

РАЗДЕЛ 3. КОНТРОЛЬ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВНУТРИДОМОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Практическое занятие №17. Эксплуатация теплового ввода

Методические указания к выполнению задания.

Для устойчивой работы однотрубных систем отопления фактический расход местной воды может отличаться от расчетного значения не более, чем на 10%:

$$0,9G_M^p \leq G_M^\phi \leq 1,1G_M^p \quad (17.1)$$

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:

$$G_c = \frac{Q_{от}^p}{c(t_1^p - t_2^p)} \quad (17.2)$$

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

Регулировка может осуществляться исходя из следующей зависимости:

$$\frac{G_c^{нов}}{G_c^p} = \frac{t_1^p - t_2^p}{t_1^\phi - t_2^p} \quad (17.3)$$

Требуемый расход местной воды определяется по формуле:

$$G_M^p = G_c^p (1 + U^p) \quad (17.4)$$

где U – коэффициент смешения элеватора.

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

$$G_c^\phi = 1,2d_{сп}^2 \sqrt{\Delta H} \quad (17.5)$$

где $d_{\text{сп}}$ – 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:

$$G_{\text{м}}^{\phi} = G_{\text{с}}^{\phi} (1 + U^{\phi}) \quad (17.6)$$

где $G_{\text{с}}^{\phi}$ – фактический расход сетевой воды определен по показанию теплосчетчика, а фактический коэффициент смешения рассчитывается на основании показаний термометров на элеваторном узле:

$$U^{\phi} = \frac{t_1 - t_3}{t_3 - t_2} \quad (17.7)$$

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

$$d_{\text{сп}}^{\text{нов}} = d_{\text{сп}}^{\text{сущ}} \sqrt{\frac{G_{\text{с}}^{\text{р}}}{G_{\text{с}}^{\phi}}} \quad (17.8)$$

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 $G_{\text{м}}^{\text{н}}$:

$$U^{\text{н}} = (1 + U^{\phi}) \frac{d_{\text{сп}}^{\text{сущ}}}{d_{\text{сп}}^{\text{нов}}} - 1 \quad (17.9)$$

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:

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

Коэффициент смешения станет:

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

Новый расход местной воды после изменения диаметра сопла будет:

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

Изменение расхода местной воды после наладки составляет:

$$\Delta G_{\text{м}} = \frac{G_{\text{м}}^{\text{н}}}{G_{\text{м}}^{\text{ф}}} = \frac{3,43}{3,93} = 0,87$$

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. 17.1. Требуется отрегулировать работу системы путем изменения диаметра сопла элеватора.

Таблица 17.1

Исходные данные

Вариант	Расчетный расход сетевой воды $G_{\text{с}}^{\text{р}}$, т/ч	Фактический располагаемый напор $\Delta H_{\text{рс}}$, м	Коэффициент смешения $U^{\text{ф}}$	Диаметр сопла элеватора $d_{\text{сп}}$, 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 №18. Эксплуатация водопроводного ввода

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°С.

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:

$$G_{\text{ц}} = \frac{\sum Q_{\text{гв}}}{\rho c(t_3 - t_4)} \quad (18.1)$$

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°С; t_3 – температура воды на входе в участок трубопровода или системы, °С; t_4 – температура воды на выходе из участка трубопровода или системы, °С.

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:

$$\sum Q_{\text{гв}} = n q_{\text{эт}} \quad (18.2)$$

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:

$$K_v = \eta G_{\text{ц}} \sqrt{\frac{\rho}{1000 \cdot \Delta p}} \quad (18.3)$$

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:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{G_{ц}}{w}} \quad (18.4)$$

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:

$$\Delta p \leq 0,6 \cdot p_1 \quad (18.5)$$

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:

$$w = 354 \frac{G_{\text{ц}}}{d_{\text{к}}^2} \quad (18.6)$$

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

Максимально допустимая скорость 3 м/с.

Подбор клапана в практическом занятии выполняется графически по номограмме на рис. 18.1.

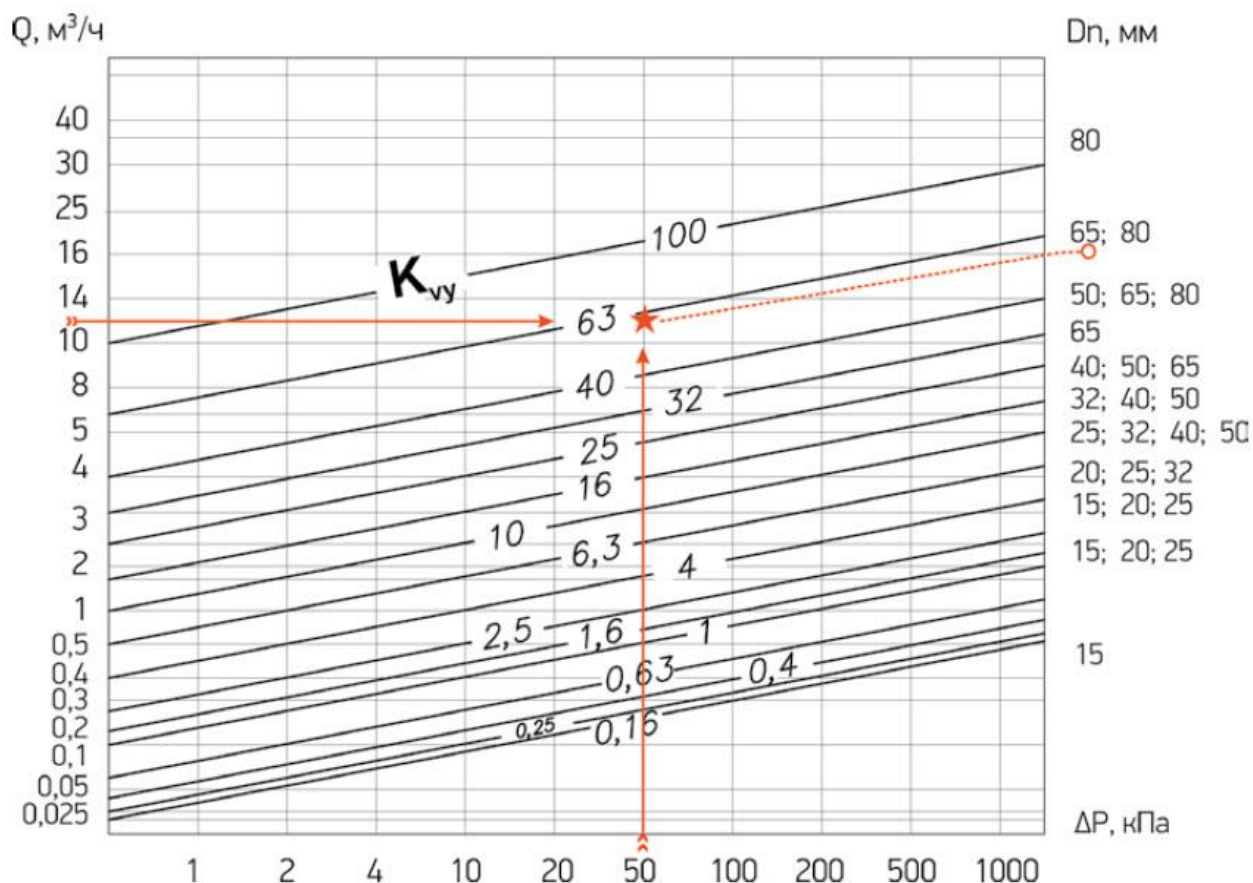


Рисунок 18.1. Номограмма для выбора клапана

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 номограмме на рис. 18.1 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 для расчета приведены в табл. 18.1.

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.

Таблица 18.1

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 №19. Диагностирование технического состояния трубопровода внутридомовой инженерной системы

Методические указания к выполнению задания.

Трубопроводы теплоснабжения, горячего водоснабжения, водоотведения подвергаются следующим видам технического освидетельствования: наружному осмотру и гидравлическому испытанию.

Наружный осмотр трубопроводов может производиться без снятия изоляции или со снятием изоляции. Он выполняется для проверки отсутствия видимой течи из трубопровода и заземления трубопровода в компенсаторах (для теплоснабжения), в местах прохода трубопровода через стенки камер, площадки, состояния подвижных и неподвижных опор.

Наружный осмотр трубопроводов, производимый со снятием изоляции, выполняется для выявления изменений формы трубопровода, поверхностных дефектов в основном металле трубопровода и сварных соединениях, образовавшихся в процессе эксплуатации (трещин всех видов и направлений, коррозионного износа поверхностей), и включает визуальный и измерительный контроль. Решение о необходимости снятия изоляции и проведения измерительного контроля, а также его объемах принимает лицо, ответственное за исправное состояние и безопасную эксплуатацию трубопровода.

Техническое освидетельствование при наружном осмотре в процессе эксплуатации трубопроводов проводится со следующей периодичностью:

- не реже одного раза в год (за исключением особых случаев);

- не реже одного раза в полгода для сетей холодного водоснабжения, диаметром от 600 мм и более;

- не реже одного раза в полгода для сетей водоотведения (напорных), диаметром от 800 мм и более;

- не реже одного раза в полгода для паровых и водяных сетей всех стандартных диаметров;

- упреждающие локальные наружные осмотры сетей (мест подземной прокладки сетей) в местах проведения мероприятий подразумевающих массовые скопления людей. Об указанных мероприятиях органы местного самоуправления уведомляют эксплуатирующую организацию не менее чем за 7 календарных дней до даты их проведения;

- наружный осмотр и гидравлическое испытание трубопроводов, не подлежащих регистрации в органах Ростехнадзора, - перед пуском в эксплуатацию после монтажа, ремонта, связанного со сваркой, а также при пуске трубопроводов после нахождения их в состоянии консервации свыше двух лет.

