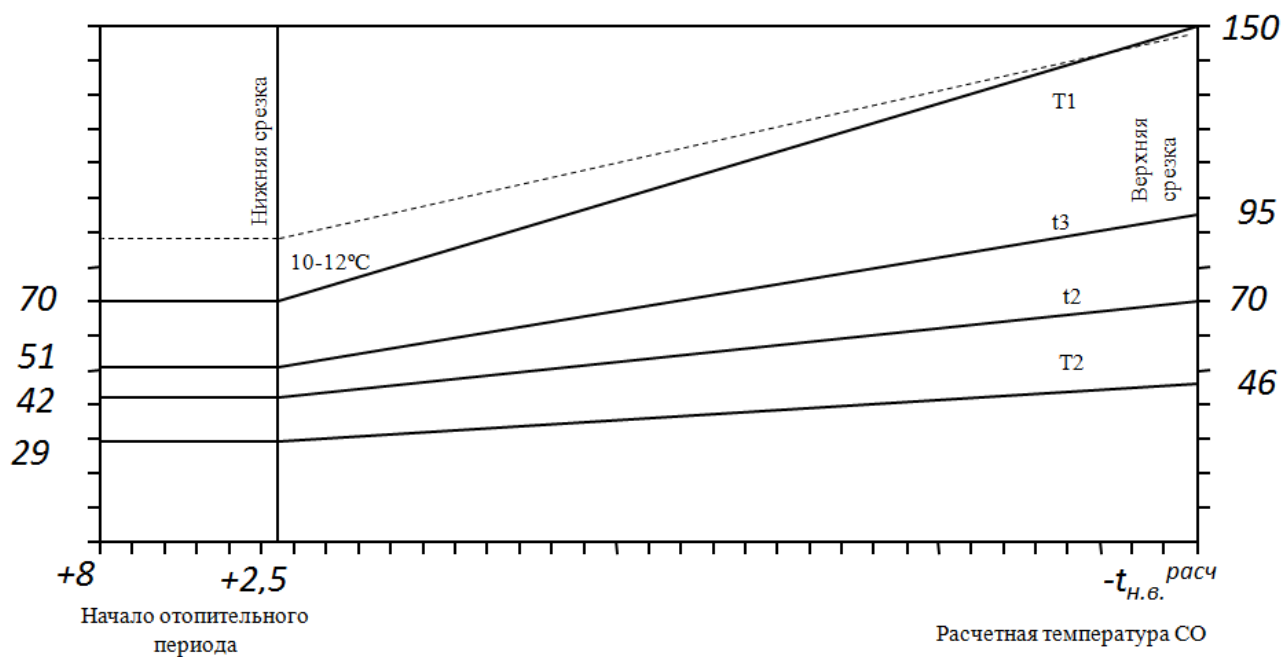


Рисунок 1.1. Температурный график централизованного теплоснабжения 150/70

На графике указываются значения диапазонов отопительного периода с качественным и количественным регулированием подачи теплоты. Температура наружного воздуха, соответствующая точке излома графиков температур воды (нижняя срезка), делит отопительный период на диапазоны с различными режимами регулирования: в диапазоне с интервалом температур наружного воздуха от $+8^{\circ}\text{C}$ до температуры, соответствующей точке излома ($+2,5^{\circ}\text{C}$), осуществляется количественное групповое или местное регулирование, задачей которого является недопущение перегрева здания и бесполезных потерь энергоресурсов; в диапазоне с интервалом температур наружного воздуха от температуры, соответствующей точке излома ($+2,5^{\circ}\text{C}$), до расчетной температуры наружного воздуха для отопления (-28°C), верхняя срезка) осуществляется центральное качественное регулирование.

Условие задания.

Построить температурный график центрального регулирования отпуска теплоты для г. Москвы. Принять расчетные температуры сетевой воды в подающей магистрали $t_1=130^\circ\text{C}$ в обратной магистрали $t_2=70^\circ\text{C}$, после элеватора $t_3=95^\circ\text{C}$. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_{\text{нро}}=-31^\circ\text{C}$. Расчетная температура воздуха внутри помещения $t_{\text{в}}=18^\circ\text{C}$.

Определить расчетные эксплуатационные параметры теплового режима для заданного города и текущей температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\text{ф}}=-16^\circ\text{C}$ с округлением до целого значения.

Варианты ответов.

(!) $t_1=101^\circ\text{C}$, $t_2=56^\circ\text{C}$, $t_3=75^\circ\text{C}$

(?) $t_1=130^\circ\text{C}$, $t_2=70^\circ\text{C}$, $t_3=95^\circ\text{C}$

(?) $t_1=150^\circ\text{C}$, $t_2=95^\circ\text{C}$, $t_3=70^\circ\text{C}$

(?) $t_1=101^\circ\text{C}$, $t_2=75^\circ\text{C}$, $t_3=56^\circ\text{C}$

(?) $t_1=56^\circ\text{C}$, $t_2=75^\circ\text{C}$, $t_3=101^\circ\text{C}$

Указания к выполнению.

Задаваясь различными значениями температур наружного воздуха $t_{\text{н}}$, обычно с одинаковым шагом, начиная с температуры начала отопительного периода (для жилых зданий $t_{\text{н}}=+8^\circ\text{C}$) до расчетной температуры для населенного пункта $t_{\text{нро}}$ определяют t_1 , t_2 и t_3 , по которым строят температурный график температур теплоносителя. Нормативная температура в помещении принимается для угловых помещений жилых зданий 20°C в районах с температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки до -31°C , в районах с температурой ниже -31°C принимается 22°C .

Решение задания.

Выполним последовательно расчет для г. Москвы по формулам (1.1)-(1.6). $t_{\text{н}}=20^\circ\text{C}$ (т.к. $t_{\text{нро}}=-26^\circ\text{C}$ в соответствии с СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»).

$$\Delta t = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta \tau = 130 - 70 = 60^\circ\text{C}$$

$$\Theta = 95 - 70 = 25^{\circ}\text{C}$$

Выполним расчет температур для текущей температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\phi} = -16^{\circ}\text{C}$.

$$\bar{Q}_0^p = \frac{20 + 16}{20 + 28} = 0,75$$

$$t_1 = 16 + 62,5 \cdot 0,75^{0,8} + (60 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,75 = 101,28^{\circ}\text{C} \text{ округляем до } 101^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 16 + 62,5 \cdot 0,75^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,75 = 56,28^{\circ}\text{C} \text{ округляем до } 56^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = 16 + 62,5 \cdot 0,75^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot 0,75 = 75,03^{\circ}\text{C} \text{ округляем до } 75^{\circ}\text{C}$$

Аналогичным образом выполняется расчет для других температур наружного воздуха и строится график теплоснабжения по аналогии представленного на рис. 1.1.

Задания для самостоятельного решения.

Построить температурный график центрального регулирования отпуска теплоты для заданного в табл. 1.1 населенного пункта. Расчетные температуры сетевой воды принять по данным табл. 1.1. Расчетную температуру наружного воздуха для проектирования отопления принять по актуальной версии СП 131.13330 «Строительная климатология». Определить расчетные эксплуатационные параметры теплового режима для заданной в табл. 1.1 текущей температуры наружного воздуха.

Таблица 1.1

Исходные данные

Вариант	Город	Текущая температура наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\phi}$	Расчетные параметры температур теплоносителя, $^{\circ}\text{C}$		
			подающая магистраль τ_1	обратная магистраль τ_2	подающая после элеватора τ_3
1	Актюбинск	-16	130	70	95
2	Архангельск	-22	150	70	100
3	Астрахань	-18	130	70	95
4	Ачинск	-26	150	70	100

5	Барнаул	-24	150	70	105
6	Владивосток	-10	120	70	90
7	Владимир	-14	130	70	95
8	Воронеж	-12	120	70	95
9	Волгоград	-20	130	70	90
10	Екатеринбург	-26	150	70	100

Практическое занятие №2. Оценка эксплуатационных параметров теплового режима

Методические указания к выполнению задания.

Оценка эксплуатационных параметров теплового режима работы системы теплоснабжения или отопления заключается в сравнении фактических характеристик температурного режима в помещении или характеристик теплоносителя с проектными (расчетными) значениями.

На изменение теплового режима влияет качество эксплуатации элементов местной системы отопления. В частности непрогревы могут быть связаны с тем, что не полностью открыта запорная арматура; возникли воздушные пробки; произошло засорение участков трубопроводов; система не отрегулирована. Эти неисправности должны быть устранены организацией, обслуживающей инженерное оборудование здания.

Еще одним фактором являются нарушения в работе внешней тепловой сети, в частности не соблюдается температурный график, что приводит к отклонению температуры теплоносителя, поступающего от ТЭЦ или котельной; количество поступающего теплоносителя меньше расчетного; неисправна изоляция наружных тепловых сетей. При этом охлаждение воды иногда может достигать 10°C при допустимой норме 2°C. Эта неисправность должна быть устранена организацией, которая обслуживает наружные тепловые сети.

Условие задания.

При обследовании системы отопления жилого дома, проведенного при текущей температуре наружного воздуха t_n^ϕ , были получены следующие фактические параметры теплоносителя (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1

Исходные данные

Город	Текущая температура наружного воздуха t_n^ϕ , °C	Фактические параметры температур теплоносителя, °C		
		подающая магистраль t_1^ϕ	обратная магистраль t_2^ϕ	подающая после элеватора t_3^ϕ
Москва	-16	101	50	67

Оценить соответствие фактической температуры теплоносителя в системе отопления расчетным значениям.

Варианты ответов.

(!) $t_1^\phi = t_1^p$; $t_2^\phi < t_2^p$; $t_3^\phi < t_3^p$

(?) $t_1^\phi = t_1^p$; $t_2^\phi > t_2^p$; $t_3^\phi > t_3^p$

(?) $t_1^\phi > t_1^p$; $t_2^\phi = t_2^p$; $t_3^\phi > t_3^p$

(?) $t_1^\phi < t_1^p$; $t_2^\phi < t_2^p$; $t_3^\phi < t_3^p$

(?) $t_1^\phi < t_1^p$; $t_2^\phi > t_2^p$; $t_3^\phi = t_3^p$

Указания к выполнению.

Соответствие работы системы теплоснабжения нормативным требованиям определяется путем сравнения фактических значений и расчетных, полученных при построении графика теплоснабжения. При работе необходимо пользоваться данными СП 131.13330.2012. График теплоснабжения 130/70, расчетная температура теплоносителя 95/70. Нормативная температура в помещении принимается для угловых помещений жилых зданий 20°C в районах с температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки до -31°C, в районах с температурой ниже -31°C принимается 22°C.

Решение задания.

По результатам расчетов, выполненных в практическом занятии №1, получены следующие значения температуры теплоносителя:

$t_1=101,28^{\circ}\text{C}$, при этом фактическое значение, равное 101°C практически соответствует расчетному, следовательно режим работы внешней сети не нарушен.

$t_3=75,03^{\circ}\text{C}$, при этом фактическое значение, равное 67°C , значительно ниже расчетного, следовательно после элеватора температура теплоносителя занижена, что может быть связано с неправильным подбором сопла элеватора, его засорением и аналогичными причинами. Температура в помещениях здания будет ниже нормативной.

$t_2=56,28^{\circ}\text{C}$, при этом фактическое значение, равное 50°C , значительно ниже расчетного, что может быть связано с предыдущей проблемой.

Задания для самостоятельного решения.

При обследовании системы отопления жилого дома, проведенного при текущей температуре наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\phi}$, были получены следующие фактические параметры теплоносителя (см. табл. 2.2). Требуется определить расчетные параметры теплового режима при текущей температуре наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\phi}$. Оценить работу системы отопления: охарактеризовать нарушения теплового режима и причины их проявления.

Таблица 2.2

Исходные данные

Вариант	Город	Текущая температура наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\phi}$	Фактические параметры температур теплоносителя, $^{\circ}\text{C}$		
			подающая магистраль t_1^{ϕ}	обратная магистраль t_2^{ϕ}	подающая после элеватора t_3^{ϕ}
1	Актюбинск	-16	84	54	70
2	Архангельск	-22	101	66	83
3	Астрахань	-18	118	61	83
4	Ачинск	-26	92	67	86
5	Барнаул	-24	91	56	79
6	Владивосток	-10	91	61	76
7	Владимир	-14	87	56	71
8	Воронеж	-12	96	61	75

9	Волгоград	-20	123	60	84
10	Екатеринбург	-26	103	64	84

Практическое занятие №3. Эксплуатационные параметры гидравлического режима

Методические указания к выполнению задания.

При эксплуатации тепловой сети необходимо выполнение следующих требований, которые относятся к статическому и динамическому режимам:

H_A – давление в подающей магистрали из условия обеспечения прочности (неразрушения) подключенного оборудования (принимаем для расчета не более 100 м);

H_B – давление в подающей магистрали из условия невоскипания теплоносителя (принимает для расчета 20 м для графика теплоснабжения 130/70 и 40 м для графика теплоснабжения 150/70);

H_B – давление в обратной магистрали из условия прочности (неразрушения) подключенного оборудования (принимаем в расчете для радиаторов 60 м, для конвекторов 100 м);

H_T – давление в обратной магистрали из условия неопорожнения (обеспечение заполнения) системы (принимаем для расчета высоту здания+3м);

H_D – давление в обратной магистрали из условия исключения кавитации циркуляционного насоса (принимаем не менее 5 м);

$(\Delta H_p)_E$ – располагаемый напор по условию обеспечения циркуляции в системах (для зависимой системы принимаем допустимый интервал 10-15 м).

Условие задания.

При обследовании системы отопления жилого дома по показаниям манометров были установлены следующие фактические параметры работы внешней теплосети (см. табл. 3.1).

Таблица 3.1

Исходные данные

Отопительн	Давлени	Давление	Давление	Высота	Количест	График
------------	---------	----------	----------	--------	----------	--------

ый прибор	е в подающ ей линии P_1 , м	в обратной линии P_2 , м	в статическ ом режиме P^c , м	этажа, м	во этажей	теплосн абжени я
конвектор	70	30	25	2,7	9	150/70

Оценить соответствие давления в системе отопления нормативным требованиям.

