

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

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, после чего выполняется сравнительный анализ фактических значений температур теплоносителя с расчетными. Для удовлетворения нагрузки горячего водоснабжения температура воды в подающем трубопроводе не может быть ниже 70 °С в закрытых системах теплоснабжения. Для этого отопительный график спрямляется на уровне указанных температур и становится отопительно-бытовым.

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°С до температуры, соответствующей точке излома (+2,5°С), 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°С), до расчетной температуры наружного воздуха для отопления (–28°С, верхняя срезка) осуществляется центральное качественное регулирование.

Условие задания.

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

Таблица 1.1

Исходные данные

Город	Текущая температура наружного воздуха t_n^{ϕ} , °С	Фактические параметры температур теплоносителя, °С		
		подающая магистраль t_1^{ϕ}	обратная магистраль t_2^{ϕ}	подающая после элеватора t_3^{ϕ}
Москва	-16	104	52	67

Оценить соответствие температуры в системы отопления нормативным требованиям.

Варианты ответов.

$$(!) t_1^{\phi} = t_1^H; t_2^{\phi} < t_2^H; t_3^{\phi} < t_3^H$$

$$(?) t_1^{\phi} = t_1^H; t_2^{\phi} > t_2^H; t_3^{\phi} > t_3^H$$

$$(?) t_1^{\phi} > t_1^H; t_2^{\phi} = t_2^H; t_3^{\phi} > t_3^H$$

$$(?) t_1^{\phi} < t_1^H; t_2^{\phi} < t_2^H; t_3^{\phi} < t_3^H$$

$$(?) t_1^{\phi} < t_1^H; t_2^{\phi} > t_2^H; t_3^{\phi} = t_3^H$$

Указания к выполнению.

Соответствие работы системы теплоснабжения нормативным требованиям определяется путем сравнения фактических значений и требуемых, полученных при расчете графика теплоснабжения. При работе пользоваться данными СП 131.13330.2012. График теплоснабжений 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.

Выполним последовательно расчет для г. Москвы по формулам (1.1)-(1.6).

$$t_H = 18^{\circ}\text{C} \text{ (т.к. } t_{\text{нро}} = -28^{\circ}\text{C)}$$

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

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

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

$$\bar{Q}_0^p = \frac{18 + 16}{18 + 28} = 0,739$$

$$t_1 = 18 + 64,5 \cdot 0,739^{0,8} + (60 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,739 = 103,74^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 18 + 64,5 \cdot 0,739^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,739 = 59,4^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = 18 + 64,5 \cdot 0,739^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot 0,739 = 77,87^{\circ}\text{C}$$

$t_1^{\phi} = 104 \sim 103,74^{\circ}\text{C}$, следовательно режим работы внешней сети не нарушен.

$t_3^{\phi}=67<77,87^{\circ}\text{C}$, 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.

$t_2^{\phi}=52<59,4^{\circ}\text{C}$, что связано с предыдущей проблемой.

Задания для самостоятельного решения.

При обследовании системы отопления жилого дома, проведенного при текущей температуре наружного воздуха t_n^{ϕ} , были получены следующие фактические параметры теплоносителя (см. табл. 1.2). Требуется определить расчетные параметры теплового режима при текущей температуре наружного воздуха t_n^{ϕ} . Оценить работу системы отопления: охарактеризовать нарушения теплового режима и причины их проявления.

Таблица 1.2

Исходные данные

Вариант	Город	Текущая температура наружного воздуха t_n^{ϕ}	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 №2. 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. 2.1).

Таблица 2.1

Исходные данные

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
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_V – условие соблюдается

H_T – условие не соблюдается

H_D – условие соблюдается (в динамическом режиме)

$(\Delta H_p)_E$ – условие соблюдается

Указания к выполнению.

Необходимо сравнить требуемые значения с фактическими. 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

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

$H_T^{\Phi}=30 \text{ м} > H_T^{\text{доп}}=27,3 \text{ м}$ ($2,7 \times 9 + 3 = 27,3 \text{ м}$) – 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_T 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. 2.2). Оценить соответствие давления в системе отопления нормативным требованиям.

Таблица 2.2

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 №3. 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 №2. Пример некоторых вариантов приведен на рис. 3.1.