Наружный осмотр трубопроводов холодного водоснабжения и напорных трубопроводов канализации после ремонта, связанного со сваркой, а также при пуске трубопроводов после нахождения их в состоянии консервации свыше 6 месяцев производится с обязательной проверкой запорно-регулирующей арматуры в колодцах и камерах (задвижки: отсекающие, связи, выпускные, сливные).

Для обнаружения дефектов трубопроводов косвенными методами рекомендуется использовать современные методы неразрушающего контроля состояния трубопроводов тепловых сетей: инфракрасная техника, акустические и ультразвуковые течеискатели, методы корреляции, магнитные методы, методы акустической эмиссии, вихретоковые методы, длинноволновые ультразвуковые методы и другие.

Вновь смонтированные трубопроводы тепловых сетей (в том числе после капитального ремонта с заменой или реконструкции) подвергаются наружному

осмотру и гидравлическому испытанию и (или) 100-процентному неразрушающему контролю монтажных сварных соединений до наложения тепловой изоляции на трубы, а в случае применения труб, поставляемых с завода с теплоизоляцией, - до нанесения изоляции на сварные стыки.

Перед первичным техническим освидетельствованием проверяется:

- регистрационный номер трубопровода, записанный в паспорте;
- наличие приказа о назначении лица, ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию трубопровода, а также наличие аттестованного обслуживающего персонала;
- наличие инструкции по пуску и обслуживанию трубопровода;
- наличие паспорта трубопровода с основными данными;
- наличие должностной инструкции лица, ответственного за ведение технической документации и паспортизации.

Осмотр водопроводных сетей и колодцев осуществляется с обязательными замерами загазованности колодцев, обязательной вентиляции колодцев в ключевых камерах с задвижками и осушением камер, в случае наличия в них воды.

Осмотр канализационных напорных сетей и колодцев осуществляется с обязательными замерами загазованности колодцев, обязательной вентиляции колодцев в ключевых камерах с задвижками и осушением камер, в случае наличия в них воды.

Осмотр запорно-регулирующей арматуры в камерах и (или) колодцах с прокруткой задвижек осуществляется в соответствии с рекомендациями заводов-изготовителей, но не реже чем 1 раз в 2 года для отсекающих и 1 раз в 3 года для задвижек на связках.

Осмотр сетей, проложенных под землей (в грунтах, в непроходных каналах), осуществляется обходчиками по поверхности. Осмотр заключается в установлении отсутствия фактов провалов грунта, котлованов, нетипичного подтопления, парения (не замерзающие локальные участки земли над

теплотрассами или трассами теплоснабжения в зимний период), отсутствия воды в колодцах (для водоснабжения и водоотведения).

Рекомендуется контролировать соблюдение защитных зон прохождения трубопроводов - отсутствия незаконных строений, складирования, парковки тяжелой техники, раскопок, прокладки дорог и (или) временных проездов, высадки деревьев или создания иных видов благоустройств, препятствующих в случае необходимости аварийным раскопкам.

Результаты визуального и измерительного контроля внутренней поверхности трубопроводов оцениваются с учетом интенсивности процесса внутренней коррозии, определяемой по индикаторам внутренней коррозии. Оценка интенсивности приведена в таблице 19.1.

Таблица 19.1

Интенсивность коррозии трубопроводов

Группа интенсивности коррозии	Скорость (проницаемость) коррозии n , мм/год	Интенсивность коррозионного процесса
1	до 0,04 вкл.	Слабая
2	св. 0,04 до 0,05 вкл.	Средняя
3	св. 0,05 до 0,2 вкл.	Сильная
4	св. 0,2	аварийная

Коррозионное поражение трубопроводов характеризуется относительной глубиной поражения, %:

$$h_{\text{кор}} = \frac{h_{\text{нов}} - h_{\text{ост}}}{h_{\text{нов}}} \cdot 100 \quad (19.1)$$

где $h_{\text{нов}}$ – толщина стенки новой трубы по ГОСТ 3262 того же диаметра и вида (легкая, обыкновенная, усиленная), мм; $h_{\text{ост}}$ – минимальная остаточная толщина стенки трубы после эксплуатации в системе к конкретному сроку, мм.

Согласно ГОСТ 31937 допустимое значение максимальной относительной глубины коррозионного поражения труб следует принимать равным 50% значения толщины стенки новой трубы.

Условие задания.

В результате обследования трубопровода отопления диаметром 100 мм, эксплуатируемого 15 лет, было установлено, толщина стенки составляет 4,2 мм при проектном значении усиленной толщины стенки трубы 5 мм. Определить величину коррозионного поражения. Установить ее допустимость и группу интенсивности коррозии.

Варианты ответов.

(!) 16%

(?) 20%

(?) 15%

(?) 10%

(?) 50%

Указания к выполнению.

При выполнении расчета пользоваться данными таблицы 19.1 и формулы (19.1).

Решение задания.

Определим относительную глубину коррозионного поражения:

$$h_{\text{кор}} = \frac{5 - 4,2}{5} \cdot 100 = 16\%$$

Фактическое значение глубины коррозионного поражения труб не превышает допустимого, составляющего 50%.

Скорость коррозии составляет:

$$n = \frac{5 - 4,2}{10} = 0,053 \text{ мм/год}$$

Что соответствует 3 группе интенсивности коррозии.

Задания для самостоятельного решения.

Определить величину коррозионного поражения трубопровода отопления по данным обследования, представленным в таблице 19.2.

Таблица 19.2

Исходные данные

Вариант	Проектная толщина стенки трубы, мм	Минимальная остаточная толщина стенки трубы, мм
1	2,8	2,4
2	3	2,5
3	3,2	2,1
4	3,5	2,7
5	4	3,1
6	4,5	2,9
7	5	3,2
8	5,5	4,4
9	3,5	2,6
10	4	2,8

Практическое занятие №20. Инструментальный контроль технического состояния трубопроводов

Методические указания к выполнению задания.

При детальном обследовании систем отопления, горячего и холодного водоснабжения проводят оценку коррозионного состояния трубопроводов и нагревательных приборов по среднему значению сужения сечения труб коррозионно-накипными отложениями в сравнении с новой трубой.

В этом случае образцы отбирают из элементов системы (стояков, подводок к нагревательным приборам, нагревательных приборов). По образцам определяют максимальную глубину коррозионного поражения и значение сужения "живого" сечения.

При отборе и транспортировании образцов-вырезов необходимо обеспечить полную сохранность коррозионных отложений в трубах (образцах). На вырезанные образцы составляют паспорта, которые вместе с образцами направляют на лабораторные обследования.

Число стояков, из которых отбирают образцы, должно быть не менее трех. При обследовании системы с замоноличенными стояками образцы для анализа отбирают в местах их присоединения к магистралям в подвале. Число подводок,

из которых отбирают образцы, должно быть не менее трех, идущих от стояков в разных секциях и к разным отопительным приборам.

Допустимое значение сужения трубопроводов коррозионно-накипными отложениями следует принимать в соответствии с гидравлическим расчетом для труб, бывших в эксплуатации (значение абсолютной шероховатости - 0,75 мм). При этих условиях допустимое сужение составит:

- для труб с 15 мм - 20%;
- для труб с 20 мм - 15%;
- для труб с 25 мм - 12%;
- для труб с 32 мм - 10%;
- для труб с 40 мм - 8%;
- для труб с 50 мм - 6%.

Допустимым сужением "живого" сечения конвекторов при условии допустимого снижения теплоотдачи отопительного прибора считают 10%.

Сужение живого сечения трубы, %, продуктами коррозионно-накипных отложений оценивают по формуле:

$$\Delta d_{\text{вн}} = \left(1 - \frac{d_{\text{отл}}^2}{D_{\text{н}}^2} \right) 100 \quad (20.1)$$

где $d_{\text{отл}}$ – средний внутренний диаметр трубы с отложениями, мм; $D_{\text{н}}$ – внутренний диаметр новой трубы, взятый по ГОСТ 3262 в соответствии с ее наружным диаметром.

Допустимое значение сужения трубопроводов коррозионно-накипными отложениями принимают с уменьшением "живого" сечения трубы не более чем на 30%, в результате чего обеспечивается значение минимального свободного напора у санитарных приборов.

Условие задания.

В результате обследования трубопровода отопления диаметром 100 мм, эксплуатируемого 15 лет, было установлено, средний внутренний диаметр трубы с отложениями составляет 98 мм. Проектное значение усиленной толщины

стенки трубы 5 мм, наружный диаметр 114 мм. Определить сужение живого сечения трубы. Установить его допустимость.

Варианты ответов.

(!) 19,2%

(?) 20%

(?) 15%

(?) 10%

(?) 22%

Указания к выполнению.

Расчет выполняется по формуле (20.1).

Решение задания.

Определим сужение живого сечения трубы продуктами коррозионно-накипных отложений:

$$\Delta d_{\text{вн}} = \left(1 - \frac{98^2}{(114 - 5)^2} \right) 100 = 19,2\%$$

Фактическое значение сужения трубопровода коррозионно-накипными отложениями не превышает допустимого значения, равного 30%.

Задания для самостоятельного решения.

Определить сужение живого сечения трубы по данным обследования, представленным в таблице 20.1.

Таблица 20.1

Исходные данные

Вариант	Проектная толщина стенки трубы, мм	Наружный диаметр трубы, мм	Средний внутренний диаметр трубы с отложениями, мм
1	2,8	33,5	28,5
2	3	48	43
3	3,2	75,5	70,5
4	3,5	88,5	83,5
5	4	140	135
6	4,5	114	109
7	5	114	109

8	5,5	140	135
9	3,5	60	55
10	4	101,3	96,3

Практическое занятие №21. Анализ теплового режима работы системы водоснабжения

Методические указания к выполнению задания.