Варианты ответов.

(!)

H_A – условие соблюдается

H_B – условие соблюдается

H_B – условие соблюдается

H_Γ – условие не соблюдается (в статическом режиме)

H_D – условие соблюдается

$(\Delta H_p)_E$ – условие не соблюдается

(?)

H_A – условие не соблюдается

H_B – условие соблюдается

H_B – условие соблюдается

H_Γ – условие не соблюдается (в динамическом режиме)

H_D – условие соблюдается

$(\Delta H_p)_E$ – условие не соблюдается

(?)

H_A – условие соблюдается

H_B – условие не соблюдается

H_B – условие соблюдается

H_Γ – условие соблюдается

H_D – условие соблюдается

$(\Delta H_p)_E$ – условие не соблюдается

(?)

H_A – условие соблюдается

H_B – условие соблюдается

H_B – условие не соблюдается

H_{Γ} – условие соблюдается (в статическом режиме)

H_D – условие соблюдается

$(\Delta H_p)_E$ – условие соблюдается

(?)

H_A – условие соблюдается

H_B – условие не соблюдается

H_B – условие соблюдается

H_{Γ} – условие не соблюдается

H_D – условие соблюдается (в динамическом режиме)

$(\Delta H_p)_E$ – условие соблюдается

Указания к выполнению.

Необходимо сравнить требуемые значения гидравлического режима работы тепловой сети с фактическими значениями. Высота этажа дана с учетом толщины перекрытия.

Решение задания.

$H_A^{\Phi}=70 \text{ м} < H_A^{\text{доп}}=100 \text{ м}$ – условие соблюдается

$H_B^{\Phi}=70 \text{ м} > H_B^{\text{доп}}=40 \text{ м}$ (график теплоснабжения 150/70) – условие соблюдается

$H_B^{\Phi}=30 \text{ м} < H_B^{\text{доп}}=100 \text{ м}$ (для конвекторов 100 м) – условие соблюдается

$H_{\Gamma}^{\Phi}=30 \text{ м} > H_{\Gamma}^{\text{доп}}=27,3 \text{ м}$ ($2,7 \times 9 + 3 = 27,3 \text{ м}$) – условие соблюдается

В статическом режиме $H=25 \text{ м} < 27,3 \text{ м}$ – условие не соблюдается

$H_D^{\Phi}=30 \text{ м} > H_D^{\text{доп}}=5 \text{ м}$ – условие соблюдается

$(\Delta H_p)_E^{\Phi}=70-30=40 \text{ м} \approx (\Delta H_p)_E^{\Phi}=10-15 \text{ м}$ – условие не соблюдается

Поскольку условие H_{Γ} в статическом режиме не соблюдается, то при возможной остановке системы (например, в случае аварийной ситуации) вероятно опорожнение верхних участков системы. Поскольку условие $(\Delta H_p)_E$ не

соблюдается, режим циркуляции не сбалансирован, регулировка системы будет затруднена.

Задания для самостоятельного решения.

При обследовании системы отопления жилого дома по показаниям манометров были установлены следующие фактические параметры работы внешней теплосети (см. табл. 3.2). Оценить соответствие давления в системе отопления нормативным требованиям.

Таблица 3.2

Исходные данные

Вариант	Отопительный прибор	Давление в подающей линии P_1 , м	Давление в обратной линии P_2 , м	Давление в статическом режиме P^c , м	Высота этажа, м	Количество этажей	График теплоснабжения
1	радиатор	26	15	13	2,7	9	130/70
2	конвектор	45	23	28	3,0	9	150/70
3	радиатор	80	70	75	2,6	10	150/70
4	конвектор	45	38	35	2,9	10	130/70
5	радиатор	61	28	35	3,3	9	150/70
6	конвектор	61	36	40	3,0	10	150/70
7	радиатор	85	75	80	2,7	12	130/70
8	конвектор	50	28	33	2,8	12	150/70
9	радиатор	85	80	80	3,0	12	150/70
10	конвектор	32	21	19	2,6	14	130/70

Практическое занятие №4. Выбор рационального способа подсоединения абонента к теплосети в зависимости от гидравлического режима

Методические указания к выполнению задания.

Гидравлический режим постоянно подвержен изменениям в связи с изменяющейся нагрузкой, отключениями и подключениями абонентских вводов и т.д., поэтому гидравлический режим нуждается в управлении с целью исключить недопустимые давления по эксплуатационным требованиям, приведенным выше. Задачи по обеспечению гидравлического режима включают поддержание постоянного значения давления, расхода воды в сети и домовых системах отопления на расчетном или близком к нему уровне.

Домовые системы могут быть подключены к внешней сети различными способами, которые выбираются исходя из условий, перечисленных в практическом занятии №3. Пример некоторых вариантов приведен на рис. 4.1.

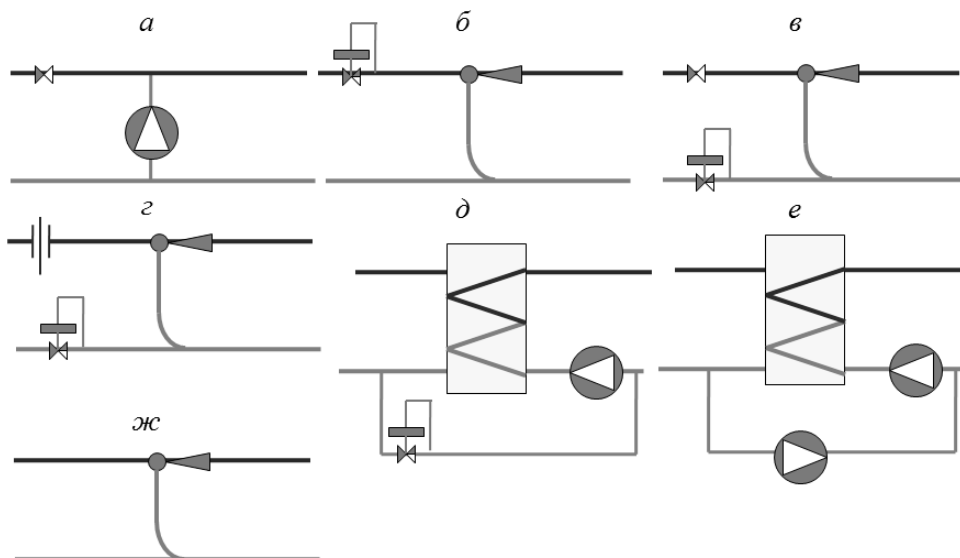


Рисунок 4.1. Некоторые способы абонентского присоединения: а) при недостаточном располагаемом напоре; б) при завышении давления в подающей линии; в) при низком статическом давлении; г) при угрозе опорожнения системы; д) при угрозе механического разрушения системы; е) при недостаточном напоре в подающей и обратной линиях; ж) при соответствии всех фактических характеристик гидравлического режима расчетным значениям

Самый простой и экономичный вариант (рис. 4.1, ж) применяется при соблюдении всех условий по обеспечению гидравлического режима. В случае каких либо отклонений необходима установка дополнительного оборудования, снижающего или повышающего гидравлические параметры, или переход на

независимую систему при значительно завышенных или заниженных характеристиках гидравлического режима внешней теплосети.

Условие задания.

Для условия предыдущей задачи выбрать способ присоединения абонента.

Варианты ответов.

(!) схема г)

(?) схема а)

(?) схема в)

(?) схема ж)

(?) схема е)

Указания к выполнению.

1. Зависимое присоединение через элеватор: В этом случае системы отопления работают под давлением, близким к давлению в обратном трубопроводе тепловой сети. Циркуляция обеспечивается за счет перепада давлений в подающем и обратном трубопроводах. Этот перепад ΔP должен быть достаточен для преодоления сопротивления системы отопления и теплового узла. Высокое давление в подающем трубопроводе компенсируется сопротивлением элеватора, обычно составляющем 10-15 м.

2. Если давление в подающем трубопроводе превышает необходимое, то оно должно быть снижено регулятором давления или дроссельной шайбой.

3. Схема с насосом на перемычке при недостаточном перепаде давлений на абонентском вводе, при достаточном перепаде давлений, но если давление в обратном трубопроводе превышает статическое давление системы отопления не более чем на 5 м вод. ст.

4. Применение схемы с независимым через теплообменник создает свой, независимый гидравлический режим с оптимальным уровнем давления. При недостаточной циркуляции устанавливается насосная станция, при завышенном давлении устанавливаются регуляторы давления. В ряде случаев, когда, например, уровень давления в районных сетях не позволяет осуществить

надежного заполнения систем отопления или создать в них требуемую циркуляцию, приходится использовать также независимую схему.

Решение задания.

Условия выполняются по требованиям механической прочности, невискипания, исключения кавитации:

H_A – условие соблюдается

H_B – условие соблюдается

H_V – условие соблюдается

H_D – условие соблюдается

Условия неопорожнения в статическом режиме, а также условие обеспечения циркуляции для зависимой схемы не выполняется:

H_T – условие не соблюдается (в статическом режиме)

$(\Delta H_p)_E$ – условие не соблюдается

Из представленных на рис. 4.1 схем возможно применение схемы г).

Необходимо создать подпор на обратной линии, чтобы обеспечить давление в статическом режиме. Поскольку разница между фактическим и требуем значением небольшая ($27,3 - 25 = 2,3$ м), то можно установить дроссельную шайбу или регулятор подпора. Для снижения располагаемого напора можно уменьшить давление в подающей линии: $40 - 15 = 25$ м. Для этого надо установить регулятор давления, или дроссельное устройство.

Задания для самостоятельного решения.

Для условия предыдущей задачи, представленной в практическом занятии №3, выбрать способ присоединения абонента по рис. 4.1.

Практическое занятие №5. Анализ работы эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

При обследовании зданий микрорайона бывает выявлено нарушение циркуляции в квартальной сети теплоснабжения, что является следствием

гидравлической разрегулировки и приводит к нерациональным потерям теплоты. Для оценки эксплуатационного гидравлического режима определяют суммарный расчетный расход сетевой воды, складывающийся из расчетных расходов на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, кондиционирование, технологические нужды и т.п. по подающему и обратному трубопроводам и сравнивают его с фактическим расходом, определяемым по приборам учета в тепловом пункте и на вводах в здания. Для жилого микрорайона суммарный расход сетевой воды определяется в зависимости от суммарного теплового потока по формуле:

$$Q^p = Q_{от}^p + Q_{гв}^p \quad (5.1)$$

где $Q_{от}^p$ – расчетная отопительная нагрузка здания, кВт; $Q_{гв}^p$ – расчетная тепловая нагрузка здания на горячее водоснабжение, кВт.

$$Q_{от}^p = a \cdot q_{от} \cdot V \cdot (t_b - t_{нро}) \quad (5.2)$$

где a – поправочный коэффициент учета района строительства; $q_{от}$ – тепловая отопительная характеристика здания, принимается по табл. 5.1 интерполяцией, Вт/м³°C; V – строительный объем здания, определяется по наружным габаритным размерам здания, м³; t_b – нормативная температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, °C; $t_{нро}$ – расчетная температура наружного воздуха для отопления, определяемая как температура самой холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

Таблица 5.1

Тепловая отопительная характеристика здания

Строительный объем здания V , тыс. м ³	$q_{от}$, Вт/м ³ °C
до 5	0,45
до 10	0,39
до 15	0,36
до 20	0,34
до 25	0,33

$$a = 0,54 + \frac{22}{t_b - t_{нро}} \quad (5.3)$$

$$Q_{ГВ}^P = q_{ГВ} \cdot m \quad (5.4)$$

где $q_{ГВ}$ – удельный показатель теплового потока на горячее водоснабжение, Вт/чел, в домашнем задании принимается для зданий до 5 этажей включительно 247 Вт/чел, свыше 5 и до 12 этажей включительно 259 Вт/чел, свыше 12 этажей 305 Вт/чел; m – количество потребителей в здании, чел.

Условие задания.

Местная система отопления однотрубная, с прокладкой подающего стояка по чердачному помещению, подключена к распределительным трубопроводам квартальной сети по зависимой схеме через элеваторный узел. Отопительные приборы – чугунные радиаторы.

Здание расположено в г. Москве, 16-этажное, с габаритами: длина – 24 м, ширина – 12 м, высота с учетом подвала – 48 м. Жилая площадь здания – 2764 м². Среднее значение жилой площади на 1 проживающего принять равным 14 м².

Требуется определить суммарный тепловой поток на отопление и горячее водоснабжение.

Варианты ответов.

(!) 304,7 кВт

(?) 10,48 т/ч

(?) 60,1 кВт/ч

(?) 244,7 кВт/м³

(?) 305 Вт/чел

Указания к выполнению.

При выполнении расчетов пользоваться формами 5.1-5.4. Учитывать, что тепловая отопительная характеристика здания определяется $q_{от}$ интерполяцией по строительному объему. Строительный объем здания определяется как сумма строительного объема выше отметки ± 0.00 (надземная часть) и строительного объема ниже отметки ± 0.00 (подземная часть), измеряемого до уровня пола последнего подземного этажа. Строительный объем определяется в пределах ограничивающих наружных поверхностей с включением ограждающих

конструкций, световых фонарей и других надстроек, начиная с отметки чистого пола надземной и подземной частей здания, без учета выступающих архитектурных деталей и конструктивных элементов, козырьков, портиков, балконов, террас, объема проездов и пространства под зданием на опорах (в чистоте), проветриваемых подполий и подпольных каналов. Строительный объем подземной части жилого здания определяется до отметки чистого пола нижнего подземного этажа, подвала или технического подполья.

Решение задания.

Определим строительный объем:

$$V = 24 * 12 * 48 = 13824 \text{ м}^3$$

Определим количество жителей в здании:

$$m = \frac{2764}{14} = 197 \text{ чел.}$$

Тепловая отопительная характеристика здания определяется интерполяцией по табл. 5.1: $q_{от}=0,378 \text{ Вт/м}^3\text{°C}$.