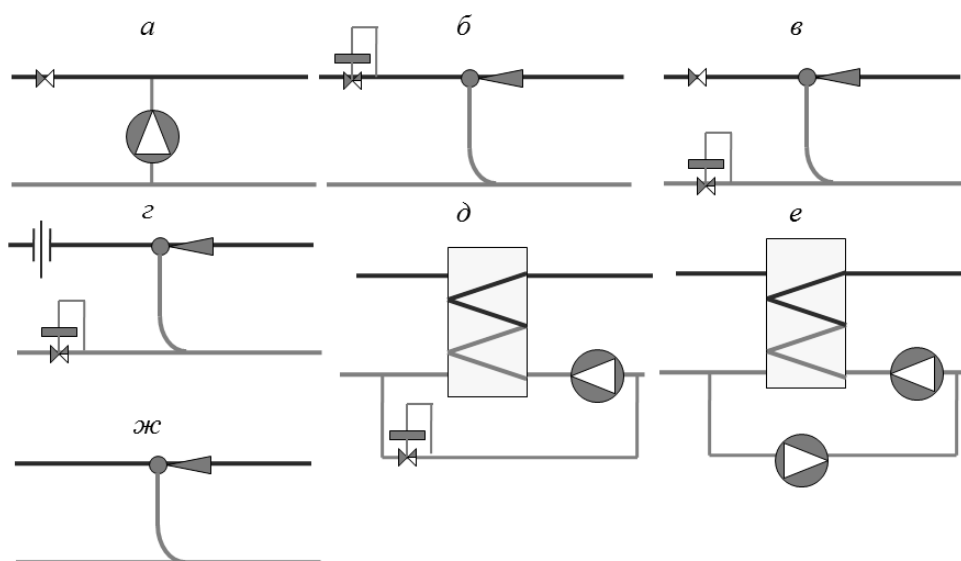


Рисунок 3.1. Некоторые способы абонентского присоединения: а) при недостаточном располагаемом напоре; б) при завышении давления в подающей линии; в) при низком статическом давлении; г) при угрозе опорожнения системы; д) при угрозе механического разрушения системы; е) при недостаточном напоре в подающей и обратной линиях; ж) при соответствии всех фактических характеристик гидравлического режима расчетным значениям

Самый простой и экономичный вариант (рис. 3.1, 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_{Γ} – условие не соблюдается (в статическом режиме)

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

Из представленных на рис. 3.1 схем возможно применение схемы г).

Необходимо создать подпор на обратной линии, чтобы обеспечить давление в статическом режиме. Т.к. разница между фактическим и требуемым 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 выбрать способ присоединения абонента по рис. 3.1.

Практическое занятие №4. Наладка и регулировка работы квартальной тепловой сети в процессе эксплуатации для снижения нерациональных потерь энергоресурсов

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:

$$\Delta H_p = \Delta H_{p(\text{ЦТП})} - (\Delta H_{(\text{г/п})\text{п}} + \Delta H_{(\text{г/п})\text{о}}) \quad (4.1)$$

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:

$$d_d = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_c^2}{\Delta H_d}} \quad (4.2)$$

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 $\Delta H_{\text{м/с}}$:

$$\Delta H_{\text{м/с}} = 0,1 \cdot h \cdot \beta \quad (4.3)$$

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 0,5 м, на обратном трубопроводе 0,4 м. Располагаемый напор на ЦТП 15 м. Расход сетевой воды 10,7 т/ч. Поправочный коэффициент эквивалентной шероховатости 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 (4.1)-(4.3). Результат получается в мм.

Решение задания.

Определим сопротивление местной системы:

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

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.

Исходные данные

Вариант	Потери напора на подающем трубопроводе $\Delta H_{г/п(п)}$, 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 1. КОНТРОЛЬ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВНУТРИДОМОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Практическое занятие №5. Наладка работы системы отопления

Методические указания к выполнению задания.

После наладки квартальной тепловой сети следует наладка работы теплового ввода. Для устойчивой работы однотрубных систем отопления фактический расход местной воды может отличаться от расчетного значения не более, чем на 10%:

$$0,9G_M^p \leq G_M^\phi \leq 1,1G_M^p \quad (5.1)$$

где G_M – расход местной воды, т/ч.

В двухтрубных системах отопления фактический расход местной воды должен быть не меньше $0,85G_M^p$. Увеличение расхода местной воды в этих системах не регламентируется.

Требуемый расход сетевой воды G_c определяется по формуле:

$$G_c = \frac{Q_{от}^p}{c(t_1^p - t_2^p)} \quad (5.2)$$

где $Q_{от}^p$ – расчетная отопительная нагрузка здания, кВт.

Регулировка может осуществляться исходя из следующей зависимости:

$$\frac{G_c^{нов}}{G_c^p} = \frac{t_1^p - t_2^p}{t_1^\phi - t_2^p} \quad (5.3)$$

Требуемый расход местной воды определяется по формуле:

$$G_m^p = G_c^p(1 + U^p) \quad (5.4)$$

где U – коэффициент смешения элеватора.

Фактический расход сетевой воды можно определить по показаниям водомера или по перепаду давления в подающей и обратной магистралях:

$$G_c^\phi = 1,2d_{сп}^2\sqrt{\Delta H} \quad (5.5)$$

где $d_{сп}$ – диаметр сопла элеватора, см; $\Delta H = P_1 - P_2$ – располагаемый напор перед элеваторным узлом, определяемый по разности показаний манометров на вводе, м.вод.ст.

Фактический расход местной воды определяется по формуле:

$$G_m^\phi = G_c^\phi(1 + U^\phi) \quad (5.6)$$

где фактический расход сетевой воды G_c^ϕ определен по показанию теплосчетчика, а фактический коэффициент смешения рассчитывается на основании показаний термометров на элеваторном узле:

$$U^\phi = \frac{t_1 - t_3}{t_3 - t_2} \quad (5.7)$$

При несоответствии фактического расхода сетевой воды требуемому значению изменяют диаметр сопла:

$$d_{сп}^{нов} = d_{сп}^{сущ} \sqrt{\frac{G_c^p}{G_c^\phi}} \quad (5.8)$$

где, $d_{\text{сп}}^{\text{нов}}$ и $d_{\text{сп}}^{\text{сущ}}$ соответственно новое и существующее значение диаметра сопла, см.