В системах горячего водоснабжения жилых зданий с целью предотвращения остывания воды при отсутствии водоразбора должна быть предусмотрена циркуляция.

Количество воды, которое должно циркулировать в системе при отсутствии водоразбора – циркуляционный расход, л/с, находится по формуле:

$$q^{cir} = \beta \sum \frac{Q_{ht}}{4,2\Delta t} \quad (21.1)$$

где β – коэффициент разрегулирования циркуляции; Q_{ht} – потери тепла подающими трубопроводами системы горячего водоснабжения, Вт; Δt – разность температур в подающих трубопроводах системы от водонагревателя до наиболее удаленной водоразборной точки, °С.

В системах с переменным сопротивлением циркуляционных стояков величину Q_{ht} следует определять по подающим разводящим трубопроводам и водоразборным стоякам при $\Delta t=10^\circ\text{C}$ и $\beta=1$.

В системах с одинаковым сопротивлением секционных узлов или циркуляционных стояков величину Q_{ht} следует определять по водоразборным стоякам при $\Delta t= 8,5^\circ\text{C}$ и $\beta=1,3$.

Для водоразборного стояка или секционного узла теплотери следует определять по подающим трубопроводам включая кольцевую перемычку принимая $\Delta t=8,5^\circ\text{C}$ и $\beta=1,3$.

Потери тепла Q_{ht} , Вт, подающими трубопроводами водоразборного узла и кольцевой перемычкой находится по формуле:

$$Q_{ht} = \sum q_i l_i \quad (21.2)$$

где q_i – удельные потери тепла, 1 м трубопровода данного диаметра, Вт/м; l_i – длина участка трубопровода данного диаметра, м.

По формуле (21.1) находится циркуляционный расход воды в дальнейшем водоразборном узле каждой ветви системы. По найденному циркуляционному расходу водоразборного узла подбирают диаметр циркуляционного стояка водоразборного узла.

Условие задания.

Определить циркуляционный расход воды в системе с одинаковым сопротивлением секционных узлов для распределительного изолированного трубопровода в подвале длиной 25 м диаметром 50 мм со значением удельных теплопотерь 24 Вт/м.

Варианты ответов.

(!) 21,8 л/с

(?) 21,8 кг

(?) 21,8 Вт

(?) 21,8 т/ч

(?) 21,8 л

Указания к выполнению.

Удельные потери тепла принимать:

- для распределительных изолированных трубопроводов в подвале 24 Вт/м;
- для изолированных водоразборных стояков без полотенцесушителя при прокладке в шахте или борозде 15,6 Вт/м;
- для изолированных водоразборных стояков с полотенцесушителем при прокладке в шахте или борозде 20,6 Вт/м;
- для неизолированных водоразборных стояков с полотенцесушителем при прокладке в шахте или борозде 43,8 Вт/м.

Решение задания.

Определим потери тепла в трубопроводе:

$$Q_{ht} = \sum 24 \cdot 25 = 600 \text{ Вт}$$

Определим количество воды, которое должно циркулировать в трубопроводе при отсутствии водоразбора – циркуляционный расход:

$$q^{cir} = 1,3 \cdot \frac{600}{4,2 \cdot 8,5} = 21,8 \text{ л/с}$$

Задания для самостоятельного решения.

Определить циркуляционный расход воды в системе заданного конструктивного решения (ст. таблицу 21.1).

Таблица 5.1

Исходные данные

Вариант	Длина трубы, м	Конструктивное решение системы	Рассчитываемый участок
1	50	система с переменным сопротивлением циркуляционных стояков	распределительные изолированные трубопроводы в подвале
2	55	система с одинаковым сопротивлением секционных узлов	изолированные водоразборные стояки без полотенцесушителя при прокладке в шахте
3	40	система с одинаковым сопротивлением циркуляционных стояков	изолированные водоразборные стояки с полотенцесушителем при прокладке в борозде
4	45	система с переменным сопротивлением циркуляционных стояков	неизолированные водоразборные стояки с полотенцесушителем при прокладке в шахте
5	30	система с одинаковым сопротивлением секционных узлов	изолированные водоразборные стояки без полотенцесушителя при прокладке в борозде
6	35	система с одинаковым сопротивлением циркуляционных стояков	распределительные изолированные трубопроводы в подвале

7	20	система с переменным сопротивлением циркуляционных стояков	изолированные водоразборные стояки с полотенцесушителем при прокладке в шахте
8	25	система с одинаковым сопротивлением секционных узлов	неизолированные водоразборные стояки с полотенцесушителем при прокладке в борозде
9	60	система с одинаковым сопротивлением циркуляционных стояков	распределительные изолированные трубопроводы в подвале
10	65	система с одинаковым сопротивлением секционных узлов	распределительные изолированные трубопроводы в подвале

Практическое занятие №22. Анализ гидравлического режима работы системы водоснабжения

Методические указания к выполнению задания.

Задача анализа гидравлического режима работы системы водоснабжения – оценить правильность подобранных диаметров циркуляционных трубопроводов и оборудования, необходимого для обеспечения расчетной циркуляции воды в системе горячего водоснабжения при отсутствии водоразбора.

Гидравлический расчет большого кольца на пропуск циркуляционных расходов выполняется по обычной методике, в закрытых системах горячего водоснабжения – по номограмме с учетом образования накипи.

Определяется сумма потерь напора в трубопроводах большого кольца при пропуске циркуляционных расходов. Также учитываются потери напора на скоростных счетчиках на подающем и циркуляционном трубопроводах. Общие потери напора в большом кольце в режиме циркуляции определяются по формуле:

$$H_{tot}^h = H^h + H_{uz,h}^h + H_{геом} + H_f \quad (22.1)$$

где H^h – суммарные потери напора в расчетной магистрали, м вод. ст.; $H_{h,uz}^h$ – потери напора в подающих трубопроводах дальнего водоразборного узла, м вод. ст.; $H_{\text{геом}}$ – геометрическая высота измеряется от оси трубопровода на выходе из теплового пункта до наиболее высоко расположенного водоразборного прибора, м; H_f – необходимый напор перед водоразборным прибором, принимаемый равным 3 м вод. ст.

Условие задания.

Определить потери напора в системе горячего водоснабжения в режиме циркуляции при следующих условиях:

- отметка диктующей точки 186,55 м
- отметка земли у водопроводной камеры 148,20 м
- потери напора в сети 2,55 м
- потери напора на вводе 1,04 м
- потери напора в водомерных узлах 5,38 м
- потери напора в водонагревателе 2,02 м

Варианты ответов.

- (!) 52,34 м
- (?) 152,34 м
- (?) 67,23 м
- (?) 38,35 м
- (?) 44,65 м

Указания к выполнению.

Расчет выполняется по формуле (22.1).

Решение задания.

Определим геометрическую высоту:

$$H_{\text{геом}} = 186,55 - 148,20 = 38,35 \text{ м}$$

$$H_{\text{tot}}^h = 38,35 + 3 + 2,55 + 1,04 + 5,38 + 2,02 = 52,34 \text{ м}$$

Задания для самостоятельного решения.

Определить потери напора в системе горячего водоснабжения в режиме циркуляции при условиях, заданных в таблице 22.1:

Таблица 22.1

Исходные данные

Вариант	отметка диктующей точки, м	отметка земли у водопроводной камеры, м	потери напора в сети, м	потери напора на вводе, м	потери напора в водопроводных узлах, м	потери напора в водонагревателе, м
1	121,7	83,8	2,35	1,1	4,35	3,35
2	189,1	151,2	2,76	1,2	3,76	1,76
3	135,8	97,9	2,12	1,3	5,12	2,62
4	166,2	128,3	1,98	1,4	2,98	2,98
5	154,9	117	2,23	1,5	6,23	3,23
6	178,3	140,4	2,87	1,6	4,87	1,87
7	183,5	145,6	1,32	1,7	3,32	3,32
8	111,4	73,5	2,74	1,9	5,74	1,74
9	132,6	94,7	1,57	1,8	2,57	2,57
10	141,7	103,8	2,69	1,11	6,69	1,69

Практическое занятие №23. Регулировка работы системы водоснабжения

Методические указания к выполнению задания.

Циркуляционный насос используется для обеспечения циркуляции воды в системе, устанавливается на циркуляционном трубопроводе в ЦТП или в тепловом узле в подвале здания. Производительность насоса должна соответствовать циркуляционному расходу всей системы. Напор насоса должен быть больше потерь напора в большом кольце в режиме циркуляции. Марка насоса подбирается по производительности и напору. В настоящее время многие фирмы выпускают компактные циркуляционные насосы, устанавливаемые без фундаментов прямо на циркуляционном трубопроводе.

Повысительно-циркуляционный насос обеспечивает необходимый напор в режиме максимального водопотребления в здании и циркуляцию воды. Производительность такого насоса должна соответствовать максимальному секундному водопотреблению горячей воды зданием. Напор насоса должен восполнить недостаток напора на вводе в систему.

Зимняя диафрагма устанавливается при открытой схеме горячего водоснабжения на обратном трубопроводе теплосети между точками присоединения к нему подающего и циркуляционного трубопроводов горячего водоснабжения. Посредством этой диафрагмы создается перепад давлений в обратном трубопроводе теплосети (при движении отработанного теплоносителя из системы отопления). Этот перепад должен быть достаточен для компенсации потерь напора в большом кольце при циркуляционном режиме. Диаметр диафрагмы, мм, определяется по формуле:

$$d_d = 20 \sqrt{\frac{q}{0,0316 \sqrt{H_d} + 350 \frac{q}{d^2}}} \quad (23.1)$$

где ; d – диаметр трубопровода, на котором установлена диафрагма, мм; H_d – дросселируемый напор, м, принимается равным сумме потерь напора в большом кольце при пропуске циркуляционных расходов; q – расход, проходящий через диафрагму, л/с, принимается равным расходу теплоносителя в системе отопления. При отсутствии точных данных допускается определять расход теплоносителя по укрупненным показателям по формуле:

При отсутствии точных данных допускается определять расход теплоносителя по укрупненным показателям по формуле:

$$q = 4V\Delta t \cdot 10^{-6} \quad (23.2)$$

где V – строительный объем здания, м³; Δt – расчетный перепад внутренней и наружной температур, при отсутствии точных данных можно принимать $\Delta t = 40\text{--}50$ °С.