Определим поправочный коэффициент учета района строительства (данные см. согласно практическому занятию №1):

$$a = 0,54 + \frac{22}{20 + 26} = 1,018$$

Определим расчетную отопительную нагрузку:

$$Q_{от}^p = 1,018 * 0,378 * 13824 * (20 + 26) = 244698 \text{ Вт}$$

Удельный показатель теплового потока на горячее водоснабжение для 16-этажного здания составит 305 Вт/чел.

Определим среднюю тепловую нагрузку на горячее водоснабжение:

$$Q_{гв}^p = 305 * 197 = 60085 \text{ кВт}$$

Суммарный тепловой поток составит:

$$Q^p = 244698 + 60085 = 304783 \text{ Вт}$$

Задания для самостоятельного решения.

Местная система отопления однотрубная, с прокладкой подающего стояка по чердачному помещению, подключена к распределительным трубопроводам

квартальной сети по зависимой схеме через элеваторный узел. Отопительные приборы – чугунные радиаторы. Характеристики здания, населенный пункт приведены в табл. 5.2. Высоту подземной части принять равной 2,8 м. При расчете количества жителей принимать среднее значение жилой площади на 1 проживающего 12 м².

Требуется определить суммарный тепловой поток на отопление и горячее водоснабжение.

Таблица 5.2

Исходные данные

Вариант	Город	Этажность	Габариты здания, м			Жилая площадь, м ²
			длина l	ширина b	высота надземной части h	
1	Актюбинск	17	26	11	49	2 895
2	Архангельск	14	22	12	37	2 217
3	Астрахань	12	24	14	32	2 420
4	Ачинск	9	36	12	24	2 332
5	Барнаул	5	72	12	15	2 592
6	Владивосток	4	64	14	11	2 116
7	Владимир	22	25	16	64	3 824
8	Воронеж	16	26	12	46	2 478
9	Волгоград	12	48	12	35	3 967
10	Екатеринбург	9	40	14	25	2 572

Практическое занятие №6. Расчетная схема эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

Схема тепловой сети определяется наличием источника теплоснабжения, тепловой мощностью, а также его размещением относительно потребителей теплоты. Также выбор схем тепловых сетей зависит от величин тепловых нагрузок потребителей теплоты, от характера тепловых потребителей и от вида теплоносителя. Схема тепловой сети должна обеспечивать надежность подачи

теплоты и точность ее распределения между потребителями. Протяженность тепловой сети должна быть минимальна, а конфигурация должна быть по возможности простой и экономична в эксплуатации. Важнейшей характеристикой, указываемой на схеме тепловой сети, является величина расхода теплоносителя на каждом участке.

Требуемый расход теплоносителя определяется как:

$$G_c = \frac{0,86 \cdot Q^p}{(\tau_3 - \tau_2)} \quad (6.1)$$

где Q^p – суммарный тепловой поток, кВт; τ_3 и τ_2 – расчетные температуры теплоносителя соответственно после элеватора и в обратном трубопроводе тепловой сети, °С.

Расчетные значения расхода сетевой воды сравнивают с фактическими значениями, определяемыми по приборам учета в тепловом пункте и на вводах в здания. По результатам сравнения дают заключение о необходимости регулировки расхода у отдельных потребителей. Расчетное распределение теплоносителя по системам теплоснабжения достигается установкой, как на тепловых вводах, так и на отдельных ответвлениях систем или у теплоприемников дроссельных устройств, обеспечивающих перед теплоприемниками расчетные располагаемые напоры.

Условие задания.

Требуется определить суммарный расчетный расход теплоносителя в системе отопления здания, заданного в практическом занятии №5 и сравнить его с фактическим значением, равным 11,2 т/ч.

Варианты ответов.

(!) 10,48 т/ч

(?) 304,7 кВт

(?) 60,1 кВт/ч

(?) 244,7 кВт/м³

(?) 305 Вт/чел

Указания к выполнению.

Расчет выполняется по формуле 6.1.

Решение задания.

По значению суммарного теплового потока, рассчитанного в практическом занятии №5, определим расчетный расход теплоносителя, переводя значение теплового потока в кВт:

$$G_c^p = \frac{0,86 * 304,783}{(95 - 70)} = 10,48 \text{ т/ч}$$

Сравнивая расчетное и фактическое значения расхода теплоносителя, видим, что фактический расход завышен, что требует дополнительной регулировки тепловой сети.

Задания для самостоятельного решения.

Определить суммарный расчетный расход теплоносителя в системе отопления здания, заданного в практическом занятии №5.

Практическое занятие №7. Оценка гидравлического режима работы эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

Управление гидравлическим режимом основано на оценке фактических потерь напора, определяемых путем проведения гидравлических испытаний магистральных тепловых сетей и основных ответвлений с целью определения их истинной пропускной способности. Потери напора на участке трубопровода складываются из линейных потерь $\Delta H_{\text{л}}$ и потерь в местных сопротивлениях $\Delta H_{\text{м}}$.

При наличии на участке трубопровода местных сопротивлений суммарное падение давления во всех местных сопротивлениях, определяется по формуле:

$$\Delta H_{\text{м}} = \frac{\sum \xi \cdot v^2 \cdot \rho}{2} \quad (7.1)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, установленных на участке; v – скорость движения теплоносителя, м/с; ρ – плотность теплоносителя на рассчитываемом участке трубопровода, кгс/м³.

Коэффициенты местного сопротивления некоторого оборудования тепловой сети для выполнения практического занятия приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Коэффициенты местных сопротивлений в трубопроводах тепловых сетей

Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления ξ
Задвижки	0,5
Компенсатор П-образный	2,8
Тройник при слиянии потока: Проход	1,2
Тройник при слиянии потока: Ответвление	1,8
Тройник при разветвлении потока: Проход	1,0
Тройник при разветвлении потока: Ответвление	1,5
Тройник при встречном потоке	3,0
Внезапное расширение	1,0

Если представить прямолинейный участок трубопровода определенного диаметра, линейное падение давления на котором равно падению давления в местных сопротивлениях, то длина такого участка трубопровода, называемого эквивалентной длиной местных сопротивлений, может быть найдена из равенства:

$$\Delta H_{\text{м}} = R \cdot l_{\text{экв}} \quad (7.2)$$

где $l_{\text{экв}}$ – эквивалентная длина трубы, падение давления на которой равно падению давления на местных сопротивлениях, м.

Тогда эквивалентная длина местных сопротивлений:

$$\frac{\sum \xi \cdot v^2 \cdot \rho}{2} = \lambda \frac{v^2 \cdot \rho}{2 \cdot D_{\text{в}}} \cdot l_{\text{экв}} \quad (7.3)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения (безразмерная величина); $D_{\text{в}}$ – внутренний диаметр трубопровода, м.

Откуда эквивалентная длина местных сопротивлений:

$$l_{\text{экв}} = \frac{\sum \xi \cdot D_{\text{в}}}{\lambda} \quad (7.4)$$

Для определения потерь в местных сопротивлениях при различных сочетаниях скорости воды и суммы местных сопротивлений удобно пользоваться номограммой, представленной на рис. 7.1.

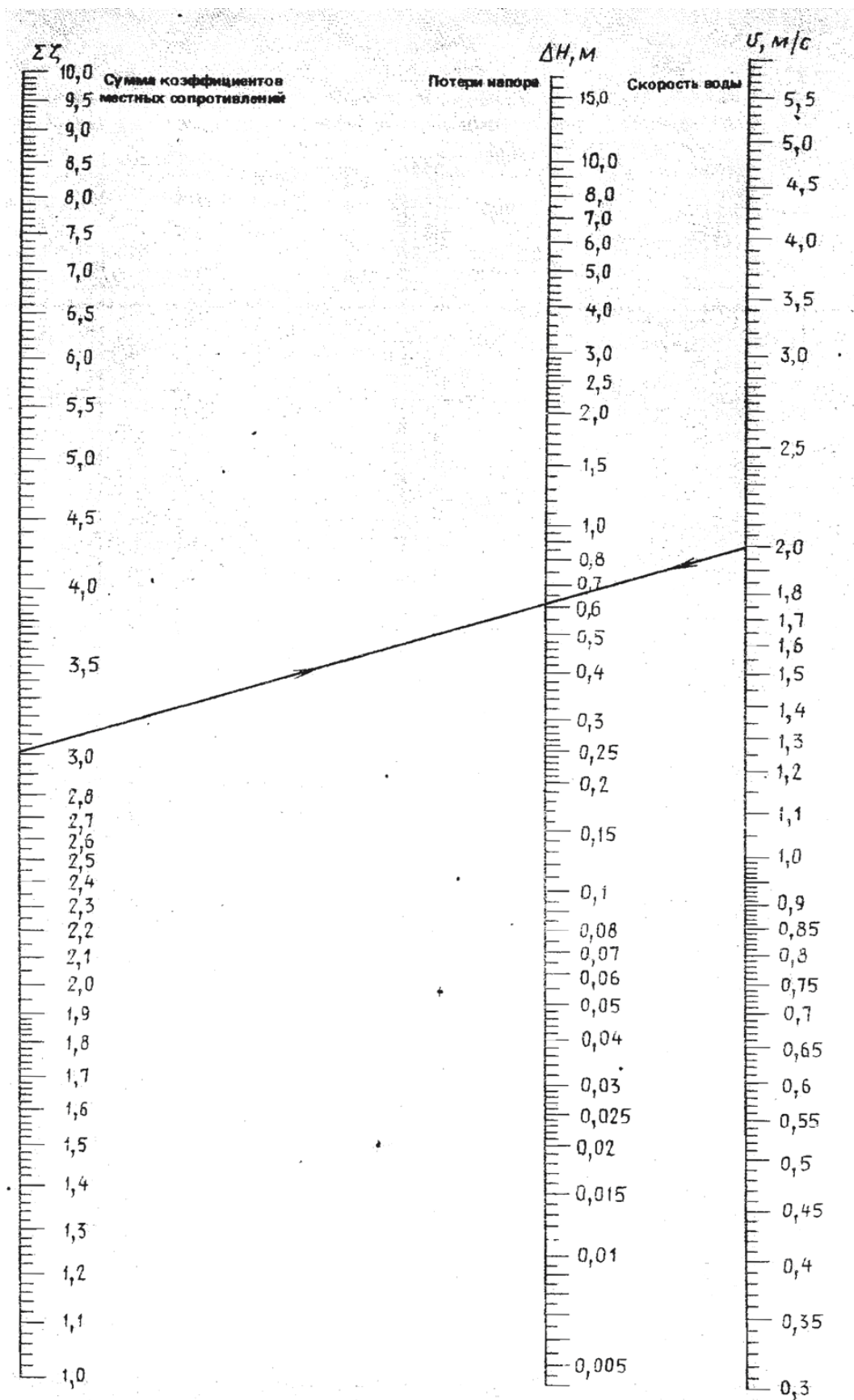


Рисунок 7.1. Номограмма определения потерь напора в местных сопротивлениях при различных сочетаниях скорости воды и суммы местных сопротивлений

Условие задания.

На заданном участке внутриквартальной тепловой сети установлено следующее оборудование: 1 тройник на ответвлении при слиянии потока теплоносителя и 1 задвижка. Скорость движения теплоносителя на участке составляет 0,35 м/с. Определить потери давления в местных сопротивлениях на участке.

Варианты ответов.

(!) 0,014 м

(?) 0,14 м

(?) 1,4 м

(?) 14 м

(?) 0,0014 м

Указания к выполнению.

Порядок работы с номограммой: найти на соответствующей вертикальной шкале значение суммы коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\xi$ и скорости движения теплоносителя v , соединить данные точки и на перенесении полученной линии с вертикальной шкалой величины потерь давления ΔH_m определить их значение. Обратить внимание на разные шаги делений в разных интервалах значений на вертикальных шкалах.

Решение задания.

По таблице 7.1 найдем значения коэффициентом местных сопротивлений:

1) для тройника на ответвлении при слиянии потока теплоносителя $\xi=1,8$

2) для задвижки $\xi=0,5$.

С учетом количества местных сопротивлений $\Sigma\xi=1,8+0,5=2,3$

Обратимся к номограмме на рис. 7.1. Соединим значения $\Sigma\xi=2,3$ и $v=0,35$ м/с (см. рис. 7.2). И получаем значение падения давления $\Delta H_m=0,014$ м или 14 мм.