Изменение диаметра сопла приведет к изменению коэффициента смешения $U^{\text{н}}$ и, соответственно, к изменению расхода местной воды $G_{\text{м}}^{\text{н}}$:

$$U^{\text{н}} = \left(1 + U^{\Phi}\right) \frac{d_{\text{сп}}^{\text{сущ}}}{d_{\text{сп}}^{\text{нов}}} - 1 \quad (5.9)$$

Условие задания.

В доме с двухтрубной системой отопления наблюдается систематический общий перегрев. Температура сетевой воды соответствует графику теплоснабжения. Расчетный расход сетевой воды на дом $G_{\text{с}}^{\text{р}} = 1$ т/ч.

Обследование теплового узла ввода показало, что фактический располагаемый напор на вводе в дом составляет $\Delta H_{\text{с}}^{\Phi} = 14$ м. вод. ст. Коэффициент смешения $U^{\Phi} = 2$. Диаметр сопла элеватора $d_{\text{сп}}^{\Phi} = 5,4$ мм.

Выполнить наладку теплового ввода путем подбора диаметра сопла элеватора.

Варианты ответов.

(!) 4,72 мм

(?) 1,39 мм

(?) 3,93 мм

(?) 2,43 мм

(?) 3,43 мм

Указания к выполнению.

Следует помнить, что изменение расхода местной воды должно соответствовать расчетному значению в указанных в начале работы границах. Если изменение диаметра сопла приводит к недопустимому повышению расхода местной воды, то следует повысить сопротивление системы прикрытием задвижки после элеватора или установить дроссельную диафрагму. Если произойдет недопустимое снижение расхода местной воды, то проверяется соответствие номера элеватора, а затем принимаются меры по

повышению напора на вводе и уменьшению диаметра сопла. Затем проверка соответствия расхода местной воды расчетному значению повторяется.

Решение задания.

Перегрев здания свидетельствует об излишней теплоподаче из внешней квартальной теплосети, что приводит к нерациональному расходу энергоресурсов.

Поэтому вначале определим фактический расход сетевой воды:

$$G_c^{\Phi} = 1,2 d_{\text{сп}}^{2(\text{сущ})} \sqrt{\Delta H^{\Phi}} = 1,2 \times 0,54^2 \sqrt{14} = 1,31 \text{ т/ч}$$

Т.е. фактический расход теплоносителя превышает расчетный более чем на 30%.

Для обеспечения требований к соответствию расчетного значения расхода местной воды, который может измениться при наладке, его расчетному значению определим фактический расход местной воды:

$$G_M^{\Phi} = G_c^{\Phi} (1 + U^{\Phi}) = 1,31 (1 + 2) = 3,93 \text{ т/ч}$$

Снизить расход сетевой воды до расчетного значения (что приведет к понижению температуры местной воды и, соответственно, температуры помещений) можно путем изменения диаметра сопла элеватора. Новый диаметр сопла:

$$d_{\text{сп}}^{\text{нов}} = d_{\text{сп}}^{\text{сущ}} \sqrt{\frac{G_c^{\text{р}}}{G_c^{\Phi}}} = 5,4 \sqrt{\frac{1}{1,31}} = 4,72 \text{ мм}$$

Коэффициент смешения станет:

$$U^{\text{н}} = (U^{\Phi} + 1) \frac{d_{\text{сп}}^{\text{сущ}}}{d_{\text{сп}}^{\text{нов}}} - 1 = (2 + 1) \frac{5,4}{4,72} = 2,43$$

Новый расход местной воды после изменения диаметра сопла будет:

$$G_M^{\text{н}} = G_c^{\text{н}} (1 + U^{\text{н}}) = 1 (1 + 2,43) = 3,43 \text{ т/ч}$$

Изменение расхода местной воды после наладки составляет:

$$\Delta G_M = \frac{G_M^{\text{н}}}{G_M^{\Phi}} = \frac{3,43}{3,93} = 0,87$$

Изменение расхода составляет 13%, что для двухтрубной системы отопления допустимо, поэтому можно считать, что наладка выполнена успешно.

Задания для самостоятельного решения.

Результаты обследования элеваторного узла системы отопления жилого дома, проведенного по жалобам потребителей на систематическое температуры в помещениях, приведены в табл.5.1. Требуется отрегулировать работу системы путем изменения диаметра сопла элеватора.

Таблица 5.1

Исходные данные

Вариант	Расчетный расход сетевой воды $G_{ср}$, т/ч	Фактический располагаемый напор $\Delta H_{рс}$, м	Коэффициент смещения $U^ф$	Диаметр сопла элеватора $d_{сп}$, см	Система отопления
1	1,23	14	1,29	0,45	однотрубная
2	0,75	10	0,72	0,58	однотрубная
3	1,4	16	1,4	0,67	2х-трубная
4	0,92	16	0,72	0,54	2х-трубная
5	1,31	13	1,4	0,47	однотрубная
6	0,78	11	1,29	0,57	однотрубная
7	1,56	15	1,29	0,49	однотрубная
8	2,93	12	1,29	0,73	однотрубная
9	1,72	15	0,72	0,5	однотрубная
10	1,25	13	0,72	0,46	однотрубная

Практическое занятие №6. Наладка работы системы водоснабжения

Методические указания к выполнению задания.