Условие задания.

Рассчитать диаметр диафрагмы в системе горячего водоснабжения при диаметре трубопровода на вводе в здание 80 мм для дросселируемого напора 52,34 м.

Габариты здания: длина – 24 м, ширина – 12 м, высота с учетом подвала – 48 м.

Варианты ответов.

(!) 53,88 мм

(?) 65,74 мм

(?) 46,35 мм

(?) 24,87 мм

(?) 36,72 мм

Указания к выполнению.

Расчет выполняется по формулам (23.1)-(23.2). Расчетный перепад внутренней и наружной температур принимать $\Delta t = 40-50$ °С.

Решение задания.

Определим расход теплоносителя при расчетном перепаде внутренней и наружной температур 50 °С:

$$q = 4 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 48 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 2,76 \text{ л/с}$$

Определим диаметр диафрагмы:

$$d_d = 20 \sqrt{\frac{2,76}{0,0316 \sqrt{52,34} + 350 \frac{2,76}{80^2}}} = 53,88 \text{ мм}$$

Задания для самостоятельного решения.

Рассчитать диаметр диафрагмы в системе горячего водоснабжения при заданных исходных данных.

Таблица 5.1

Исходные данные

Вариант	Диаметр трубопровода на вводе в здание, мм	Дросселируемый напор, м	Габариты здания, м		
			длина l	ширина b	высота надземной

					части h
1	90	50	26	11	49
2	80	49	22	12	37
3	70	48	24	14	32
4	50	51	36	12	24
5	40	52	72	12	15
6	100	50	64	14	11
7	40	49	25	16	64
8	50	48	26	12	46
9	60	51	48	12	35
10	70	52	40	14	25

Практическое занятие №24. Обеспечение качества работы системы водоснабжения в процессе эксплуатации

Методические указания к выполнению задания.

Установка автоматических сенсорных смесителей позволяет сэкономить до 50% горячей и холодной воды и является очень эффективным энергосберегающим мероприятием. Экономический эффект достигается благодаря значительному сокращению времени протекания воды. Автоматические сенсорные смесители служат для автоматического включения и отключения подачи воды к мойкам и раковинам и для термостатического регулирования ее температуры. Таким образом, сенсорные смесители отличаются от обычных смесителей отсутствием вентилей для регулировки воды. Их применение экономически оправдано в общественных зданиях, в том числе в учебных заведениях. Функция термостатического регулирования защищает детей младшего возраста от ожогов. Функция автоматического отключения перекрывает поток воды сразу после прекращения использования. Отсутствие ручного регулирования исключает возможность поломки приложением чрезмерного усилия.

В учебных заведениях умывальники и раковины, как правило, ставятся группами по 2–4 прибора, что позволяет подключать к одному

термостатическому клапану несколько приборов. После монтажа автоматических сенсорных смесителей необходимо отрегулировать чувствительность сенсоров, а также температуру воды, подаваемой к приборам. При этом необходимо учитывать, что зачастую заявляемый производителями коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей – до 50% – является несколько завышенным. Фактический коэффициент экономии составит при этом около 20%.

Годовое сокращение потерь воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем определяется по формуле, м³:

$$\Delta V = k_{ef} \cdot V_n \quad (24.1)$$

где k_{ef} – коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей; V_n – объем воды, потребленной через существующие смесители за базовый период (считается отдельно для горячей и холодной воды), м³.

Общая годовая экономия в денежном выражении определяется по формуле, руб.:

$$\mathcal{E} = \Delta V_{гвс} \cdot T_{гвс} + \Delta V_{хвс} \cdot T_{хвс} \quad (24.2)$$

где $\Delta V_{гвс}$ и $\Delta V_{хвс}$ – соответственно годовая экономия горячей и холодной воды, м³; $T_{гвс}$ и $T_{хвс}$ – соответственно тариф на горячую и холодную воду, руб./м³.

Затраты на замену всех смесителей определяются по формуле:

$$C = c_{уд} \cdot n \quad (24.3)$$

где n – количество установленных в здании смесителей, шт; $c_{уд}$ – затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ, руб.

Простой срок окупаемости (количество периодов) определяется по следующей формуле:

$$DP = \frac{Inv}{E_z} \quad (24.4)$$

где E_z – экономия в период времени на этапе z тыс. руб.;, Inv – инвестиции (капитальные вложения) в проект, тыс. руб.

Условие задания.

В здании установлено 12 смесителей. Затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ составляют 8000 руб. Тариф на горячую воду $T_{гвс}=211$ руб./м³; тариф на холодную воду $T_{хвс}=43$ руб./м³. Фактическое потребление горячей воды на все смесительные устройства за год $\Delta V_{гвс}=1000$ м³. Фактическое потребление холодной воды на смесительные устройства за год $\Delta V_{хвс}=2500$ м³. Выполнить расчет периода окупаемости мероприятий по установке сенсорных смесителей, направленных на повышение качества работы системы водоснабжения в процессе эксплуатации.

Варианты ответов.

(!) 1,5 года

(?) 0,5 года

(?) 2 года

(?) 2,5 года

(?) 3 года

Указания к выполнению.

Расчет выполняется последовательно по формулам (24.1)-(24.4). В расчете принять коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей равным 20%.

Решение задания.

Годовая экономия горячей воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем:

$$\Delta V_{гвс} = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ м}^3$$

Годовая экономия холодной воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем:

$$\Delta V_{хвс} = 0,2 \cdot 2500 = 500 \text{ м}^3$$

Тогда годовая экономия в денежном выражении составит:

$$\mathcal{E} = 200 \cdot 211 + 500 \cdot 43 = 63700 \text{ руб./год}$$

Затраты на замену всех смесителей составят:

$$C = 8000 \cdot 12 = 96000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости:

$$DP = \frac{96000}{63700} = 1,5 \text{ года}$$

Задания для самостоятельного решения.

Выполнить расчет периода окупаемости мероприятий по установке сенсорных смесителей. Затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ принять равными 9000 руб. Тариф на горячую воду принять $T_{гвс}=211$ руб./м³; тариф на холодную воду принять $T_{хвс}=43$ руб./м³. Коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей принять равным 25%.

Таблица 24.1

Исходные данные

Вариант	Количество смесителей n , шт	Фактическое потребление горячей воды на все смесительные устройства за год $\Delta V_{гвс}$, м ³	Фактическое потребление холодной воды на смесительные устройства за год $\Delta V_{хвс}$, м ³
1	10	800	1900
2	15	1200	3100
3	20	1500	3800
4	25	2100	5100
5	30	2400	5900
6	35	2800	6800
7	40	3100	7600
8	45	3700	8900
9	50	4200	9700
10	55	4600	10030

РАЗДЕЛ 4. РЕМОНТ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ВНУТРИДОМОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Практическое занятие №25. Обоснование потребности в реконструкции внутридомовой инженерной системы

Методические указания к выполнению задания.

Оценка износа инженерного оборудования и его элементов является основой планирования ремонтных работ или реконструкции инженерных систем здания. Определение износа заключается в выявлении дефектов, повреждений и неисправностей и их количественной оценке.

Оценку технического состояния инженерных систем зданий проводят с учетом средних нормативных сроков службы элементов и инженерных устройств. Нормативные сроки службы принять равными заявленным изготовителем срокам службы безопасной эксплуатации, указанным в паспорте оборудования. При превышении фактических сроков эксплуатации над нормативными на каждые полные 10%, физический износ здания следует увеличивать на 5% независимо от выявления характерных признаков износа.

Физический износ систем или их участков следует оценивать путем сравнения признаков физического износа, выявленных в результате визуального и инструментального обследования, с их значениями, приведенными в таблицах ВСН 53-86(р).

Если элемент, система или их участок имеет все признаки износа, соответствующие определенному интервалу его значений, то физический износ следует принимать равным верхней границе интервала. Если в элементе, системе или их участке выявлен только один из нескольких признаков износа, то физический износ следует принимать равным нижней границе интервала. Если в таблице интервалу значений физического износа соответствует несколько признаков, то физический износ элемента, системы или их участков, следует принимать по интерполяции в зависимости от размеров или характера имеющихся повреждений.

По результатам оценки физического износа определяется примерный состав работ по его устранению, приведенный в таблицах ВСН 53-86(р), при этом в

состав работ не включены сопутствующие работы, подлежащие выполнению при ремонте данного элемента, системы или их участка.

Физический износ элемента или системы, имеющих различную степень износа отдельных участков, следует определять по формуле:

$$\Phi_c = \sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i \cdot P_i}{P_c} \quad (25.1)$$

где Φ_c – физический износ системы, %; Φ_i – физический износ отдельного i -го участка системы, определенный по таблицам, %; P_i – размеры i -го участка системы с зафиксированным износом, ед. изм.; P_c – размеры всей обследуемой системы, ед. изм.; n – количество обследованных участков системы.

Если в процессе эксплуатации некоторые элементы системы были заменены новыми, физический износ системы следует уточнить расчетным путем на основании сроков эксплуатации отдельных элементов по графикам, приведенным в ВСН 53-86(р). За окончательную оценку следует принимать большее из полученных значений.

По результатам оценки физического износа устанавливается техническое состояние, определяется целесообразность ремонта, реконструкции или модернизации (см. табл. 25.1).