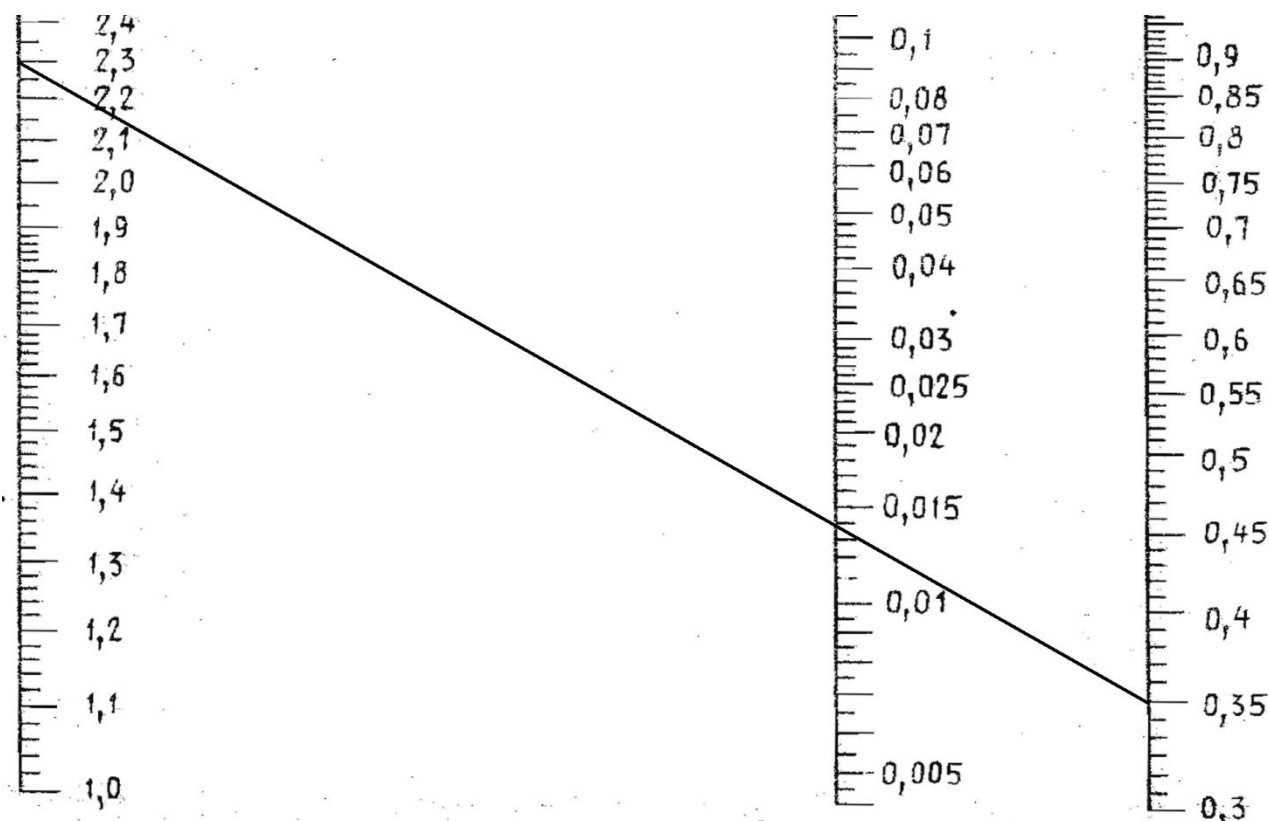


Рисунок 7.2. Графическое определение потерь напора в местных сопротивлениях на заданном участке тепловой сети

Задания для самостоятельного решения.

Определить потери давления в местных сопротивлениях на заданном участке внутриквартальной тепловой сети при заданной скорости теплоносителя, виде и количестве местных сопротивлений (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Исходные данные

Вариант	Скорость воды v , м/с	Вид и количество местных сопротивлений, шт				
		Компенсатор П-образный	Тройник при слиянии потока	Тройник при разветвлении и потока	Задвижка	Внезапное расширение
1	0,36	1	Проход - 1	Проход - 2	2	2
2	0,44	1	Ответвление - 1	Ответвление - 1	1	1
3	0,58	1	Проход - 1	Проход - 1	1	1
4	0,47	2	Ответвление - 2	Ответвление - 1	1	2
5	0,32	2	Проход - 2	Проход - 2	2	2

6	0,46	1	Ответвления - 2	Ответвление - 1	2	1
7	0,3	2	Проход - 2	Проход - 1	2	2
8	0,51	1	Ответвления - 1	Ответвление - 1	1	1
9	0,56	1	Проход - 1	Проход - 2	1	1
10	0,61	1	Ответвления - 1	Ответвление - 1	1	2

Практическое занятие №8. Поверочный гидравлический расчет эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

Потери напора на участке трубопровода складываются из линейных потерь на трение и потерь в местных сопротивлениях. Исходной зависимостью для определения удельного линейного падения давления в трубопроводе является уравнение Дарси:

$$R = \lambda \frac{v^2 \cdot \rho}{2 \cdot D_B} \quad (8.1)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения (безразмерная величина); v – скорость движения теплоносителя, м/с; ρ – плотность теплоносителя на рассчитываемом участке трубопровода, кгс/м³; D_B – внутренний диаметр трубопровода, м.

Скорость течения воды в трубопроводе определяется в зависимости от расчетного расхода теплоносителя на рассматриваемом участке. Поэтому удельное линейное падение давления удобно определять по известному расходу с использованием номограмм.

Коэффициент гидравлического трения зависит от состояния стенки трубы (степени ее шероховатости) и от режима движения жидкости (ламинарное или турбулентное). Тепловые сети работают, как правило, при турбулентном режиме движения теплоносителя в квадратичной области, поэтому коэффициент гидравлического трения определяется формулой Прандтля-Никурадзе:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,14 + 2 \cdot \lg \frac{D_B}{k_{\text{ЭКВ}}}\right)^2} \quad (8.2)$$

где $k_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентная шероховатость трубы, принимаемая для вновь прокладываемых труб водяных тепловых сетей $k_{\text{ЭКВ}}=0,5$ мм.

При значениях эквивалентной шероховатости труб, отличной от $k_{\text{ЭКВ}}=0,5$ мм, вводится поправочный коэффициент.

В процессе эксплуатации, при технологических нарушениях или вследствие некачественного выполнения промывки шероховатость трубопровода может изменяться. Величину эквивалентной шероховатости труб действующих тепловых сетей определяют при гидравлических испытаниях. В этом случае линейные потери будут определяться как:

$$\Delta H_{\text{Л}} = \beta \cdot R \cdot l \quad (8.3)$$

где β – поправочный коэффициент для эксплуатируемых труб, учитывающий эквивалентную шероховатость; l – длина трубопровода, м; R – удельные потери давления на трение, Па/м.

Величина эквивалентной шероховатости труб, определенная при гидравлических испытаниях, может быть распространена на неиспытанные участки тепловой сети, имеющие аналогичные условия эксплуатации с испытанными участками (срок службы, удаленность от источника теплоты, количество теплоносителя). Значения поправочных коэффициентов в зависимости от эквивалентной шероховатости труб приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Значения поправочных коэффициентов β к величине удельных потерь давления

Условный диаметр трубопровода, мм	Внутренний диаметр трубопровода, мм	Эквивалентная шероховатость, мм						
		1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
100	100	1,33	1,37	1,4	1,44	1,47	1,51	1,54
150	150	1,31	1,34	1,37	1,41	1,44	1,47	1,5
200	203	1,29	1,32	1,35	1,38	1,41	1,44	1,47

Следовательно, полные потери давления можно записать как:

$$\Delta H = \beta \cdot R \cdot l + \Delta H_{\text{м}} = R(\beta \cdot l + l_{\text{экв}}) \quad (8.4)$$

где $l_{\text{экв}}$ – эквивалентная длина трубы, падение давления на которой равно падению давления на местных сопротивлениях, м.

Линейные потери давления целесообразно определять по номограммам по величине расхода на участке и диаметру трубопровода (рис. 8.1).

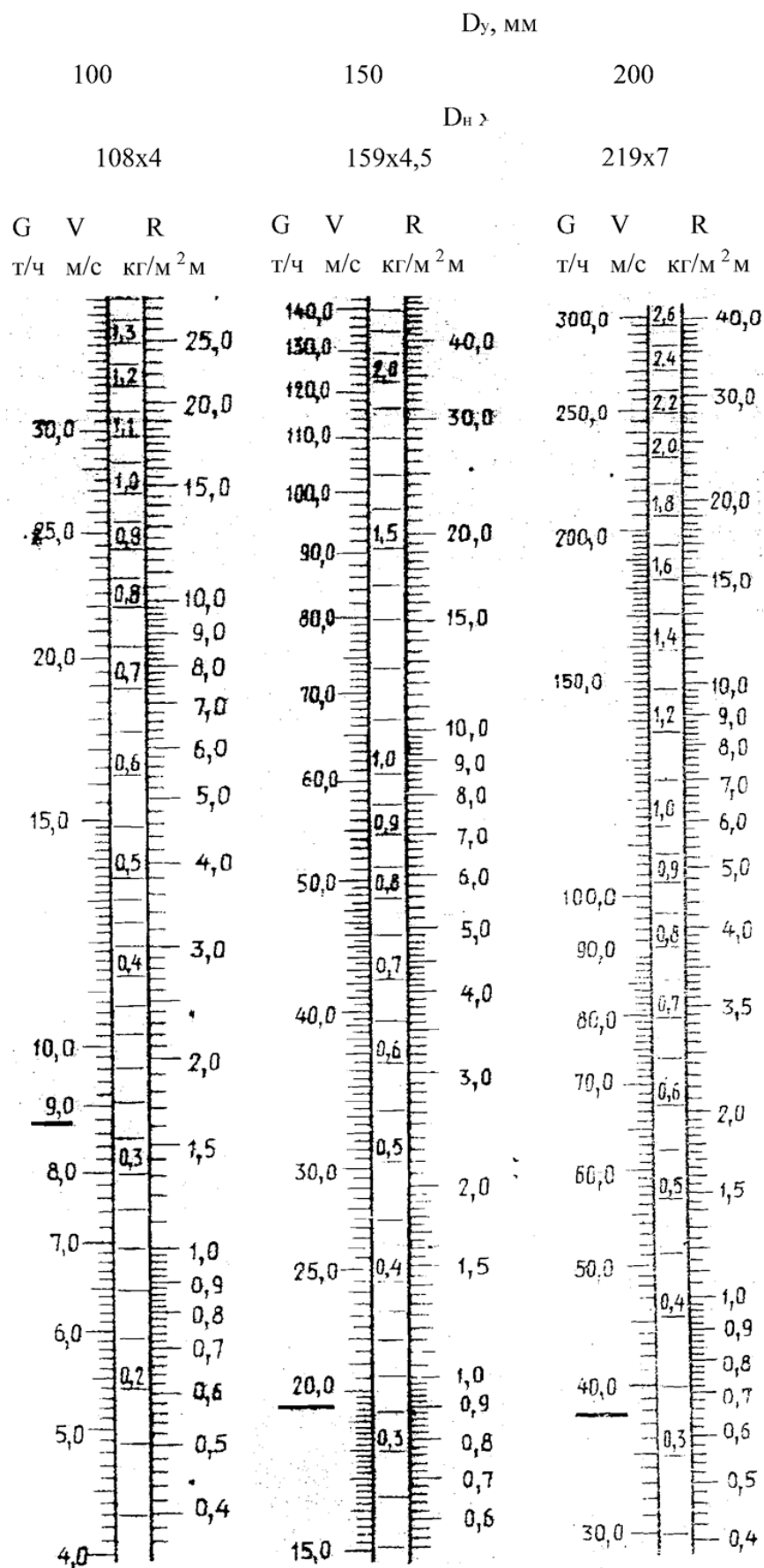


Рисунок 8.1. Номограмма для расчета удельных потерь давления на трение в трубопроводах разных диаметров при $k_{э\kappa\beta}=0,5 \text{ мм}$ и $\rho = 958 \text{ кгс/м}^3$

Условие задания.

При обследовании участка тепловой сети длиной 120 м диаметром 100 мм установлено, что эквивалентная шероховатость $k_{\text{экв}}=1,1$ мм. Расход сетевой воды составляет $G_c=14,6$ т/ч. Падение давления на подающем трубопроводе от местных сопротивлений составляет $\Delta H=0,03$ м. Определить суммарные потери давления на заданном участке на подающем трубопроводе.

Варианты ответов.

(!) 0,71 м

(?) 0,68 м

(?) 0,03 м

(?) 0,14 м

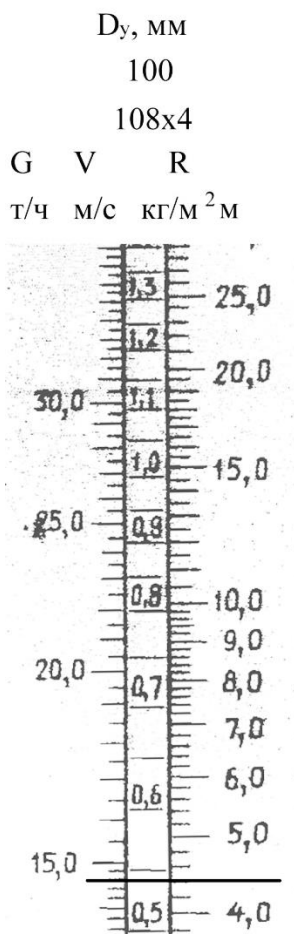
(?) 0,12 м

Указания к выполнению.

При определении удельных линейных потерь давления пользуемся номограммой на рис. 8.1. Также учитываем эквивалентную шероховатость и длину участка тепловой сети.

Решение задания.

Определим графически удельные линейные потери давления R по номограмме на рис. 8.1 по значению расхода сетевой воды и диаметру трубопровода:



$$R=4,4 \text{ мм/м}$$

Определим поправочный коэффициент для эксплуатируемых труб, учитывающий эквивалентную шероховатость по таблице 8.1. Для $k_{\text{экв}}=1,1$ мм и $D=100$ мм $\beta=1,29$.

Определим линейные потери давления с учетом эквивалентной шероховатости и длины трубопровода:

$$\Delta H_{\text{л}} = 1,29 * 4,4 * 120 = 681,12 \text{ мм}$$

Определим суммарные потери давления:

$$\Delta H = 681,12 + 30 = 711,12 \text{ мм или } 0,71 \text{ м}$$

Задания для самостоятельного решения.

Характеристики участка тепловой сети и результаты его обследования представлены в табл. 8.2. Определить суммарные потери давления на заданном участке на подающем трубопроводе.

Таблица 8.2

Исходные данные

Вариант	Диаметр трубопровода, мм	Протяженность системы h, м	Потери давления от местных сопротивлений ΔH_m , м	Расход сетевой воды G_c , т/ч	Эквивалентная шероховатость $k_{экр}$
1	100	21	0,05	17	1,2
2	150	22	0,06	21	1,3
3	200	23	0,07	42	1,4
4	100	24	0,05	15	1,5
5	150	25	0,06	24	1,6
6	200	26	0,07	46	1,7
7	100	27	0,05	12	1,8
8	150	28	0,06	34	1,2
9	200	29	0,07	51	1,3
10	100	30	0,08	14	1,4

Практическое занятие №9. Наладка и регулировка работы эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

К регулировке тепловой сети приступают после ее промывки. Основная цель регулировки заключается в обеспечении перед каждым вводом в здание требуемого перепада давления в подающей и обратной магистрали и обеспечения требуемого расхода для снижения нерациональных потерь энергоресурсов. Для элеваторных вводов этот перепад должен составлять 0,1 – 0,2 МПа, что является необходимым условием устойчивой и бесшумной работы элеватора.