Наладка системы горячего водоснабжения заключается в осуществлении мероприятий, обеспечивающих требуемое распределение циркуляционного расхода между системами зданий, секционными узлами и стояками с целью получения нормативных значений температуры горячей воды у всех

водоразборных точек. Согласно СП эта температура должна быть не ниже 50°C.

Наладка состоит из следующих этапов:

- обследование системы;
- разработка мероприятий по наладке;
- выполнение разработанных мероприятий;
- регулировка системы.

При обследовании системы и разработке мероприятий составляют и уточняют схемы квартальной сети, уточняют схемные решения стояков, подключенных к разводящим и циркуляционным трубопроводам зданий, определяют циркуляционный расход в системе, производят гидравлический расчет системы при циркуляционном расходе, разрабатывают мероприятия по повышению гидравлической и тепловой устойчивости, намечают места установки дроссельных устройств и производят их расчет.

Циркуляционный расход в системе (на тепловом пункте) определяется на летний период по формуле:

$$G_{\text{ц}} = \frac{\sum Q_{\text{гв}}}{\rho c(t_3 - t_4)} \quad (6.1)$$

где $\sum Q$ – суммарные потери теплоты разводящими трубопроводами системы и водоразборными стояками, Вт; ρ – плотность воды, в расчете принимается равной 983 кг/м³; c – теплоемкость воды, 4,19 кДж/кг°C; t_3 – температура воды на входе в участок трубопровода или системы, °C; t_4 – температура воды на выходе из участка трубопровода или системы, °C.

Обычно при нормальном режиме циркуляции $\Delta t = 10\text{--}15^\circ\text{C}$ – снижение температуры воды от ЦТП до самой удаленной водоразборной точки.

В прикидочных расчетах потери теплоты можно определить по формуле:

$$\sum Q_{\text{гв}} = n q_{\text{эт}} \quad (6.2)$$

где n – число квартир, обслуживаемых системой; $q_{\text{эт}}$ – теплопотери этажестояком с учетом доли потери тепла в магистрали. Для систем с

прокладкой стояков в каналах санитарно-технических кабин рекомендуется принимать равным 230–250 ккал/ч (250-300 Вт).

Расчет регулирующего клапана сводится к определению его пропускной способности, при которой на заданном расходе будет дросселирован заданный избыток напора. Пропускная способность регулирующей арматуры численно характеризуется коэффициентом пропускной способности K_v . Коэффициент K_v равен расходу рабочей среды с плотностью 1000 кг/м³ через клапан при перепаде давления на нем 0,1 МПа:

$$K_v = \eta G_{\text{ц}} \sqrt{\frac{\rho}{1000 \cdot \Delta p}} \quad (6.3)$$

где η – величина коэффициента запаса по расходу, принимаемая в зависимости от назначения регулирующей арматуры, принимается в интервале 1,3; Δp – перепад давления на клапане, бар.

Регулирующая арматура никогда не подбирается по диаметру трубопровода. Однако диаметр трубопровода до и после клапана необходимо рассчитывать для подбора обвязки регулирующих клапанов. Так как регулирующий клапан подбирается по величине K_v , часто условный диаметр клапана оказывается меньше условного диаметра трубопровода, на котором он установлен, особенно при большом перепаде на клапане. В этом случае допускается выбирать клапан с условным диаметром меньше условного диаметра трубопровода на одну-две ступени. При большей разнице рекомендуется использовать клапаны с пониженной пропускной способностью K_v . Данное решение позволяет снизить стоимость оборудования, а также при таком подборе оборудование оказывается более компактным по габаритам и массе:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{G_{\text{ц}}}{w}} \quad (6.4)$$

где d – диаметр трубопровода, мм; w – рекомендуемая скорость воды, в расчете принимаем равной 1 м/с.

Одной из серьезных проблем, возникающих при применении запорной и регулирующей арматуры, является возникновение кавитации. Особенно сильно этот эффект проявляется при использовании регуляторов, понижающих давление «после себя» – редуционных клапанов. Кавитация – процесс образования и последующего схлопывания пузырьков вакуума в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, что в свою очередь приводит к преждевременному износу элементов регулирующей арматуры.

Для проверки возможности появления кавитации при больших перепадах давления на клапане применяется следующая формула:

$$\Delta p \leq 0,6 \cdot p_1 \quad (6.5)$$

где p_1 – давление на входе клапана, кПа.

При выборе регулятора давления необходимо учитывать явления, связанные с шумом работающего регулятора. Возникновение шумов вызвано газодинамическими колебательными процессами у регулирующих органов и стенок регуляторов. При совпадении частоты колебаний амплитуда колебаний клапана может резко возрасти, что приведет к износу и разрушению клапана, а также к сильной вибрации регулятора. Главной причиной повышенного шума является повышенная скорость воды в выбранном трубопроводе относительно рекомендуемой. Фактическая скорость воды может быть рассчитана по формуле:

$$w = 354 \frac{G_{\text{ц}}}{d_{\text{к}}^2} \quad (6.6)$$

где $d_{\text{к}}$ – диаметр клапана, мм.

Максимально допустимая скорость 3 м/с.