Таблица 25.1

Укрупненные признаки физического износа

Физический износ	Оценка технического состояния	Общая характеристика технического состояния	Примерная стоимость капитального ремонта в % от восстановительной стоимости конструктивных элементов
0-20	хорошее	Повреждений и деформаций нет. Имеются отдельные, устраняемые при текущем ремонте, мелкие дефекты, не влияющие на	0-11

		эксплуатацию конструктивного элемента. Капитальный ремонт может производиться лишь на отдельных участках, имеющих относительно повышенный износ.	
21-40	удовлетворительное	Конструктивные элементы в целом пригодны для эксплуатации, но требуют некоторого капитального ремонта, который наиболее целесообразен именно на данной стадии.	12-36
41-60	неудовлетворительное	Эксплуатация конструктивных элементов возможна лишь при условии значительного капитального ремонта.	38-90
61-80	ветхое	Состояние несущих конструктивных элементов аварийное, а ненесущих - весьма ветхое. Ограниченное выполнение конструктивными элементами своих функций возможно лишь по проведении охранных мероприятий или полной смены конструктивного элемента	93-120
81-100	негодное	Конструктивные элементы находятся в разрушенном состоянии. При износе 100% остатки конструктивного	

		элемента полностью ликвидированы	
Примечание: физический износ газового и лифтового оборудования определяется специализированными эксплуатационными организациями в соответствии с ведомственными инструкциями.			

Условие задания.

Система центрального отопления выполнена с верхней разводкой выполнена из стальных труб и конверторов. При осмотре выявлены следующие повреждения:

- капельные течи у приборов и в местах их врезки более 50%,
- отдельные хомуты на магистрали в техническом подполье,
- отдельные хомуты на стояках,
- неудовлетворительное состояние теплоизоляции магистралей в подвале,
- следы коррозии трубопроводов в подвале.

Определить износ системы отопления. Оценить потребность в ремонте (реконструкции).

Варианты ответов.

(!) 40%

(?) 10%

(?) 20%

(?) 30%

(?) 50%

Указания к выполнению.

Работа выполняется на основании таблиц ВСН 53-86 (р).

Если элемент, система или их участок имеет все признаки износа, соответствующие определенному интервалу его значений, то физический износ следует принимать равным верхней границе интервала. Если в элементе, системе или их участке выявлен только один из нескольких признаков износа, то физический износ следует принимать равным нижней границе интервала. Если в таблице интервалу значений физического износа соответствует несколько признаков, то физический износ элемента, системы или их участков, следует

принимать по интерполяции в зависимости от размеров или характера имеющихся повреждений.

Решение задания.

Обратимся к таблице 66 ВСН 53-86 (р). Она представлена в практическом занятии в виде таблицы 25.2. Сравним признаки повреждений с данными таблицы.

Таблица 25.2

Признаки износа системы отопления

Признаки	Физический износ Φ_i , %	Примерный состав работ
Ослабление прокладок и набивки запорной арматуры, нарушения окраски отопительных приборов и стояков, нарушение теплоизоляции магистралей в отдельных местах	0-20	Замена прокладок, набивка сальников, восстановление теплоизоляции труб (местами)
Капельные течи в местах врезки запорной арматуры, приборов и в секциях отопительных приборов; отдельные хомуты на стояках и магистралях; значительные нарушения теплоизоляции магистралей, следы ремонта калориферов	21-40	Частичная замена запорной арматуры, отдельных отопительных приборов, замена стояков и отдельных участков магистралей; восстановление теплоизоляции; ремонт и наладка калориферов
Капельные течи в отопительных приборах и местах их врезки; следы протечек в отопительных приборах, следы их восстановления, большое количество хомутов на стояках и в магистралях, следы их ремонта отдельными местами и выборочной заменой; коррозия трубопроводов магистралей; неудовлетворительная работа калориферов	41-60	Замена магистралей, частичная замена стояков и отопительных приборов, восстановление теплоизоляции, замена калориферов
Массовое повреждение трубопроводов (стояков и магистралей), сильное поражение ржавчиной, следы ремонта отдельными местами (хомуты, заварка), неудовлетворительная	61-80	Полная замена системы

работа отопительных приборов и запорной арматуры, их закипание; значительное нарушение теплоизоляции трубопроводов		
--	--	--

Мы видим, что они соответствуют второй строке, которой соответствует физический износ в интервале 21-40%. Поскольку перечислены все признаки, то принимаем значение износа по верхней границе - 40%.

Обратимся к таблице 25.1. Величина износа в 40% соответствует удовлетворительному техническому состоянию. Целесообразен капитальный ремонт системы отопления.

Задания для самостоятельного решения.

По результатам обследования установлены признаки износа инженерной системы, которые приведены в таблице 25.3. Пользуясь таблицами ВСН 53-86 (р) определите величину износа заданной инженерной системы.

Таблица 25.3

Исходные данные

Вариант	Инженерная система	Признаки износа
1	Система холодного водоснабжения	Большое количество участков с аварийным ремонтом трубопроводов отдельными местами, большая коррозия элементов системы
2	Система горячего водоснабжения	Неисправность запорной арматуры; хомуты, заплаты, замена отдельных участков; неудовлетворительная работа полотенцесушителей; значительная коррозия трубопроводов
3	Система отопления	Капельные течи в местах врезки отопительных приборов; следы протечек в отопительных приборах, коррозия трубопроводов магистралей
4	Система водоотведения	трещины в трубопроводах из полимерных материалов
5	Система горячего водоснабжения	Следы больших аварийных ремонтов системы в виде хомутов, частичных замен, заварок; коррозия элементов системы

6	Система горячего водоснабжения	нарушения теплоизоляции магистралей и стояков; поражение коррозией магистралей отдельными местами
7	Система холодного водоснабжения	повреждение окраски трубопроводов в отдельных местах
8	Система отопления	Ослабление прокладок и набивки запорной арматуры, нарушения окраски отопительных приборов и стояков, нарушение теплоизоляции магистралей в отдельных местах
9	Система водоотведения	Наличие течи в местах присоединения приборов до 10% всего количества; повреждения отдельных чугунных трубопроводов ; значительное повреждение трубопроводов из полимерных материалов
10	Система холодного водоснабжения	Капельные течи в местах врезки запорной арматуры; отдельные повреждения трубопроводов; поражение коррозией отдельных участков трубопроводов

Практическое занятие №26. Оценка температурного режима в жилом помещении

Методические указания к выполнению задания.

При расчете теплотехнического проекта наружных ограждающих конструкций зданий учитывается:

- благоприятный микроклимат зданий, то есть обеспечение температуры и влажности воздуха в помещении не ниже нормативных требований;
- количество тепла, теряемого зданием в зимнее время;
- температура внутренней поверхности ограждения, гарантирующая отсутствие образования на ней конденсата;
- влажностный режим ограждения, влияющий на теплозащитные качества ограждения и его долговечность.

Создание микроклимата внутри помещения обеспечивается за счет:

- соответствующей толщины ограждающей конструкции;
- мощности систем отопления, вентиляции или кондиционирования.

Методика теплотехнического расчета основана на том, что оптимальная толщина ограждающей конструкции находится, исходя из:

- климатических показателей района строительства;
- санитарно-гигиенических и комфортных условий эксплуатации зданий и помещений;
- условий энергосбережения.

Фактическое сопротивление теплопередаче наружной стены $R^{\text{факт}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

$$R_o^{\text{факт}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_1^i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (26.1)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху; $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; λ – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; δ – толщина слоя, м.

Для определения соответствия ограждающих конструкций требованиям норм необходимо определить градусо-сутки отопительного периода, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}/\text{год}$:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{оп.ср}}) Z_{\text{оп}} \quad (26.2)$$

где $t_{\text{оп.ср}}$, $Z_{\text{оп}}$ – соответственно средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $^\circ\text{C}$, и продолжительность, $\text{сут.}/\text{год}$, отопительного периода, принимаемые по своду правил для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C ; $t_{\text{вн}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^\circ\text{C}$.

Условие задания.

Рассчитать фактическое сопротивление теплопередаче наружных стен здания, расположенного в г. Москве и определить, соответствует ли они

актуальным требованиям норм. Конструктивное решение представлено в таблице 26.1.

Таблица 26.1

Характеристики наружной стены эксплуатируемого здания

№ слоя	Наименование материала	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м ² ·°C)	Толщина слоя δ , мм
1	Штукатурка цементно-песчаным раствором по сетке	0,93	10
2	Кирпич глиняный обыкновенный по ГОСТ 530 на цементно-песчаном растворе	0,81	375

Варианты ответов.

(!) 0,64

(?) 3,17

(?) 2,53

(?) 2,8

(?) 3,5

Указания к выполнению.

При расчете необходимо пользоваться данными таблицы 3 СП 50.13330.

Расчетные коэффициенты для ограждающих конструкций принимаются по таблице 26.2.

Таблица 26.2

Расчетные коэффициенты для ограждающих конструкций

Наименование конструкции	n	$\alpha_{в},$ Вт/(м ² ·°C)	$\alpha_{н},$ Вт/(м ² ·°C)
Наружные стены (НС)	1	8,7	23
Пол над неотапливаемым подвалом (ПЛ)	0,6	8,7	6
Чердачные перекрытия (ПТ)	0,9	8,7	12

Решение задания.

Выполним расчет сопротивления теплопередачи наружной стены:

$$R_{\text{факт}} = 1/8,7 + 0,01/0,93 + 0,01/0,93 + 0,375/0,81 + 1/23 = 0,64 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Сравним полученное значение с нормативным.

Для чего определим ГСОП для данного климатического района:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{оп.ср}}) Z_{\text{оп}}$$

$$\text{ГСОП} = (20 - (-3,6)) \cdot 213 = 5026 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут./год.}$$

По таблице 3 СП 50.13330 интерполяцией определим нормативное значение требуемого сопротивления теплопередаче, которое составит 3,17 м²·°C/Вт.