Избыточные напоры гасятся дроссельными диафрагмами, устанавливаемыми на подающих линиях перед элеваторами, после грязевиков. При недостаточном напоре принимаются меры по его повышению.

Заключительный этап регулировки заключается в определении параметров отверстий диафрагм и сопел элеваторов. Для этого рассчитываются располагаемые напоры перед тепловыми узлами. При этом в расчете

учитываются фактические конструктивные и гидравлические характеристики теплосети, рассмотренные выше, а также расчетные расходы сетевой воды.

Результатом поверочного расчета является определение потерь давления в сети с учетом фактической циркуляции сетевой воды и определение располагаемого напора в конце участков у потребителей:

$$\Delta H_p = \Delta H_{p(\text{ЦТП})} - (\Delta H_{(\text{г/п})\text{п}} + \Delta H_{(\text{г/п})\text{о}}) \quad (9.1)$$

где $\Delta H_{p(\text{ЦТП})}$ – расчетный располагаемый напор на выходе из ЦТП, МПа; $\Delta H_{(\text{г/п})\text{п}}$ и $\Delta H_{(\text{г/п})\text{о}}$ – гидравлические потери соответственно в подающих и обратных линиях между ЦТП и вводом в здание, м.

На основании выполненных расчетов строится пьезометрический график систем теплопотребления.

Если в результате расчетов окажется, что располагаемый напор перед вводом в здание больше максимального допустимого напора (для элеваторных вводов 20 м, по условиям устойчивой и бесшумной работы элеватора), то для его гашения устанавливаются дросселирующие устройства – регуляторы или диафрагмы. Диаметр отверстия диафрагмы определяют по формуле:

$$d_d = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_c^2}{\Delta H_d}} \quad (9.2)$$

где G_c – расчетный расход воды через дроссельную диафрагму, т/ч; ΔH_d – напор, дросселируемый диафрагмой, м.

Дросселируемый напор представляет собой разницу между фактическим располагаемым напором $\Delta H_{p(\text{ЦТП})}$ в конце участка и сопротивлением местной системы $\Delta H_{\text{м/с}}$:

$$\Delta H_{\text{м/с}} = 0,1 \cdot h \cdot \beta \quad (9.3)$$

где h – протяженность системы, м; β – поправочный коэффициент для эксплуатируемых труб, учитывающий эквивалентную шероховатость.

Условие задания.

По результатам промывки системы и оценки ее сопротивления было установлено, что потери напора на подающем трубопроводе составили $\Delta H_{\text{п}}=0,5$

м, на обратном трубопроводе $\Delta H_o=0,4$ м. Располагаемый напор на ЦТП $\Delta H_p=15$ м. Расход сетевой воды $G_c=10,7$ т/ч. Поправочный коэффициент эквивалентной шероховатости $\beta=1,63$. Протяженность системы 27 м. Определить необходимость установки регулирующей диафрагмы.

Варианты ответов.

(!) 18,17 мм

(?) 4,4 мм

(?) 14,9 мм

(?) 10,5 мм

(?) 8,7 мм

Указания к выполнению.

Расчет выполняется по формулам (9.1)-(9.3). Результат получается в мм.

Решение задания.

Определим сопротивление местной системы:

$$\Delta H_{m/c} = 0,1 \cdot 27 \cdot 1,63 = 4,4 \text{ м}$$

Определим располагаемый напор в конце участка:

$$\Delta H_p = 15 - (0,4 + 0,5) = 14,9 \text{ м}$$

Определим величину дросселируемого напора:

$$\Delta H_d = 14,9 - 4,4 = 10,5 \text{ м}$$

Определим диаметр отверстия диафрагмы:

$$d_d = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{10,7^2}{10,5}} = 18,17 \text{ мм}$$

Задания для самостоятельного решения.

Выполнить регулировку участка квартальной тепловой сети путем подбора. Принять потери напора на подающем и обратном трубопроводах равными. Принять располагаемый напор на ЦТП 15 м.

Таблица 9.1

Исходные данные

Вариант	Потери напора на подающем трубопроводе $\Delta H_{\Gamma/\Pi(п)}$, м	Расход сетевой воды G_c , т/ч	Поправочный коэффициент эквивалентной шероховатости β	Протяженность системы h , м
1	0,5	10,7	1,1	21
2	0,6	8,4	1,2	22
3	0,7	8,6	1,3	23
4	0,5	8,2	1,4	24
5	0,6	9,9	1,5	25
6	0,7	10,5	1,6	26
7	0,5	9,7	1,7	27
8	0,6	10,3	1,8	28
9	0,7	9,5	1,9	29
10	0,8	10,1	2,0	30

РАЗДЕЛ 2. РЕМОНТ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ВНУТРИКВАРТАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

Практическое занятие №10. Обоснование потребности в ремонте эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

Трубопровод рассматривается как система последовательно соединенных элементов (труб и деталей). Разрушение одного из элементов выводит из строя весь трубопровод. Ресурс трубопровода - суммарная наработка трубопровода от пуска до перехода в предельное состояние. Нарботка - период эксплуатации трубопровода без учета простоев.

Остаточный ресурс трубопровода - время эксплуатации трубопровода с момента текущего диагностирования до перехода в предельное состояние.

При определении ресурса трубопровода используются следующие расчетные зависимости:

$$v = \frac{d_{\text{проект}} - d_{\text{ост}}}{Z} \quad (10.1)$$

где Z – срок эксплуатации трубопровода до момента диагностирования и. определения толщины стенки, год; $d_{\text{проект}}$ – проектная толщина стенки, мм; $d_{\text{ост}}$ – остаточная толщины стенки, мм.

Для определения остаточного ресурса используется формула:

$$Z_{\text{ост}} = \frac{d_{\text{ост}} - d'_{\text{ост}}}{v} \quad (10.2)$$

где $d'_{\text{ост}}$ – остаточная толщина стенки, при которой не соблюдаются установленные граничные условия по первому предельному состоянию (допустимым растягивающим напряжениям в лотке) или по второму предельному состоянию (допустимым деформациям в своде).

Условие задания.

Требуется определить остаточный ресурс (в годах) ветхого участка стального трубопровода с проектной толщиной стенки трубы 5 мм и остаточной толщиной стенки трубы 4,1 мм, который эксплуатируется 12 лет. Предельно допустимая толщина стенки трубы составляет 3 мм.

Варианты ответов.

(!) 14 лет

(?) 12 лет

(?) 10 лет

(?) 8 лет

(?) 16 лет

Указания к выполнению.

Расчет выполняется по формулам (10.1)-(10.2). Результаты расчета округляем до целого значения в меньшую сторону.

Решение задания.

Определим скорость коррозии:

$$v = \frac{5 - 4,1}{12} = 0,075 \text{ мм/год}$$

Определим остаточный ресурс:

$$Z_{\text{ост}} = \frac{4,1 - 3}{0,075} = 14 \text{ лет}$$

Задания для самостоятельного решения.

Определите остаточный ресурс (в годах) участка трубопровода с заданными характеристиками (таблица 10.1).

проектной толщиной стенки трубы 5 мм и остаточной толщиной стенки трубы 4,1 мм, который эксплуатируется 12 лет. Предельно допустимая толщина стенки трубы составляет 3 мм.

Таблица 10.1

Исходные данные

Вариант	Проектная толщина стенки трубы, мм	Остаточная толщина стенки трубы, мм	Предельно допустимая толщина стенки трубы, мм	Фактический срок эксплуатации и момент оценки, лет
1	4	4	2,8	8
2	2,8	2,8	2,4	9
3	3	3	2,5	10
4	3,2	3,2	2,1	7
5	3,5	3,5	2,7	11
6	4	4	3,1	12
7	4,5	4,5	2,9	10
8	5	5	3,2	8
9	5,5	5,5	4,4	9
10	3,5	3,5	2,6	11

Практическое занятие №11. Реконструкция эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

Согласно ГОСТ 539-80 при напорном режиме эксплуатации могут использоваться асбестоцементные трубы ВТ6, ВТ9 и ВТ12 с диаметром условного прохода $D = 0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,35, 0,4$ и $0,5$ м и соответствующей им толщиной стенки d_a .

Трубная конструкция «асбестоцементная труба + полимерный рукав» деформируется, не разделяясь по слоям, имея расчетную толщину стенки, приведенную к толщине стенки асбестоцементной трубы по формуле:

$$d = d_a + d_n \frac{E_n}{E_a} \quad (11.1)$$

где d_a – толщина стенки асбестоцементной трубы, м; d_n – толщина стенки рукава, м; E_a – модуль деформации асбестоцементной трубы, равный $2,5 \times 10^6$ т/м²; E_n – модуль деформации материала рукава, т/м².

Наиболее неблагоприятные условия нагружения соответствуют внутренним давлениям P , равным максимальному значению 60 т/м² для труб ВТ 6, 90 т/м² для труб ВТ 9 и 120 т/м² для труб ВТ 12. Необходимые толщина стенки d_n и модуль деформации полимерного рукава E_n должны определяться из условия прочности асбестоцементной трубы ($R_a=600$ т/м²), имеющей приведенную толщину стенки d_c учетом толщины полимерного рукава:

$$\sigma_{\theta}^* p + \frac{D}{2d} P \leq R_a \quad (11.2)$$

где P – внутреннее давление в трубопроводе, т/м²; D – диаметр асбестоцементной трубы, м; p – нормировочный множитель, учитывающий нагрузки от горного давления и транспорта, передаваемые асбестоцементной трубой на полимерный рукав, т/м², определяемый по формуле:

$$p = H + \frac{19}{3 + H} \quad (11.3)$$

где H – глубина заложения трубопровода, м.

σ_{θ}^* – безразмерный параметр напряженного состояния трубной конструкции, рассчитываемый по формуле:

$$\sigma_{\theta}^* = 220,37 e^{-11,272 \alpha_3} \quad (11.4)$$

Величина параметра α_3 определяется по формуле:

$$\alpha_3 = \frac{2d}{D} \quad (11.5)$$

Условие задания.

При известной толщине стенки и модуля деформации полимерного рукава произвести расчет и оценить выполнение требований обеспечения условия прочности асбестоцементной трубы.

- проектная толщина стенки асбестоцементной трубы $d_a = 0,023$ м;
- назначаемая толщина стенки полимерного рукава $d_n = 0,01$ м;
- модуль деформации асбестоцементной трубы $E_a = 2,5 \times 10^6$ т/м²;
- глубина заложения трубопровода $H = 4$ м;
- асбестоцементная труба диаметром $D = 0,4$ м;
- внутреннее давление в трубопроводе $P = 60$ т/м²;
- назначаемый модуль деформации полимерного рукава $E_n = 25 \times 10^4$ т/м²;
- условия прочности асбестоцементной трубы $R_a = 600$ т/м²

Варианты ответов.

- (!) 500
- (?) 600
- (?) 550
- (?) 650
- (?) 450

Указания к выполнению.

В результате расчетов определяются необходимая толщина полимерного рукава d_n и его модуль деформации E_n .

Решение задания.

Расчет толщины стенки трубы:

$$d = 0,023 + 0,01 \frac{25 \cdot 10^4}{2,5 \cdot 10^6} = 0,024 \text{ м}$$

Определим нормировочный множитель, учитывающий нагрузки от горного давления и транспорта:

$$p = 4 + \frac{19}{3 + 4} = 6,714 \text{ т/м}^2$$

Рассчитаем параметр α_3 :

$$\alpha_3 = \frac{2 \cdot 0,024}{0,4} = 0,12$$

Рассчитаем безразмерный параметр напряженного состояния трубной конструкции:

$$\delta_{\theta}^* = 220,37 \cdot 2,7^{-11,272 \cdot 0,12} = 0,000363$$

Проверяем условие:

$$0,000363 \cdot 6,714 + \frac{0,4}{2 \cdot 0,024} 60 = 500 \frac{\text{Т}}{\text{м}^2} \leq R_a = 600 \frac{\text{Т}}{\text{м}^2}$$

Таким образом, выбранные величины толщины и модуля деформации полимерного рукава обеспечивают условия прочности асбестоцементной трубы.

Задания для самостоятельного решения.

Выполнить прочностной расчет и оценить выполнение требований обеспечения условия прочности асбестоцементной трубы.

- модуль деформации асбестоцементной трубы $E_a = 2,5 \times 10^6 \text{ Т/м}^2$;
- назначаемый модуль деформации полимерного рукава $E_n = 25 \times 10^4 \text{ Т/м}^2$;
- условия прочности асбестоцементной трубы $R_a = 600 \text{ Т/м}^2$

Таблица 11.1

Исходные данные

Вариант	проектная толщина стенки асбестоцементной трубы, м	назначаемая толщина стенки полимерного рукава, м	глубина заложения трубопровода, м	асбестоцементная труба диаметром, м	внутреннее давление в трубопроводе, Т/м ²
1	0,024	0,011	4,1	0,39	59
2	0,025	0,012	4,2	0,41	58
3	0,026	0,013	4,3	0,42	57
4	0,027	0,014	4,4	0,42	56
5	0,028	0,015	4,5	0,44	55
6	0,029	0,015	4,4	0,45	56
7	0,028	0,017	4,3	0,46	57
8	0,027	0,018	4,2	0,38	58

9	0,026	0,019	4,1	0,37	59
10	0,025	0,014	4,6	0,36	61

Практическое занятие №12. Выбор способа ремонта квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

От величины остаточного ресурса трубопровода напрямую зависит метод его реновации. Если трубопровод имеет достаточно большой остаточный ресурс (как правило, более 10 лет), то в качестве метода его восстановления может рассматриваться нанесение набрызгового защитного цементно-песчаного или полимерного покрытий. Эти покрытия будут обеспечивать герметичность трубной конструкции, но не повысят ее несущую способность. В том случае, если трубопровод имеет значительные свищевые повреждения и величина его остаточного ресурса значительно меньше 10 лет, то наиболее приемлемым методом бестраншейного ремонта может являться протягивание в трубопровод полимерной трубы или наложение сплошного внутреннего защитного покрытия из полимерных материалов, что будет обеспечивать повышение несущей способности двухслойной трубной конструкции.