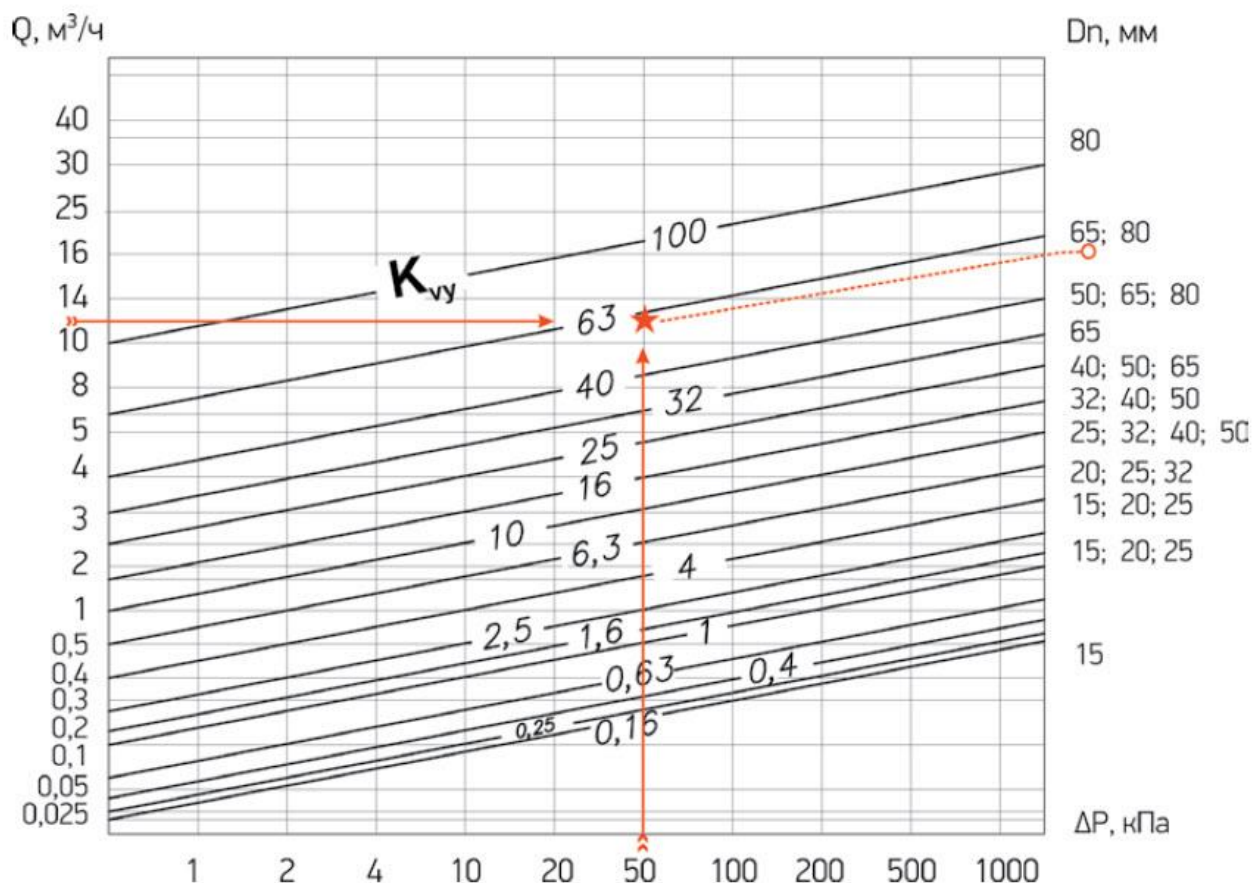


Рисунок 6.1. Номограмма для выбора клапана

Условие задания.

Гидравлический расчет квартальной системы показал, что давление в подающем трубопроводе на вводе в систему выше допустимого по требованиям механической прочности и составляет 0,65 МПа. Необходимо выполнить расчет регулятора давления, действующего по принципу «после себя». Здание, присоединенное к квартальной системе 9-этажное 2-х секционное, на одном этаже по 4 квартиры. Температурный график ГВС 70/40. Определить расчетный коэффициент пропускной способности.

Варианты ответов.

- (!) 1,14
- (?) 0,63
- (?) 0,5
- (?) 0,26
- (?) 0,39

Указания к выполнению.

По рассчитанному значению K_v подбирается регулирующий клапан с максимально близким большим значением с учетом рекомендуемого диаметра. Клапан необходимо выбирать так, чтобы расчетная величина K_v находилась в интервале между $K_v^{\min}$ и $K_v^{\max}$ клапана. Для клапанов различных производителей значения K_v различны. Указанные параметры приведены в технических описаниях оборудования.

Теплопотери в расчете приняты 300 Вт.

При расчете необходимо перевести кДж в Дж и секунды в часы.

Предельно допустимый напор в системе водоснабжения составляет 60 м.

Значения давления должны быть переведены в бар: 1 бар=100 кПа.

Решение задания.

Определим потери теплоты разводящими трубопроводами ГВС:

$$\sum Q_{гв} = 9 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 300 = 21600 \text{ Вт}$$

Определим циркуляционный расход воды в системе:

$$G_{ц} = \frac{21600}{983 \cdot 4,19(70 - 40)} \cdot \frac{60 \cdot 60}{1000} = 0,63 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где множитель второй дроби – переводные единицы из кДж в Дж и из секунд в час.