Можно сделать вывод, что фактическая конструкция стены не удовлетворяет требованиям норм.

Задания для самостоятельного решения.

Рассчитать фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции здания заданной серии. Конструктивное решение необходимо найти в открытых источниках информации. Принять регион расположения здания - г. Москва.

Таблица 26.3

Исходные данные

Вариант	Серия дома	Рассчитываемая конструкция
1	II-18/9	Наружные стены
2	I-515/9м	Перекрытия над подвалами
3	II-209А	Покрытия (кровля)
4	II-18/12	Наружные стены
5	II-68	Перекрытия над подвалами
6	II-49д	Покрытия (кровля)
7	1605-АМ/9	Наружные стены
8	II-08	Перекрытия над подвалами
9	II-46	Покрытия (кровля)
10	II-57	Наружные стены

Практическое занятие №27. Обеспечение температурного режима в жилом помещении при реконструкции домовой системы

Методические указания к выполнению задания.

Теплопотери в здании осуществляются за счет трансмиссионной передачи тепла окружающему воздуху через оболочку, уноса тепла в вентиляционном воздухе и трансмиссионной передачи тепла грунтовому основанию через элементы, контактирующие с ним. Трансмиссионные теплопотери - это потери теплоты из внутреннего объема здания за счет теплопроводности ограждающих конструкций и грунтового основания.

Уровень трансмиссионных теплопотерь, приходящихся на основания зданий, для малоэтажных зданий и сооружений и для первых и заглубленных этажей многоэтажных зданий в зависимости от условий может составлять от нескольких до нескольких десятков процентов от общих трансмиссионных теплопотерь

Трансмиссионные теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период:

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}} \quad (27.1)$$

где A_e^{sum} – общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения, м². K_m – трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/м²·°C; D_d – градусо-сутки (ГСОП) отопительного периода для конкретного населенного пункта, °C·сут.

4. Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания:

$$K_m^{\text{tr}} = \frac{\left[\frac{A_w}{R_w} + \frac{A_F}{R_F} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}} + n \frac{A_c}{R_c} + n \frac{A_f}{R_f} \right]}{A_e^{\text{sum}}} \quad (27.2)$$

где R_w , R_F , R_{ed} , R_c , R_f – соответственно сопротивление теплопередаче наружных стен; заполнения светопроемов (окон, витражей, фонарей); наружных дверей и ворот; перекрытий верхнего этажа (чердачных); цокольных перекрытий, м²·°C/Вт; A_w , A_F , A_{ed} , A_c , A_f – соответственно площади наружных стен (за исключением проемов); заполнения светопроемов; наружных дверей и ворот; перекрытий верхнего этажа; цокольных перекрытий, м².

Также необходимо учитывать теплопотери через совмещенные покрытия, в том числе над эркерами, через перекрытия над проездами и под эркерами (при их наличии).

n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху:

$n=1$ – для наружных стен и покрытий, чердачных перекрытий с кровлей из штучных материалов, перекрытий над холодными подпольями;

$n=0,9$ – для перекрытий над холодными подвалами, чердачных перекрытий с кровлей из рулонных материалов;

$n=0,75$ – для перекрытий над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах;

$n=0,6$ – для перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли;

$n=0,5$ – для полов на грунте;

$n=0,4$ – для перекрытий над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенных ниже уровня земли.

Условие задания.

Определить трансмиссионные теплопотери здания, расположенного в г. Москве, если приведенный трансмиссионный коэффициент $2,07 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$.

Габариты здания для расчета общей площади внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций: длина – 24 м, ширина – 12 м, отапливаемой части здания – 48 м.

Варианты ответов.

(!) 3,07

(?) 2,07

(?) 2,8

(?) 5,6

(?) 3,86

Указания к выполнению.

Площади наружных ограждений определяются по габаритам здания.
Принять коэффициент остекленности фасада 18%.

Решение задания.

Определим площадь наружных стен:

$$(24+12) \cdot 2 \cdot 48 \cdot (1-0,18)=2833,92 \text{ м}^2$$

Определим площадь покрытия и перекрытия над подвалом:

$$24 \cdot 12=288 \text{ м}^2$$

Определим ГСОП для данного климатического района:

$$(20-(-3,6)) \cdot 213=5026 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут./год.}$$

Определим трансмиссионные теплопотери:

$$Q_h=0,0864 \cdot 2,07 \cdot 5026 \cdot (2833,92+288+288)=3,07 \text{ МДж}$$

Задания для самостоятельного решения.

Определить трансмиссионные теплопотери здания с характеристиками, заданными в таблице 27.1

Таблица 27.1

Исходные данные

Вариант	Город	приведенный трансмиссионный коэффициент, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$	Габариты здания, м		
			длина l	ширина b	высота надземной части h
1	Актюбинск	2,17	26	11	49
2	Архангельск	3,14	22	12	37
3	Астрахань	1,12	24	14	32
4	Ачинск	2,9	36	12	24
5	Барнаул	1,5	72	12	15
6	Владивосток	3,4	64	14	11
7	Владимир	3,22	25	16	64
8	Воронеж	2,16	26	12	46
9	Волгоград	3,12	48	12	35
10	Екатеринбург	1,9	40	14	25

Практическое занятие №28. Изменение тепловых потерь при реконструкции здания с заменой домовой системы

Методические указания к выполнению задания.

Воздухопроницанием через ограждения называют процесс проникновения воздуха сквозь неплотности наружного ограждения. Проникновение воздуха внутрь помещения называется инфильтрацией; а из помещения наружу - эксфильтрацией. Воздухопроницаемостью называется свойство строительных материалов и ограждающих конструкций пропускать сквозь себя поток воздуха.

Воздухопроницаемостью обладают все наружные ограждения, но в расчете теплотерь обычно учитывается только инфильтрация через окна, балконные двери и витражи. Нормы плотности остальных ограждений исключают возможность воздухопроницаемости ощутимо влиять на величину теплотерь.

Инфильтрация и эксфильтрация возникают под воздействием перепадов давлений с разных сторон ограждения. Разность давлений воздуха внутри здания и снаружи объясняется, во-первых, различной плотностью холодного наружного воздуха и теплого внутреннего (гравитационная составляющая) и, во-вторых, действием ветра, создающим избыточное давление в набегающем потоке с наветренной стороны здания и разрежение с подветренной (ветровая составляющая).

В каждом помещении под воздействием разных значений наружного давления по разные стороны здания формируется внутренне давление, которое в инженерных расчетах принято считать одинаковым для всего здания. Его называют условно постоянным внутренним давлением здания.

Расход наружного воздуха, поступающего в помещения в результате инфильтрации в расчетных условиях, зависит от объемно-планировочного решения здания, а также плотности окон, балконных дверей, витражей. Задача инженерного расчета сводится к определению расхода инфильтрационного воздуха через отдельные ограждения каждого помещения. Инфильтрация через стены и покрытия невелика, поэтому ею обычно пренебрегают и рассчитывают

только через заполнение световых проемов, а также через закрытые двери и ворота, в том числе и те, которые при обычном эксплуатационном режиме не открываются. Затраты теплоты на врывание воздуха через открывающиеся двери и ворота в расчетном режиме учитываются добавками к основным тепловым потерям через входные двери и ворота.

Расчет выявляет максимально возможную инфильтрацию, поэтому считается, что каждое окно или дверь находится на наветренной стороне здания.

Условный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания:

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 \cdot c \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot k \cdot \rho_a^{ht} \cdot n_a}{A_e^{sum}} \quad (28.1)$$

где, c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/кг·°С; β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_v=0,85$; V_h – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³; k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях:

$k=0,7$ – для стыков панелей стен, для окон и балконных дверей с тройными раздельными переплетами;

$k=0,8$ – для окон и балконных дверей с двойными раздельными переплетами;

$k=0,9$ – для окон и балконных дверей со спаренными переплетами;

$k=1$ – для окон и балконных дверей с одинарным остеклением.

ρ_a^{ht} – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³:

$$\rho_a^{ht} = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_{int} + t_{ext})]} \quad (28.2)$$

где, t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха; t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92; n_a – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹:

$$n_a = n_a^l + n_a^{el} \quad (28.3)$$

где, n_a^l – воздухообмен, осуществляемый за счет вентиляции, ч^{-1} ; n_a^{el} – воздухообмен, осуществляемый за счет инфильтрации, ч^{-1} .

Инфильтрационные теплотери здания за отопительный период:

$$Q_h = 0,0864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{\text{sum}} \quad (28.4)$$

где A_e^{sum} – общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения, м^2 . K_m – трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; D_d – градусо-сутки (ГСОП) отопительного периода для конкретного населенного пункта, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$.

Условие задания.

Определить инфильтрационные теплотери здания, расположенного в г. Москве, если суммарная кратность воздухообмена 2 ч^{-1} .

Габариты здания для расчета общей площади внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций: длина – 24 м, ширина – 12 м, отапливаемой части здания – 48 м. Окна и балконные двери со спаренными переплетами.

Варианты ответов.

(!) 3,38

(?) 3,07

(?) 2,38

(?) 2,07

(?) 3,86

Указания к выполнению.

Расчет выполняется по формулам (28.1)-(28.4).

Решение задания.