На практике при исследовании состояния участков сети объекты с нулевым остаточным ресурсом рассматриваются как первоочередные для восстановления (реконструкции), а с ненулевым как потенциальные для ремонтно-восстановительных работ – на отдаленную перспективу. При нулевом ресурсе дальнейшая эксплуатация стального трубопровода не целесообразна, и он должен подлежать замене или реновации, например, путем предварительного разрушения и протаскивания на место старого (с помощью бестраншейной технологии) полимерной трубы идентичного диаметра. Другой бестраншейной технологией может служить протаскивание полимерной трубы меньшего диаметра в старый без его разрушения или, как альтернатива, нанесение на внутреннюю поверхность старого трубопровода полимерного рукава (чулка) с соответствующей толщиной стенки. После полимеризации плотно

прилегающего рукава к стенке старого трубопровода образуется самостоятельная двухслойная несущая конструкция, противодействующая нагрузкам на восстановленный трубопровод.

Условие задания.

По результатам обследования водопроводной сети, эксплуатируемой 10 лет, установлено, что вследствие различных условий эксплуатации можно выделить 2 участка с разным остаточным ресурсом. Необходимо подобрать наиболее целесообразные способы реновации этих участков.

Участок №1 - остаточный ресурс 8 лет

Участок №2 - остаточный ресурс 14 лет

Варианты ответов.

(!)

Номер участка водопроводной сети	Остаточный ресурс, лет	Предлагаемый способ реконструкции
1	8	протягивание в трубопровод полимерной трубы или наложение сплошного внутреннего защитного покрытия из полимерных материалов
2	14	набрызговые защитные цементно-песчаные или полимерные покрытия

(?)

Номер участка водопроводной сети	Остаточный ресурс, лет	Предлагаемый способ реконструкции
1	8	набрызговые защитные цементно-песчаные или полимерные покрытия
2	14	протягивание в трубопровод полимерной трубы или наложение сплошного внутреннего защитного

		покрытия из полимерных материалов
--	--	-----------------------------------

(?)

Номер участка водопроводной сети	Остаточный ресурс, лет	Предлагаемый способ реконструкции
1	8	протягивание в трубопровод полимерной трубы или наложение сплошного внутреннего защитного покрытия из полимерных материалов
2	14	протягивание в трубопровод полимерной трубы или наложение сплошного внутреннего защитного покрытия из полимерных материалов

(?)

Номер участка водопроводной сети	Остаточный ресурс, лет	Предлагаемый способ реконструкции
1	8	набрызговые защитные цементно-песчаные или полимерные покрытия
2	14	набрызговые защитные цементно-песчаные или полимерные покрытия

(?)

Номер участка водопроводной сети	Остаточный ресурс, лет	Предлагаемый способ реконструкции
1	8	полимерные покрытия
2	14	цементно-песчаные покрытия

Указания к выполнению.

Для ответа на вопрос надо внимательно прочитать пояснения к практической работе. Ответ должен быть наиболее полным.

Решение задания.

Первоочередными восстанавливают участки с меньшим остаточным ресурсом. Для них целесообразно устройство внутри трубы полимерного рукава (чулка). Для участков с остаточным сроком службы более 10 лет допустимы набрызговые покрытия. Результаты представлены в форме таблицы.

Таблица 12.1

Результаты выбора способа восстановления трубопровода при
реконструкции

Номер участка водопроводной сети	Остаточный ресурс, лет	Предлагаемый способ реконструкции
1	8	протягивание в трубопровод полимерной трубы или наложение сплошного внутреннего защитного покрытия из полимерных материалов
2	14	набрызговые защитные цементно-песчаные или полимерные покрытия

Задания для самостоятельного решения.

Необходимо подобрать наиболее целесообразные способы реновации для участков водопроводной сети, имеющей различный остаточный ресурс.

Таблица 12.2

Исходные данные

Вариант	Остаточный срок службы участка трубопровода, лет	
	7	15
1	12	5
2	9	16
3	19	8
4	6	18
5	14	7

6	7	15
7	13	5
8	9	16
9	18	8
10	6	17

Практическое занятие №13. Поверочный расчет эксплуатируемой квартальной инженерной сети при планировании ремонта

Методические указания к выполнению задания.

Под квартальной сетью понимается сеть трубопроводов от точки подключения к уличной сети до точки присоединения вводов в дома. Расчётная схема выполняется на основе трассировки на плане квартала.

Поверочный расчет квартальной сети включает подбор диаметров трубопроводов, обслуживающих здания микрорайона.

Внутренний диаметр труб $d_{\text{вн}}$, мм, должен быть не менее:

$$d_{\text{вн}} \geq 1000 \sqrt{\frac{4G_{\text{тс}}}{3600\rho v_{\text{оп}}\pi}}, \quad (13.1)$$

где ρ – плотность воды при средней температуре теплоносителя тепловой сети, принимается равной 958 кг/м³; $G_{\text{тс}}$ – расход теплоносителя из тепловой сети, кг/ч; $v_{\text{оп}}$ – скорость теплоносителя в трубах, м/с.

Условие задания.

Подобрать диаметр трубопровода внутриквартальной тепловой сети при условии, что расчетный расход теплоносителя составляет 2596 кг/ч.

Варианты ответов.

(!) 50 мм

(?) 68 мм

(?) 81 мм

(?) 26 мм

(?) 32 мм

Указания к выполнению.

Диаметр теплопроводов из тепловой сети выбирается из условия, обеспечения скорости теплоносителя в трубах в пределах 0,5...0,8 м/с, но не менее Ду 32.

Решение задания.

Рассчитаем по формуле (13.1) диаметр теплопроводов тепловой сети:

$$d_{\text{вн}} \geq 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot 2596}{3600 \cdot 958 \cdot 0,5 \cdot 3,14}} = 43,5 \text{ мм}$$

Выбираем по ГОСТ 8732-78 стальные бесшовные цельнотянутые трубы диаметром 50 мм (57х3,5).

Задания для самостоятельного решения.

Подобрать диаметр трубопровода внутриквартальной тепловой сети при заданном расчетном расходе теплоносителя.

Таблица 13.1

Исходные данные

Вариант	Расчетный расход теплоносителя, кг/ч
1	2123
2	1758
3	2514
4	3092
5	2131
6	1782
7	2156
8	2936
9	3172
10	1257

Практическое занятие №14. Обеспечение требований энергоэффективности при планировании ремонта эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

В зависимости от особенностей и типа трубопровода качественная теплоизоляция позволяет решить следующие задачи:

1. Обеспечение заданной температуры на поверхности изоляционного слоя. Теплоизоляция трубопроводов для получения необходимой температуры на поверхности изоляционного слоя осуществляется в соответствии с требованиями техники безопасности по эксплуатации трубопроводов и санитарными нормами и, как правило, производится в тех случаях, когда не регламентированы тепловые потери. Проще говоря, теплоизоляция трубопроводов необходима для снижения тепловыделения в помещении или, что чаще, защиты людей от тепловых ожогов.

2. Предотвращение замерзания теплоносителя. Как правило, теплоизоляция трубопроводов с целью предотвращения замерзания теплоносителя проводится для участков трубопроводных систем, расположенных вне помещений, на открытом воздухе. Защита теплоносителя от замерзания особенно актуальна для трубопроводов, имеющих малый диаметр и небольшой запас аккумулированного тепла. Выбор материалов для теплоизоляции трубопроводов определяется в зависимости от параметров теплоносителя, температуры окружающей среды, скорости ветра, внутреннего диаметра трубопровода, материала и толщины стенки трубопровода. Длительность простоя теплоносителя до начала замерзания рассчитывается с учетом таких характеристик, как температура замерзания, плотность, скрытая теплота замерзания, удельная теплоемкость. Например, вероятность замерзания теплоносителя заметно возрастает при увеличении скорости ветра, понижении температуры окружающей среды, применении трубопроводов малого диаметра. Снизить риск замерзания теплоносителя можно, если использовать неметаллические трубопроводы с качественной теплоизоляцией.

3. Предотвращение появления конденсата на поверхности изоляционного слоя. Теплоизоляция трубопроводов с целью предотвращения появления конденсата осуществляется на участках трубопроводных систем,

расположенных в помещениях и применяемых для транспортировки жидкости или веществ, температура которых ниже температуры окружающей среды. Например, теплоизоляцию трубопроводов проводят для внутренних систем холодного водоснабжения. При расчете объема теплоизоляционных материалов учитываются такие параметры, как температура и относительная влажность воздуха, вид защитного слоя. Практика расчетов показывает, что толщина необходимого изоляционного слоя значительно меньше, если применяется защитное покрытие с большим коэффициентом неметаллического излучения.

4. Защита водяных тепловых сетей 2-трубной подземной прокладки. В данном случае теплоизоляция трубопроводов производится с целью снижения тепловых потерь. С учетом повышения тарифов на тепло- и энергоносители необходимость внедрения эффективных энергосберегающих технологий и использования при монтаже тепловых сетей современных теплоизоляционных материалов не вызывает сомнений у ведущих специалистов отрасли.

Передача тепла от горячего теплоносителя в окружающую среду для неизолированного трубопровода осуществляется посредством трех механизмов: теплопроводности через цилиндрическую стенку трубопровода, конвекции и излучения с наружной поверхности трубопровода (см. рис.14.1).

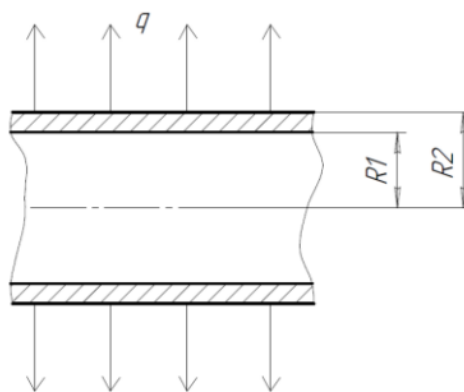


Рисунок 14.1. Тепловой поток через металлическую стенку трубы

Определение толщины изоляции по заданной потере тепла является наиболее распространенным случаем расчета тепловой изоляции. Расчет может производиться, исходя из нормативных плотностей теплового потока, и как завершающий этап более сложного расчета, в результате которого определяются

тепловые потери, удовлетворяющие производственно-техническим и технологическим требованиям.

Допустимое значение теплового потока (теплотер) с поверхности трубопровода определяется, как правило, требованиями технологического процесса (технологии производства), общим тепловым балансом предприятия или нормами плотности теплового потока, предъявляемыми в соответствии с СП 61.13330.

Расчетная толщина тепловой изоляции по заданной плотности теплового потока для трубопроводов надземной прокладки зависит от расположения изолируемого объекта (на открытом воздухе или в помещении), температуры окружающего воздуха (t_0), температуры теплоносителя (t_m), наружного диаметра трубопровода (d_n), и величины заданного или нормативного теплового потока (q_l).

Для трубопроводов толщина тепловой изоляции определяется исходя из линейной плотности теплового потока, то есть теплового потока с метра длины трубопровода заданного диаметра при заданной температуре.

Расчет по нормам плотности теплового потока включает:

А) Определяем температуру теплоизоляционного слоя для определения значения теплопроводности материала. Если температура теплоносителя $t_b > 45^\circ\text{C}$, то температуру теплоизоляционного слоя считаем как

$$t_{\text{из}} = \frac{t_b + 45}{2} \quad (14.1)$$

где t_b – температура теплоносителя, $^\circ\text{C}$.

Иначе температуру теплоизоляционного слоя считаем как^

$$t_{\text{из}} = \frac{t_b + t_n}{2} \quad (14.2)$$

где t_n – среднегодовая температура окружающего воздуха – для трубопроводов, расположенных на открытом воздухе, или температура в помещении при расположении в помещении, $^\circ\text{C}$.

Б) Определяем теплопроводность теплоизоляционного слоя при найденной температуре: $\lambda_{из}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°С). Определяем интерполяцией на основе данных по теплопроводности при 25, 125 и 300 °С.

В) Определяем q_F^H – нормированная плотность теплового потока по таблицам. Определяем плотность теплового потока q по соответствующей таблице (промежуточные значения следует определять интерполяцией):

– Для объектов, находящихся на открытом воздухе, и числе часов работы более 5000 – по таблице 2 СП 61.13330 – «Нормы плотности теплового потока оборудования и трубопроводов с положительными температурами при расположении на открытом воздухе и числе часов работы более 5000».

– Для объектов, находящихся на открытом воздухе и числе часов работы 5000 и менее – по таблице 3 СП 61.13330 – «Нормы плотности теплового потока оборудования и трубопроводов с положительными температурами при расположении на открытом воздухе и числе часов работы 5000 и менее».

– Для объектов, находящихся в помещении и числе часов работы более 5000 – по таблице 4 СП 61.13330 – «Нормы плотности теплового потока для оборудования и трубопроводов с положительными температурами при расположении в помещении и числе часов работы более 5000»

– Для объектов, находящихся в помещении и числе часов работы 5000 и менее – по таблице 5 СП 61.13330 – «Нормы плотности теплового потока для оборудования и трубопроводов с положительными температурами при расположении в помещении и числе часов работы 5000 и менее»

Г) Далее, исходя из выбора района строительства, делаем коррекцию нормы: По таблице 13 СП 61.13330 «Коэффициент K , учитывающий изменение стоимости теплоты в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода (места установки оборудования)» берем коэффициент K и производим расчет :

$$q^{reg} = qK \quad (14.3)$$

где q – нормированная линейная (поверхностная для диаметра 1400 и более) плотность теплового потока (на 1 м длины цилиндрического объекта), Вт/м, принимаемая по таблицам; K – коэффициент, учитывающий изменение стоимости теплоты и теплоизоляционной конструкции в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода (места установки оборудования). Далее полученное, скорректированное q^{reg} используем в расчетах.