Определим диаметр трубопровода:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{0,63}{1}} = 14,92 \text{ мм}$$

Принимаем 15 мм.

Для определения коэффициента пропускной способности клапана необходимо найти величину регулируемого давления, которое будет представлять собой разницу между фактическим и предельно допустимым давлением.

$$\Delta p = p^{\phi} - p^{\max} = 0,65 - 0,6 = 0,05 \text{ МПа или } 50 \text{ кПа или } 0,5 \text{ бар.}$$

$$K_v = 1,3 \cdot 0,63 \sqrt{\frac{983}{1000 \cdot 0,5}} = 1,14 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По графику выбираем размер клапана Ду15, $K_v=1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Расчет потерь на клапане:

$$\Delta p = \left(\frac{1,3 \cdot 0,63}{1,6} \right)^2 \cdot \frac{983}{1000} = 0,26 \text{ бар или } 26 \text{ кПа}$$

Проверим возможность появления кавитации:

$$\Delta p = 26 \text{ кПа} \leq 0,6 \cdot 650 = 390 \text{ кПа}$$

Условие обеспечено.

Определим фактическую скорость воды:

$$w = 354 \frac{0,63}{15^2} = 0,99 \text{ м/с}$$

Условие обеспечено.

Задания для самостоятельного решения.

Гидравлический расчет квартальной системы показал, что давление в подающем трубопроводе на вводе в систему выше допустимого по требованиям механической прочности. Необходимо выполнить расчет регулятора давления, действующего по принципу «после себя». Основные характеристики приведены в табл. 6.1.

Принять, что на одном этаже расположено по 4 квартиры. Принять Температурный график ГВС 70/40.

По результатам расчета определить: диаметр клапана, коэффициент пропускной способности, оценить соблюдение условий по кавитации и шуму.

и составляет 0,65 МПа. Здание, присоединенное к квартальной системе 9-этажное 2-х секционное,. Определить расчетный коэффициент пропускной способности.

Таблица 6.1

Исходные данные

Вариант	Давление на вводе, м	Количество этажей	Количество секций
---------	----------------------	-------------------	-------------------

1	61	9	1
2	62	12	2
3	63	14	3
4	64	16	1
5	65	17	2
6	61	17	3
7	62	16	1
8	63	14	2
9	64	12	3
10	65	9	1

Практическое занятие №7. 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.

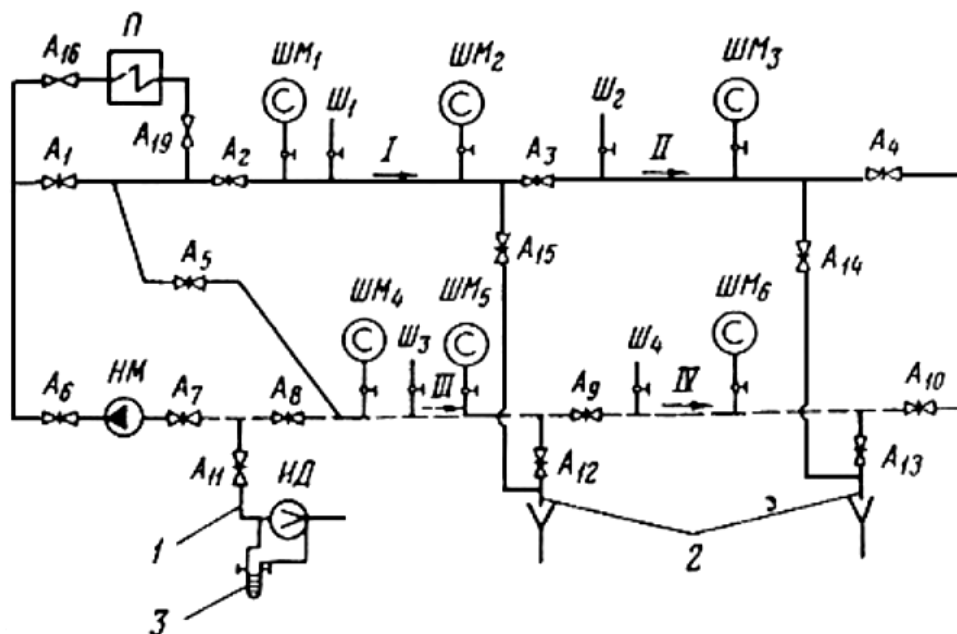


Рисунок 7.1. Принципиальная гидроневматическая схема промываемых участков тепловой сети: I, II, III, IV – номера участков; — промываемый участок трубопровода; --- обратный трубопровод; II – водоподогревательная установка; НМ – сетевой насос; Ш1–Ш4 – итуцера с краном для подключения сжатого воздуха; ШМ1–ШМ6 – итуцера 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:

$$\Delta p_{\text{см}} = \Delta h_{\text{см}} l_{\text{пр}} \beta \cdot 10^{-5}, \quad (7.1)$$

где $\Delta h_{\text{см}}$ – удельные потери давления водовоздушной смеси, кгс/(м²·м); $l_{\text{пр}}$ – 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 $l_{\text{пр}}=1,5 \cdot l_{\text{тр}}$, диаметром 400-500 мм $l_{\text{пр}}=1,7 \cdot l_{\text{тр}}$, где $l_{\text{тр}}$ – линейная длина промываемого участка.