Определим среднюю плотность приточного воздуха за отопительный период, $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$\rho_a^{ht} = \frac{353}{[273 + 0,5(20 + (-26))]} = 1,31 \text{ кг / м}^3$$

Определим отапливаемый объем здания:

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

Определим площадь наружных стен:

$$(24+12) \cdot 2 \cdot 48 \cdot (1-0,18) = 2833,92 \text{ м}^2$$

Определим площадь покрытия и перекрытия над подвалом:

$$24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2$$

Определим инфильтрационный коэффициент:

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 13824 \cdot 0,9 \cdot 1,31 \cdot 2}{(2833,92 + 288 + 288)} = 2,28 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Определим ГСОП для данного климатического района:

$$(20 - (-3,6)) \cdot 213 = 5026 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут./год.}$$

Определим инфильтрационные теплопотери:

$$Q_h = 0,0864 \cdot 2,28 \cdot 5026 \cdot (2833,92 + 288 + 288) = 3,38 \text{ МДж}$$

Задания для самостоятельного решения.

Определить инфильтрационные теплопотери здания с характеристиками, заданными в таблице 28.1

Таблица 28.1

Исходные данные

Вариант	Город	Характеристики заполнений	суммарная кратность воздухообмена, ч ⁻¹	Габариты здания, м		
				длина <i>l</i>	ширина <i>b</i>	высота надземной части <i>h</i>
1	Актюбинск	окна и балконные двери с двойными раздельными переплетами	2,17	26	11	49
2	Архангельск	окна и балконные	3,14	22	12	37

		двери со спаренными переплетами				
3	Астрахань	окна и балконные двери с одинарным остеклением	1,12	24	14	32
4	Ачинск	окна и балконные двери с двойными раздельными переплетами	2,9	36	12	24
5	Барнаул	окна и балконные двери со спаренными переплетами	1,5	72	12	15
6	Владивосток	окна и балконные двери с одинарным остеклением	3,4	64	14	11
7	Владимир	окна и балконные двери с двойными раздельными переплетами	3,22	25	16	64
8	Воронеж	окна и балконные двери со спаренными переплетами	2,16	26	12	46
9	Волгоград	окна и балконные	3,12	48	12	35

		двери с одинарным остеклением				
10	Екатеринбург	окна и балконные двери с двойными раздельными переплетами	1,9	40	14	25

Практическое занятие №29. Энергосбережение при реконструкции здания с заменой домовой системы

Методические указания к выполнению задания.

Одним из обязательных решений при реконструкции домовых систем является устройство оборудования по учету потребляемых ресурсов. индивидуальный учет тепловой энергии эффективен тогда, когда потребитель имеет возможность регулировать расход тепла в зависимости от своих собственных потребностей. Для поддержания требуемого температурного графика в системе отопления можно установить регуляторы на отопление с датчиками наружного и внутреннего воздуха. По соответствующей программе регулятор может осуществлять понижение температуры воздуха в помещениях в ночные часы и выходные дни, что наиболее актуально для зданий бюджетной сферы. Автоматизированное управление отопительной нагрузкой позволяет получить экономию в осенне-весенний период, когда распространенной проблемой является наличие перетопов, связанное с особенностями центрального качественного регулирования тепловой нагрузки на источниках теплоснабжения. Принципиальная схема установки системы автоматического регулирования отопительной нагрузки с циркуляционными насосами приведена на рис. 29.1.

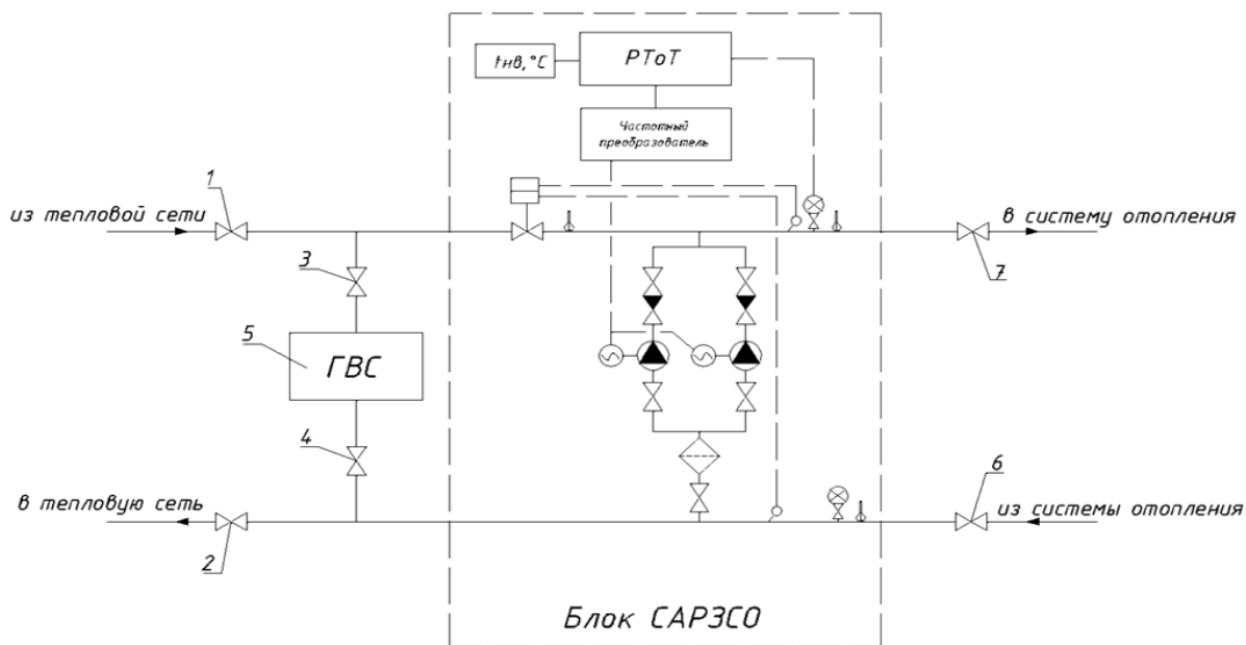


Рисунок 29.1. Принципиальная схема автоматизированного теплового пункта: 1, 2, 6, 7 – задвижка; 3, 4 – кран шаровый; 5 – водо-водяной подогреватель ГВС

Фактическая часовая тепловая нагрузка здания на отопление составляет, Гкал/ч:

$$q_{\text{ч}} = \frac{Q}{24 \cdot z} \quad (29.1)$$

где Q – годовое потребление тепловой энергии на отопление здания, Гкал; z – продолжительность отопительного периода, сут.

Организация дежурного предполагает снижение температуры воздуха в помещениях здания до $t_{\text{в}}^{\text{д}} = 14^{\circ}\text{C}$. Часовая нагрузка на отопление в данном случае составит, Гкал/ч:

$$q_{\text{ч}}^{\text{д}} = q_{\text{ч}} \frac{(t_{\text{в}}^{\text{д}} - t_{\text{н}}^{\text{ср}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{ср}})} \quad (29.2)$$

где $t_{\text{н}}^{\text{ср}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{в}}$ – расчетная температура воздуха в помещениях, $^{\circ}\text{C}$.

Годовой расход тепловой энергии на отопление здания при организации дежурного отопления и 8-ти часовом рабочем дне организации, Гкал:

$$Q_0 = (8q_{\text{ч}} + 15q_{\text{ч}}^{\text{д}})z_{\text{р}} + q_{\text{ч}}^{\text{д}} \cdot z_{\text{в}} \quad (29.3)$$

где z_p – количество рабочих дней в отопительном периоде, сут; z_v – количество выходных и праздничных дней в отопительном периоде.

Экономия тепловой энергии от внедрения дежурного отопления за отопительный период, Гкал:

$$\Delta Q_d = Q - Q_0 \quad (29.4)$$

Общая экономия тепловой энергии за счет организации автоматизированного теплового пункта, Гкал:

$$\Delta Q = \Delta Q_d + kQ \quad (29.5)$$

где k – коэффициент эффективности регулирования тепловой нагрузки в осенне-весенний период.

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T \cdot 10^{-3} \quad (29.6)$$

где T – тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Простой срок окупаемости (количество периодов) определяется по следующей формуле:

$$DP = \frac{Inv}{E_z} \quad (29.7)$$

где E_z – экономия в период времени на этапе z тыс. руб.;, Inv – инвестиции (капитальные вложения) в проект, тыс. руб.

Условие задания.

Годовая тепловая нагрузка на систему отопления здания – 459,5 Гкал. Температура воздуха в помещении $t_{в}^p=20^{\circ}\text{C}$. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период составляет $t_{н}^{cp}=-4,0^{\circ}\text{C}$. Длительность отопительного периода $z=221$ день. Тариф на тепловую энергию $T=2546$ руб/Гкал. Продолжительность рабочего дня – 8 ч. Количество дней за отопительный период: рабочих – 150; нерабочих – 71.

Необходимо произвести расчет эффективности мероприятия в натуральном и денежном выражении для здания с годовым потреблением тепловой энергии на цели отопления $Q=459,5$ Гкал. Узел учета тепловой энергии организован, что

позволяет получать фактические данные о потреблении тепловой энергии. Объем инвестиций в мероприятие по организации автоматизированного теплового пункта, исходя из совокупных затрат на разработку проекта теплового узла, оборудование и монтаж, составит, 1 млн. 540 тыс. руб. Определить период окупаемости.

Варианты ответов.

(!) 2,6 лет

(?) 5 лет

(?) 0,6 лет

(?) 12 лет

(?) 9 лет

Указания к выполнению.

Расчет выполняется последовательно по формулам (29.1)-(29.7). Коэффициент эффективности регулирования тепловой нагрузки в осенне-весенний период принимать равным 7% (в расчете учитывать в долях).

Решение задания.