Расчет толщины изоляции для плоских и цилиндрических поверхностей с диаметром 2 м и более выполняется по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left(\frac{k(t_b - t_n)}{q_F^H} - R_n \right) \quad (14.4)$$

где R_n – ориентировочные значения, м·°C/Вт (таблица В.3 по СП 61.13330); k – коэффициент дополнительных потерь, учитывающий тепловые потери через теплопроводные включения в теплоизоляционных конструкциях, обусловленных наличием в них крепежных деталей и опор. Коэффициент дополнительных тепловых потерь k через опоры трубопроводов в расчете толщины тепловой изоляции по нормативной плотности теплового потока принимается равным 1; $\lambda_{из}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°C); t_b – температура теплоносителя, °C; t_n – температура окружающей среды, °C; q_F^H – нормированная поверхностная плотность через плоскую теплоизоляционную конструкцию, Вт/м².

Условие задания.

Выполнить расчет толщины теплоизоляции для трубопровода, расположенного на открытом воздухе на подвесных опорах в европейской части страны, с продолжительностью работы 5300 часов, диаметром 100 мм с температурой теплоносителя 100°C и температурой окружающей среды 5°C. В качестве теплоизоляции приняты цилиндры из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы с теплопроводностью 0,08 Вт/(м·°C).

Варианты ответов.

(!) 0,29 м

(?) 0,35 м

(?) 0,12 м

(?) 0,05 м

(?) 0,42 м

Указания к выполнению.

При выполнении расчета использовать СП 61.13330.

Решение задания.

Для заданной температуры теплоносителя, условий расположения и диаметра трубопровода R_n принимается по СП 61.13330 (Таблица В.3) 0,07 м·°С/Вт.

Коэффициент дополнительных k тепловых потерь выбираем по СП 61.13330 (Таблица В.1) с учетом особенностей опор 1,05.

Нормированная плотность теплового потока принимается в зависимости от часов работы по СП 61.13330 (Таблица 2) 34 Вт/м.

Коэффициент K , учитывающий изменение стоимости теплоты и теплоизоляционной конструкции в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода принимается равным 1 по СП 61.13330 (Таблица 13).

Толщина изоляционного материала:

$$\delta_{\text{из}} = 0,08 \left(\frac{1,05 \cdot (100 - (-26))}{34} - 0,07 \right) = 0,29 \text{ м}$$

Задания для самостоятельного решения.

Выполнить расчет толщины теплоизоляции для трубопровода диаметром 100 мм. Принять месторасположение: на открытом воздухе на подвесных опорах в европейской части страны, с продолжительностью работы более 5000 часов. Температура теплоносителя 100°С.

В качестве теплоизоляции приняты цилиндры из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы с теплопроводностью 0,08.

Таблица 14.1

Исходные данные

Вариант	Температура окружающей среды, °С	Теплопроводность материала, Вт/(м·°С)
1	-21	0,09
2	-23	0,1
3	-25	0,11
4	-20	0,08
5	-19	0,07
6	-22	0,12
7	-24	0,13
8	-18	0,06
9	-26	0,14
10	-27	0,15

Практическое занятие №15. Обеспечение требований безопасности при планировании ремонта эксплуатируемой квартальной инженерной сети

Методические указания к выполнению задания.

К задачам по обеспечению безопасности относится соблюдение требований пожарной безопасности. При проверке водопроводной сети на пропуск пожарного расхода расчетные расходы в сети на расчетном направлении увеличиваются по сравнению с расчетом на час максимального водопотребления на величину пожарных расходов.

Проверка производится при параметрах оборудования и трубопроводов, принятых при расчете на час максимального водопотребления при пропуске через них увеличенных пожарных расходов в час максимального водопотребления.

$$q^{И2} = q^{B1} + q_{\text{всех струй}}^{B2} \quad (15.1)$$

где q^{B1} - максимальный секундный расход в сети системы холодного водоснабжения на нужды хозяйственно-питьевого водоснабжения, л/с; q^{B2} - максимальный секундный расход в сети системы холодного водоснабжения на нужды хозяйственно-питьевого водоснабжения, л/с; $q_{\text{всех струй}}^{B2}$ - максимальный

секундный расход в сети системы холодного водоснабжения на нужды пожарного водоснабжения, л/с.

Он определяется в зависимости от производительности и количества пожарных струй:

$$q_{\text{всех струй}}^{B2} = q_{1 \text{ струи}}^{B2} \cdot n_{\text{струй}}^{B2} \quad (15.2)$$

где $n_{\text{струй}}^{B2}$ - количество струй, принимаемое в зависимости от категории здания, количества этажей, и длины коридора.

Потери напора в водомерном узле во время пожара:

$$h_{\text{вод}} = S(q^{B2})^2 \quad (15.3)$$

где S – характеристика сопротивления водомера, м/(л/с)².

Условие задания.

Выполнить проверку системы водоснабжения на пропуск аварийного пожарного расхода, если известно, что:

– максимальный секундный расход проходящий через водомерный узел на вводе водопровода в здание на нужды хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет 1,29 л/с;

– максимальный секундный расход в сети системы холодного водоснабжения на нужды пожарного водоснабжения составляет 2,6 л/с;

– характеристика сопротивления водомера составляет 1,3 м/(л/с)²

Варианты ответов.

(!) 19,67

(?) 1,29

(?) 2,6

(?) 3,99

(?) 5,18

Указания к выполнению.

Потери на счетчиках не должны превышать 10м – предельные потери, определяемые механической прочностью счетчика. Если потери превышают

10м, то на обводной линии предусматривается электрифицированная задвижка, автоматически открывающаяся при пуске пожарных насосов.

Решение задания.

Проверка водомерных узлов на пропуск аварийного пожарного расхода:

$$h_{\text{вод}} = 1,3(1,29 + 2,6)^2 = 19,67 \text{ м} > 10 \text{ м}$$

Так как, потери больше 10м, следовательно, предусматриваем обводную линию с электрифицированной задвижкой.

Задания для самостоятельного решения.

Определить потери напора в водомерном узле во время пожара.

Таблица 15.1

Исходные данные

Вариант	расход на нужды хозяйственно- питьевого водоснабжения, л/с	расход на нужды пожарного водоснабжения, л/с	характеристика сопротивления водомера составляет, м/(л/с) ²
1	1,23	1,4	1,29
2	0,75	2,0	0,72
3	1,4	1,6	1,4
4	0,92	1,6	0,72
5	1,31	2,3	1,4
6	0,78	1,1	1,29
7	1,56	2,5	1,29
8	2,93	1,2	1,29
9	1,72	2,5	0,72
10	1,25	1,3	0,72

Практическое занятие №16. Изучение принципов выполнения сезонных эксплуатационных мероприятий

Методические указания к выполнению задания.

В процессе эксплуатации внутренние поверхности трубопроводов покрываются ржавчиной, грязью, различного рода наслоениями и отложениями. Рост отложений приводит к тому, что коммунальные системы работают с КПД

на десятки процентов ниже расчетных, что приводит к перерасходу топлива, снижается температура горячей воды, возрастает число внеплановых ремонтов. К сезонным эксплуатационным мероприятиям относится промывка квартальной системы, домовых систем.

Наиболее эффективным способом промывки является гидропневматический способ. Он обеспечивает достаточно полное удаление из трубопроводов и арматуры формовочной земли, шлама, продуктов коррозии и других загрязнений. Промывка осуществляется на основе РД 34.20.327-87.

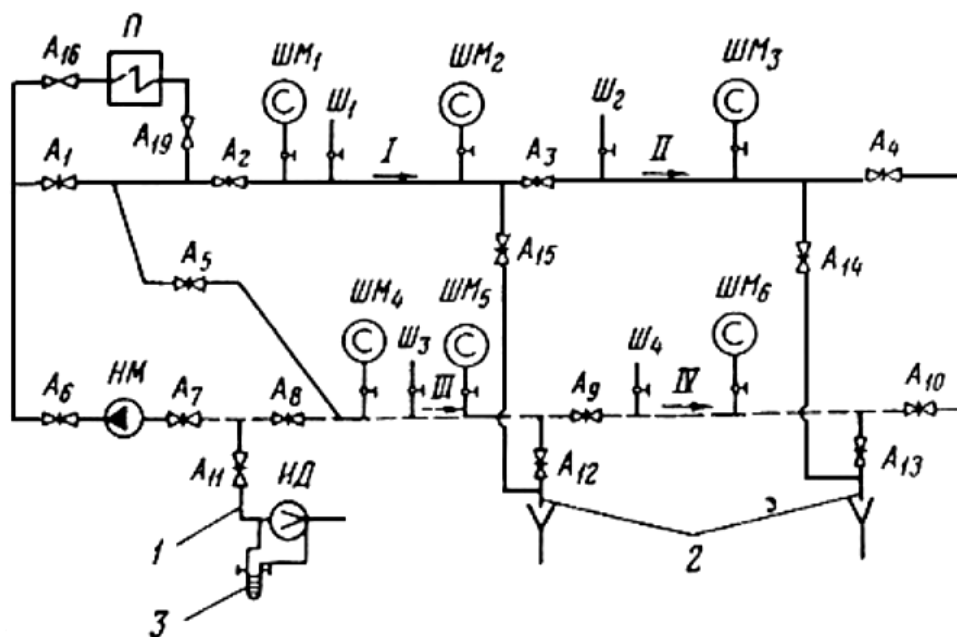


Рисунок 16.1. Принципиальная гидропневматическая схема промываемых участков тепловой сети: I, II, III, IV – номера участков; — — — промываемый участок трубопровода; - - - обратный трубопровод; П – водоподогревательная установка; НМ – сетевой насос; Ш1–Ш4 – илты с краном для подключения сжатого воздуха; ШМ1–ШМ6 – илты с вентилем диаметром 15 мм и манометром; ИД – сужающее устройство для измерения расхода по перепаду давлений; А1–А15 – открытые задвижки; А16, А19 – закрытые задвижки; 1 – подпиточный трубопровод технической воды; 2 – дренажный отвод для сброса воды; 3 – дифманометр

В расчет режима промывки входит определение требуемых расходов воды, воздуха и необходимого давления в начале промываемого участка.

Потери давления на промываемом участке при прохождении водовоздушной смеси:

$$\Delta p_{\text{см}} = \Delta h_{\text{см}} l_{\text{пр}} \beta \cdot 10^{-5}, \quad (16.1)$$

где $\Delta h_{см}$ – удельные потери давления водовоздушной смеси, кгс/(м²·м); $l_{пр}$ – приведенная длина промываемого участка, в которую входит линейная длина и местное сопротивление, м; β – поправочный коэффициент к удельным потерям, зависящий от фактической эквивалентной шероховатости труб промываемого участка, определенной в результате гидравлических испытаний.

Для труб диаметром до 350 мм $l_{пр}=1,5 \cdot l_{тр}$, диаметром 400-500 мм $l_{пр}=1,7 \cdot l_{тр}$, где $l_{тр}$ – линейная длина промываемого участка.

Удельные потери давления водовоздушной смеси определяются по табл. 16.1. Поправочный коэффициент к удельным потерям определяется по табл. 16.2.

Таблица 16.1

Расчетные параметры для гидропневматической промывки водяных тепловых сетей по заданным диаметрам трубопроводов и скорости водовоздушной смеси $V=2,5$ м/с

Показатель	Диаметр трубопровода, мм												
	50	70	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
	Расход водовоздушной смеси, м ³ /ч												
	20	35	50	70	110	160	300	460	680	850	1200	1500	1800
<i>При соотношении объемных расходов воздуха и воды $m = 2$</i>													
Расход воды, м ³ /ч	7	10	15	20	35	55	100	150	230	280	400	500	600
Расход воздуха, м ³ /ч	13	25	35	50	75	105	200	310	450	570	800	1000	1200
Удельные потери давления водовоздушной смеси $\Delta h_{см}$, кгс/(м ² · м)	164,0	61,5	53,3	34,9	30,8	30,0	20,5	13,5	12,3	6,2	8,2	7,0	5,3
<i>При соотношении объемных расходов воздуха и воды $m = 3$</i>													
Расход воды, м ³ /ч	5	10	10	20	30	40	75	120	170	210	300	380	450
Расход воздуха, м ³ /ч	15	25	40	50	80	120	225	340	510	640	900	1120	1350
Удельные потери давления водовоздушной смеси $\Delta h_{см}$, кгс/(м ² · м)	102,0	76,5	30,6	43,4	28,1	19,4	14,3	10,2	8,2	5,6	5,6	4,9	3,8
<i>При соотношении объемных расходов воздуха и воды $m = 4$</i>													

Расход воды, м³/ч	4	7	10	15	20	30	60	90	140	170	240	300	360
Расход воздуха, м³/ч	16	28	40	55	90	130	240	370	540	680	960	1200	1440
Удельные потери давления водовоздушной смеси $\Delta h_{см}$, кгс/(м² · м)	75,4	40,6	34,8	26,1	14,5	12,8	10,0	7,0	6,4	4,1	4,1	3,5	2,7
<i>При соотношении объемных расходов воздуха и воды $m = 5$</i>													
Расход воды, м³/ч	3	6	10	10	20	25	50	80	110	140	200	250	300
Расход воздуха, м³/ч	17	29	40	60	90	135	250	380	570	710	1000	1250	1500
Удельные потери давления водовоздушной смеси $\Delta h_{см}$, кгс/(м² · м)	47,4	33,9	38,4	12,8	16,0	9,6	7,7	5,8	3,8	3,1	3,1	2,6	2,2