Удельные потери давления водовоздушной смеси определяются по табл. 7.1. Поправочный коэффициент к удельным потерям определяется по табл. 7.2.

Таблица 7.1

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, м ³ /ч	4	7	10	15	20	30	60	90	140	170	240	300	360
Расход воздуха, м ³ /ч	16	28	40	55	90	130	240	370	540	680	960	1200	1440
Удельные потери давления водовоздушной смеси $\Delta h_{см}$, кгс/(м ² · 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, м ³ /ч	3	6	10	10	20	25	50	80	110	140	200	250	300
Расход воздуха, м ³ /ч	17	29	40	60	90	135	250	380	570	710	1000	1250	1500

Удельные потери давления водовоздушной смеси $\Delta h_{см}$, кгс/(м ² · 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 7.2

Значения поправочных коэффициентов β к величине удельных потерь давления

Условный диаметр трубопровода, мм	Внутренний диаметр трубопровода, мм	Эквивалентная шероховатость $K_{экв}$, 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:

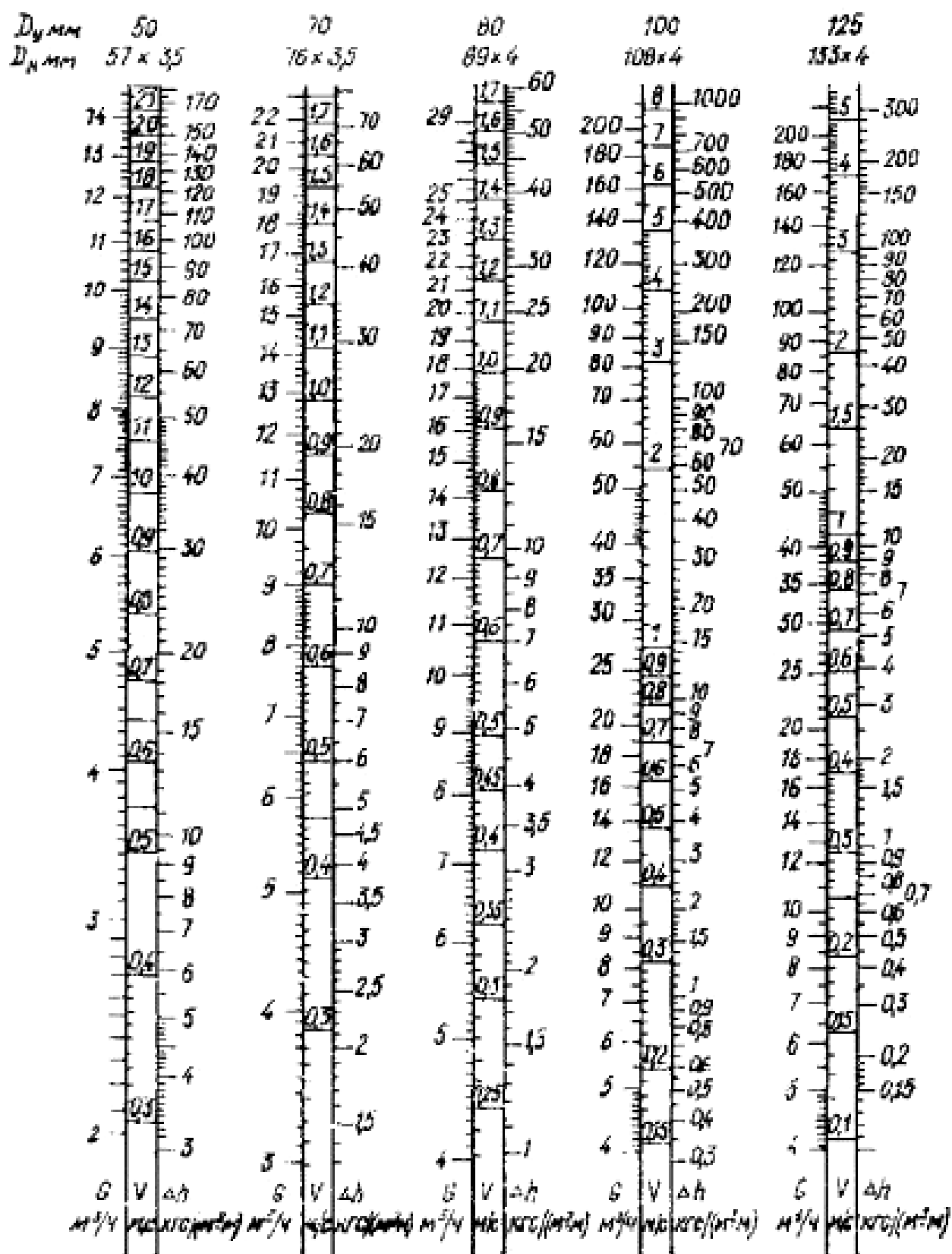
$$\Delta p_{др} = \kappa_{см} \Delta h_v l_{др} \cdot 10^{-5}, \quad (7.2)$$

где $\kappa_{см}$ – переводной коэффициент для определения удельных потерь давления водовоздушной смеси; Δh_v – удельные потери давления водовоздушной смеси в отводе, определяемые по номограмме на рис. 7.1, кгс/(м²·м); $l_{др}$ – длина дренажа, м.

$$\kappa_{см} = 1,3 \left(1 + \frac{0,66m}{1 + 0,34m} \right)^2, \quad (7.3)$$

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. 7.3.