Таблица 16.2

Значения поправочных коэффициентов β к величине удельных потерь давления

Условный диаметр трубопровода, мм	Внутренний диаметр трубопровода, мм	Эквивалентная шероховатость $k_{экр}$, мм								
		3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
200	203	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	1,90	1,92	1,93	1,95
250	255	1,76	1,78	1,80	1,82	1,83	1,85	1,87	1,89	1,91
300	305	1,73	1,75	1,77	1,79	1,80	1,82	1,84	1,86	1,87
350	357	1,71	1,73	1,75	1,76	1,78	1,80	1,81	1,83	1,85
400	408	1,69	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,79	1,81	1,82
450	460	1,68	1,70	1,71	1,73	1,74	1,76	1,77	1,79	1,80
500	511	1,67	1,68	1,70	1,71	1,73	1,74	1,76	1,77	1,79
600	610	1,65	1,66	1,68	1,69	1,71	1,72	1,74	1,75	1,76
700	698	1,63	1,65	1,66	1,68	1,69	1,70	1,72	1,73	1,75
800	796	1,62	1,63	1,65	1,66	1,68	1,69	1,70	1,72	1,73
900	894	1,61	1,62	1,63	1,65	1,66	1,68	1,69	1,70	1,71
1000	992	1,60	1,61	1,62	1,64	1,65	1,66	1,68	1,69	1,70

Затем определяются потери давления в дренажном отводе:

$$\Delta p_{др} = k_{см} \Delta h_v l_{др} \cdot 10^{-5}, \quad (16.2)$$

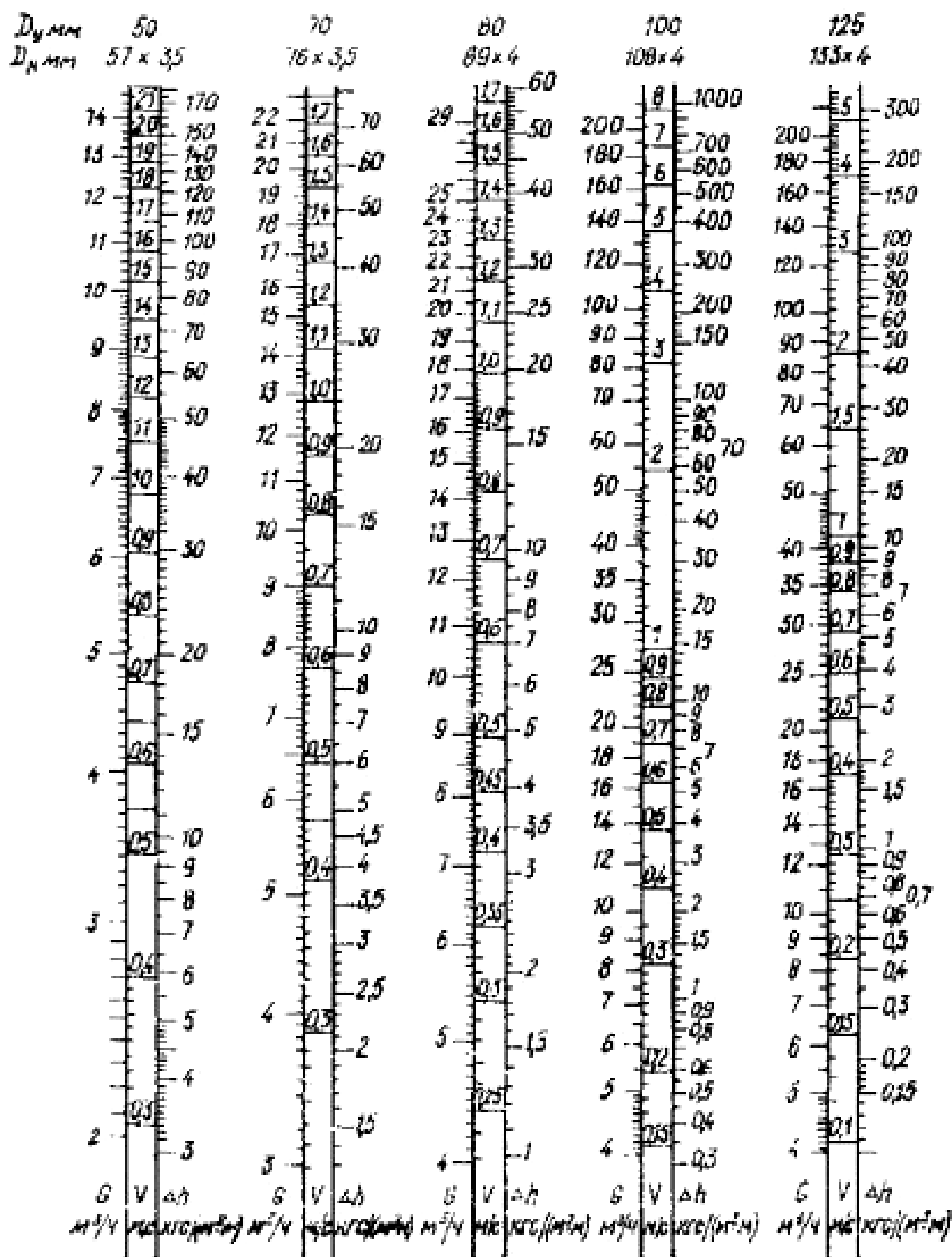
где $k_{см}$ – переводной коэффициент для определения удельных потерь давления водовоздушной смеси; Δh_v – удельные потери давления

водовоздушной смеси в отводе, определяемые по номограмме на рис. 16.1, кгс/(м²·м); $l_{др}$ – длина дренажа, м.

$$\kappa_{см} = 1,3 \left(1 + \frac{0,66m}{1 + 0,34m} \right)^2, \quad (16.3)$$

где m – соотношения объемных расходов воздуха и воды.

Условные проходы дренажных отводов для спуска промывочной воды, штуцеров для сжатого воздуха выбираются в зависимости от диаметров условных проходов промываемых трубопроводов и в соответствии с табл. 16.3.



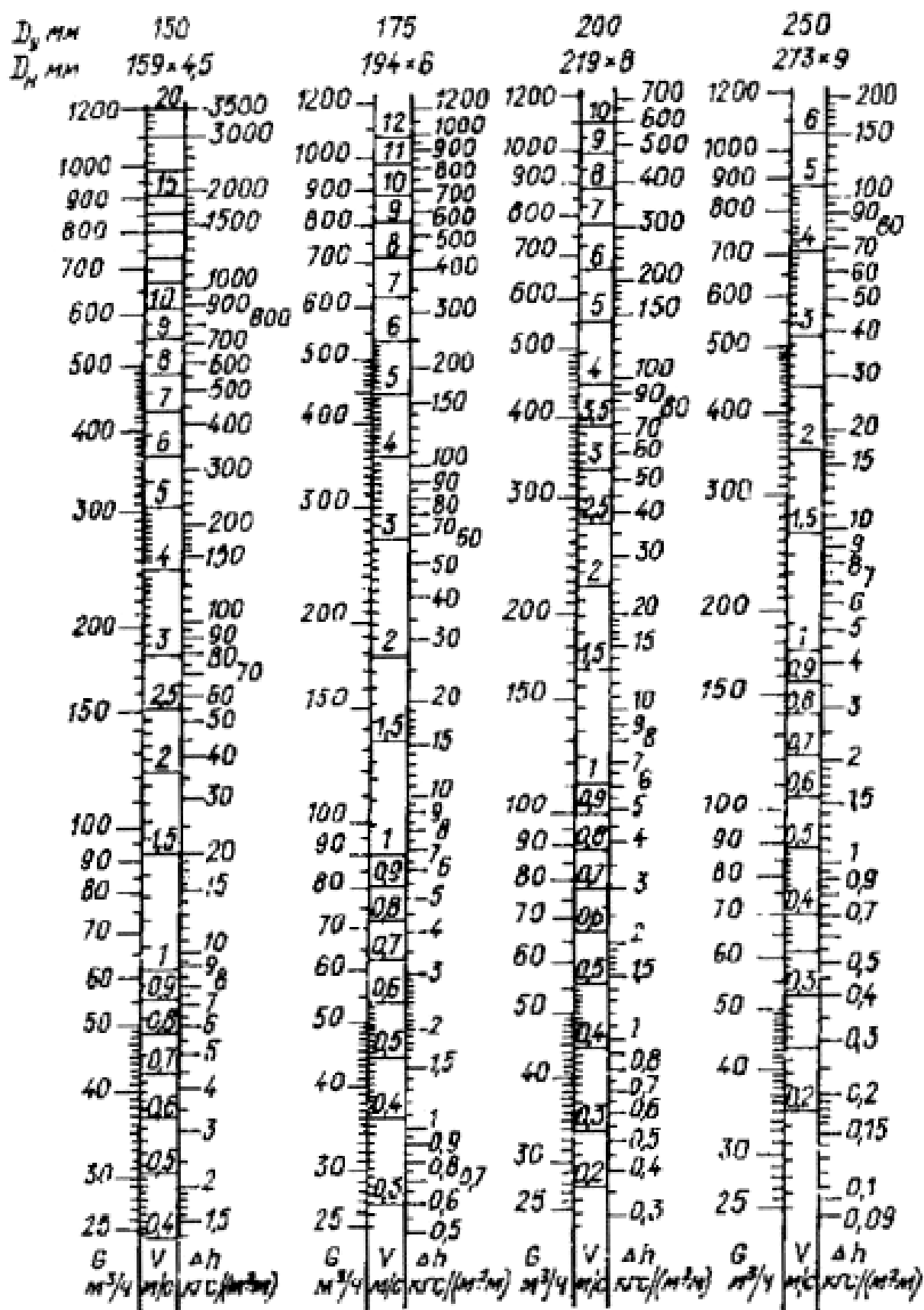


Рисунок 16.1. Номограммы для расчета гидравлических потерь в водяных трубопроводах при $k_{эв} = 0,5$ мм и $\rho = 958$ кгс/м³

Характеристики дренажа

Наименование	Диаметр условного прохода трубопровода D_y , мм				
	50 - 80	100 - 150	200 - 250	300 - 450	500
Условный проход дренажного отвода для спуска промывочной воды	40	80	100	200	250

Далее определяется необходимое давление водовоздушной смеси в конце промываемого участка P_2 и в начале P_1 :

$$P_2 = 0,05 + \Delta p_{др}, \quad (16.4)$$

$$P_1 = P_2 + \Delta p_{см} + \frac{Z}{100}, \quad (16.5)$$

где Z – разность отметок оси трубопровода в точках ввода и сброса водовоздушной смеси на промываемом участке, м. Если точка сброса расположена выше точки ввода, то Z принимается со знаком «плюс», если ниже – со знаком «минус».

Полученное значение P_1 определяет давление, которое должно обеспечиваться компрессорной установкой. Расчетная подача компрессоров определяется по минутному расходу сжатого воздуха:

$$L_{комп} = \frac{L_{возд}}{60}, \quad (16.5)$$

где $L_{возд}$ – расход воздуха, $м^3/ч$.

Условие задания.

Требуется промыть участок магистрали диаметром D_y 400 мм, длиной 900 м. Фактическое значение эквивалентной шероховатости труб составляет $k_{экр}=3,2$ мм. Скорость водовоздушной смеси $V=2,5$ м/с. Длина дренажной трубы $l_{др}=12$ м с подъемом на высоту $Z=2$ м. Расход воздуха и воды принимается в соотношении $m=3$.

Требуется найти необходимое давление водовоздушной смеси в начале промываемого участка.

Варианты ответов.

(!) 0,256

(?) 0,145

(?) 0,041

(?) 0,091

(?) 0,151

Указания к выполнению.

Удельные потери давления в дренажном отводе, определяются по номограммам для расчета гидравлических потерь по диаметру отвода и заданному расходу воды.

Решение задания.

По табл. 16.3 принимаем дренажную трубу диаметром 200 мм,

По табл. 16.1. определяем расход водовоздушной смеси на промывку: при $V=2,5$ м/с и $D_y=400$ мм составляет 1200 м³/ч.

По этой же таблице находим расходы воды 300 м³/ч, воздуха 900 м³/ч и удельные потери давления водовоздушной смеси $\Delta h_{см} = 5,6$ кгс/(м²·м).

По табл. 16.2 поправочный коэффициент на эквивалентную шероховатость $\beta=1,69$.

Потери давления на промываемом участке:

$$\Delta p_{см} = 5,6 \cdot 1,7 \cdot 900 \cdot 1,69 \cdot 10^{-5} = 0,145 \text{ МПа}$$

Удельные потери давления в дренажном отводе при расходе воды 300 м³/ч по номограмме на рис. 16.1 для труб диаметром $D_y=200$ мм составляют 45 кгс/(м²·м).

Потери давления в этом отводе при протекании водовоздушной смеси:

$$\Delta p_{др} = 5,1 \cdot 45 \cdot 1,5 \cdot 12 \cdot 10^{-5} = 0,041 \text{ МПа}$$

где

$$k_{см} = 1,3 \left(1 + \frac{0,66 \cdot 3}{1 + 0,34 \cdot 3} \right)^2 = 5,1$$

Необходимое давление водовоздушной смеси в конце и начале промываемого участка:

$$P_2 = 0,05 + 0,041 = 0,091 \text{ МПа}$$

$$P_1 = 0,091 + 0,145 + \frac{2}{100} = 0,256 \text{ МПа}$$

Расчетная подача компрессоров:

$$L_{\text{комп}} = \frac{900}{60} = 15 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Задания для самостоятельного решения.

Требуется промыть участок внутриквартальной магистрали и определить необходимое давление водовоздушной смеси в начале промываемого участка.

Скорость водовоздушной смеси принять $V=2,5 \text{ м/с}$.

Таблица 16.2

Исходные данные

Вариант	Диаметр магистрали D_y , мм	Длина магистрали $l_{\text{тр}}$, м	Эквивалентная шероховатость $k_{\text{экв}}$, мм	Длина дренажной трубы $l_{\text{др}}$, м	Подъем/опуск дренажной трубы на высоту Z , м	Соотношение расхода воздуха и воды m
1	250	1200	3,2	15	Подъем 2	2
2	350	1000	3,3	10	Опуск 2	3
3	500	800	3,4	12	Подъем 3	4
4	200	900	3,5	11	Опуск 3	5
5	400	1100	3,6	14	Подъем 2,5	2
6	350	1200	3,7	20	Опуск 2,5	3
7	300	1000	3,8	16	Подъем 1,5	4
8	450	800	3,9	18	Опуск 1,5	5
9	200	900	4,0	21	Подъем 1,0	2
10	500	1100	3,2	19	Опуск 1,0	3