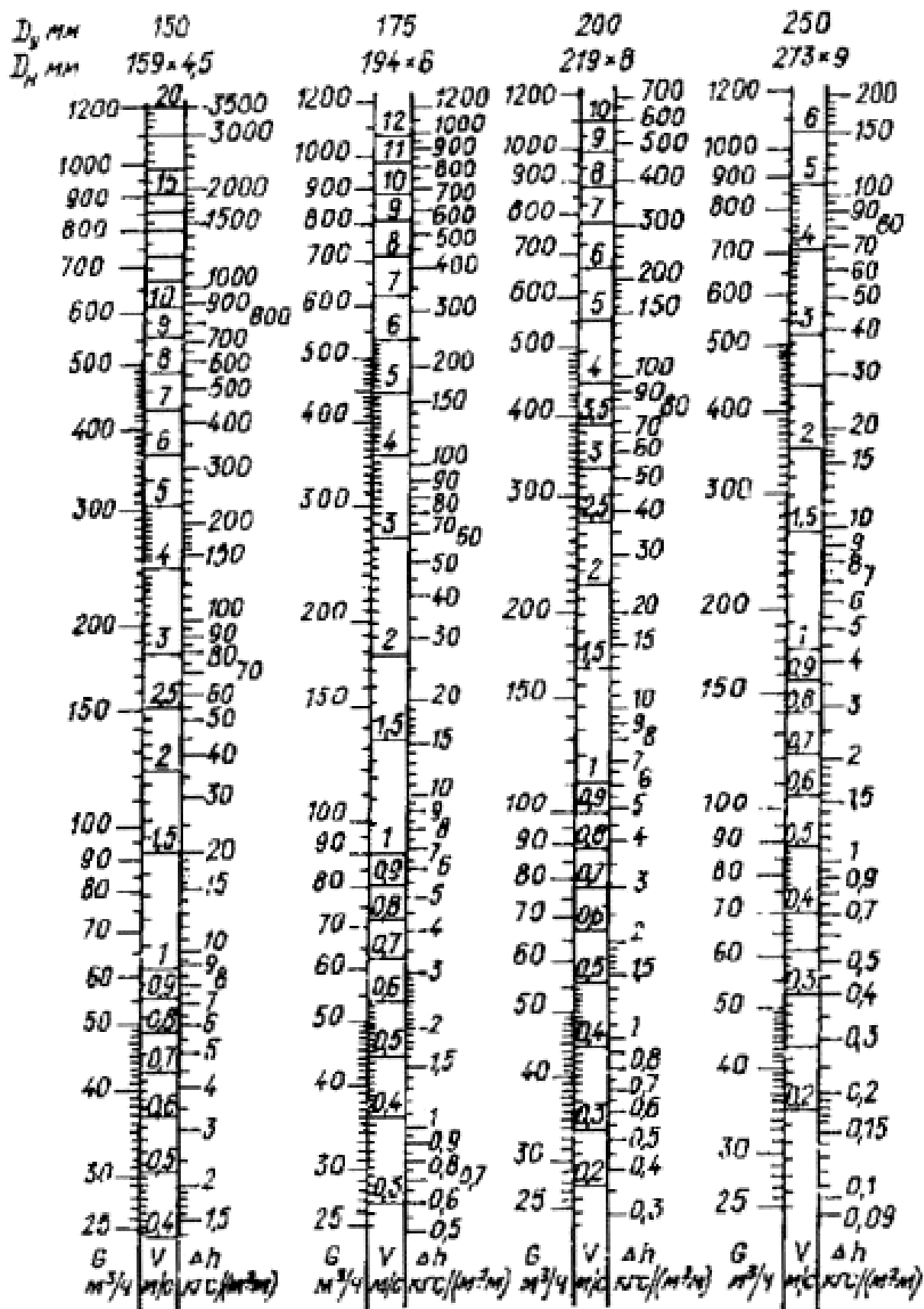


Рисунок 7.1. Номограммы для расчета гидравлических потерь в водяных трубопроводах ($K=0,5 \text{ мм}$; $\rho=958 \text{ кг/м}^3$)

Характеристики дренажа

Наименование	Диаметр условного прохода трубопровода, 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 :

$$P_2 = 0,05 + \Delta p_{др}, \quad (7.4)$$

$$P_1 = P_2 + \Delta p_{см} + \frac{Z}{100}, \quad (7.5)$$

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:

$$L_{комп} = \frac{L_{возд}}{60}, \quad (7.5)$$

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 $K=3,2$ мм. Скорость водовоздушной смеси $V=2,5$ м/с. Длина дренажной трубы 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. 7.3 принимаем дренажную трубу диаметром 200 мм,

По табл. 7.1. 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. 7.2 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. 7.1 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 $V=2,5$ м/с.

Таблица 1.2

Исходные данные

Вариант	Диаметр магистрали D_y , мм	Длина магистрали, м	Эквивалентная шероховатость K , мм	Длина дренажной трубы, м	Подъем/опуск дренажной трубы на высоту, 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