Фактическая часовая тепловая нагрузка здания составляет:

$$q_{\text{ч}} = \frac{459,5}{24 \cdot 221} = 0,087 \text{ Гкал/час}$$

При организации дежурного отопления и снижении температуры воздуха в помещениях в нерабочее время до 14°C часовая нагрузка составит:

$$q_{\text{ч}}^{\text{д}} = 0,087 \frac{(14 - (-4))}{(20 - (-4))} = 0,065$$

В отопительном периоде 2022 г. было 150 рабочих дней и 71 нерабочих. Расход тепловой энергии на отопление здания при 8-ти часовом рабочем дне

$$Q_0 = (8 \cdot 0,087 + 15 \cdot 0,065) \cdot 150 + 0,065 \cdot 71 = 255,265 \text{ Гкал}$$

Экономия тепловой энергии от внедрения дежурного отопления за отопительный период:

$$\Delta Q_{\text{д}} = 459,5 - 255,265 = 204,235 \text{ Гкал}$$

Общая экономия тепловой энергии при учете снижения теплопотребления на 7% за счет устранения перетопов в осенне-весенний период:

$$\Delta Q = 204,235 + 0,07 \cdot 459,5 = 236,4 \text{ Гкал}$$

Годовая экономия в денежном выражении:

$$\Delta \text{Э} = 236,4 \cdot 2546 \cdot 10^{-3} = 601,87 \text{ тыс. рублей}$$

При реализации мероприятия по организации автоматизированного теплового пункта в здании за отопительный период достигается экономия в размере 601,87 тыс. руб.

$$DP = \frac{1540}{601,87} = 2,6 \text{ лет}$$

Задания для самостоятельного решения.

Определить период окупаемости работ по автоматизации индивидуального теплового пункта в здании, если расчетная температура воздуха в помещении $t_{в}^p=20^\circ\text{C}$. Тариф на тепловую энергию принять равным $T=2546$ руб/Гкал. Продолжительность рабочего дня – 8 ч. Количество рабочих и нерабочих дней за отопительный период принять в соотношении 2/1.

Необходимо произвести расчет эффективности мероприятия в натуральном и денежном выражении для здания с годовым потреблением тепловой энергии на цели отопления $Q=459,5$ Гкал. Узел учета тепловой энергии организован, что позволяет получать фактические данные о потреблении тепловой энергии. Объем инвестиций в мероприятие по организации автоматизированного теплового пункта, исходя из совокупных затрат на разработку проекта теплового узла, оборудование и монтаж, составит, 1 млн. 540 тыс. руб. Определить период окупаемости.

Таблица 29.1

Исходные данные

Вариант	Годовая тепловая нагрузка на систему отопления Q, Гкал	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{н}^{cp}$, °C	Длительность отопительного периода z, сут	Объем инвестиций, тыс. руб
1	520	-5	190	945
2	420	-6	200	1020
3	610	-3	210	873
4	470	-2	220	936
5	390	-4	180	1135
6	510	-5	220	1025
7	440	-6	210	924
8	650	-3	200	1176
9	420	-2	180	873
10	340	-4	190	1065

Практическое занятие №30. Выбор конструктивного решения домовой системы при реконструкции здания

Методические указания к выполнению задания.

При реконструкции инженерных систем здания, в частности системы, отопления, изменяются характеристики оборудования, что влечет изменение тепловой мощности системы отопления.

Для определения экономии тепловой энергии на обогрев отапливаемого здания от реконструкции наружных ограждений, определим количество потребляемой тепловой энергии за отопительный сезон для здания до реконструкции и после реконструкции.

Количество тепловой энергии потребляемой за отопительный сезон Q_{oc} , ГДж, может быть определено по формуле:

$$Q_{oc}^{до} = \frac{Q_{тп}^{до}}{10^9} \frac{t_{в} - t_{он.ср}}{t_{в} - t_{н}} Z_{он} \cdot 24 \cdot 3600 \quad (30.1)$$

$$Q_{oc}^{рек} = \frac{Q_{тп}^{рек}}{10^9} \frac{t_B - t_{оп.ср}}{t_B - t_H} Z_{оп} \cdot 24 \cdot 3600 \quad (30.2)$$

где $Q_{тп}$ – теплопотери зданий до и после реконструкции, Вт; t_B – внутренняя температура воздуха в помещении, °C; t_H – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, °C; $t_{оп.ср}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °C.

Годовая экономия тепловой энергии $Q_{эк}$, Гкал, составит:

$$Q_{эк} = Q_{о.с}^{до} - Q_{о.с}^{рек} \quad (30.3)$$

Количество финансирования, которое можно выделить для реконструкции здания (капитальные затраты), чтобы экономия данных мероприятий составила не более 10 лет, К, руб., составит:

$$K = 10Q_{эк} \Theta_{тэ} \quad (30.4)$$

где $\Theta_{тэ}$ – стоимость отпускаемой тепловой энергии энергоснабжающей организацией, руб./Гкал.

Условие задания.

Подсчитать ожидаемый полный экономический эффект от реконструкции здания за рассматриваемый период времени, равный 10 годам.

Расчетная мощность системы отопления снизилась с 125814,74 Вт до 48091,97 Вт.

Приняты следующие значения температур для расчета:

$$t_B = 20 \text{ °C}; t_H = -25 \text{ °C}; t_{оп.ср} = -2 \text{ °C}.$$

Варианты ответов.

- (!) примерно 3 млн
- (?) примерно 2 млн
- (?) примерно 1 млн
- (?) примерно 4 млн
- (?) примерно 5 млн

Указания к выполнению.

Тариф на тепловую энергию принимать 2546 руб/Гкал.

Решение задания.

Рассчитаем годовое потребление энергии системой отопления до и после реконструкции:

$$Q_{o.c.}^{до} = (125814,74/10^9) ((20-(-2))/(20-(-25))) \cdot 209 \cdot 24 \cdot 3600 = 1110,713 \text{ ГДж}$$

$$Q_{o.c.}^{рек} = (48091,9664/10^9) ((20-(-2))/(20-(-25))) \cdot 209 \cdot 24 \cdot 3600 = 424,564 \text{ ГДж}$$

Годовая экономия тепловой энергии составит:

$$Q_{эк} = 1110,713 - 424,564 = 686,149 \text{ ГДж}$$

Тогда количество финансирования, которое можно выделить для реконструкции здания, чтобы экономия данных мероприятий составила не более 10 лет:

$$K = 10 \cdot 686,149 \cdot 430 = 2\,950\,440,7 \text{ руб.}$$

Задания для самостоятельного решения.

Подсчитать ожидаемый полный экономический эффект от реконструкции здания за рассматриваемый период времени, равный 10 годам.

Тариф на тепловую энергию принимать 2546 руб/Гкал.

Расчетные данные приведены в таблице 30.1.

внутренняя температура воздуха в помещении составляет 20 °С.

Приняты следующие значения температур для расчета:

$$t_b = 20 \text{ °С}; t_n = -25 \text{ °С}; t_{оп.ср} = -2 \text{ °С}.$$

Таблица 30.1

Исходные данные

Вариант	Расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, °С	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С.	Расчетная мощность системы отопления до реконструкции, кВт	Расчетная мощность системы отопления после реконструкции, кВт
1	-26	-2,1	126	48
2	-27	-3,2	134	51
3	-24	-1,8	156	60
4	-23	-2,3	176	67

5	-30	-3,5	187	72
6	-28	-2,7	149	57
7	-29	-3,1	164	63
8	-22	-2,8	137	52
9	-31	-3,2	142	54
10	-21	-1,7	159	61

Практическое занятие №31. Поверочный расчет домовой системы при реконструкции здания

Методические указания к выполнению задания.

Поверочный расчет представляет собой моделирование гидравлического режима работы эксплуатируемой сети.

Цель поверочного расчета заключается в определении потокораспределения, скорости и потерь напора на участках, давления во всех узловых точках сети, качества обеспечения потребителей требуемым расходом с необходимым напором. Расчет производится при известных диаметрах труб и отборах воды в узловых точках.

Электронная модель позволяет имитировать поведение реально работающей системы или исследовать и прогнозировать её поведение в условиях, которые нецелесообразно, а может даже и невозможно воспроизвести на практике.

В зависимости от поставленной задачи, гидравлические расчеты можно производить на различные режимы работы системы:

- штатные режимы, при расчетных или фактических расходах;
- аварийные режимы, при расчете и анализе последствий переключения участков, включении или отключении оборудования;
- проектные режимы при, подключении новых потребителей или планировании переключений на сетях;
- расчеты в режиме "реального времени".

Особенности поверочного расчета:

- Возможен расчет сетей разных конструктивно-технологических схем подключения, работающих от одного или нескольких источников.
- В качестве носителя может быть указана вода или любая другая техническая жидкость, к примеру нефть, мазут и т.п.
- Возможен расчет при фиксированном и нефиксированном потреблении.
- Возможен расчет с учетом графика суточного потребления и графика работы насосного оборудования.
- Возможен расчет на основании данных телеметрии, получаемых в режиме реального времени с приборов учета, датчиков и контроллеров.
- Возможно задание потребителей расчетным сопротивлением.
- Имеются различные режимы работы насосного оборудования. Насосное оборудование может быть задано: функцией насоса, сохраненной в виде $H-Q$ характеристики, значением развиваемого на насосе давления или значением напора после насоса и преобразователя частоты.
- Моделирование режимов работы различного оборудования. В модели представлено дросселирующее оборудование с постоянным сопротивлением, запорная арматура, заданная степенью открытия, регуляторы давления и расхода.

Исходные данные для поверочного расчета:

Основным исходным данным является схема сетей, она создается в графическом редакторе. В дальнейшем, всем объектам сети заносится необходимый для гидравлического расчета перечень атрибутов.

Любой режим определяется топологией сети, давлением на источниках, параметрами работы насосного оборудования, сопротивлениями и свойствами участков трубопроводов, параметрами установленного на сети регулирующего оборудования и требуемого на потребителях расхода, с минимальным напором.

Результаты поверочного расчета:

- Распределение воды по участкам сети.
- Расходы, потери напора и скорости движения воды на участках.

- Давления в каждом узле.
- Расстояние и время прохождения воды до каждого элемента сети.
- Качество обеспечения потребителей требуемыми параметрами.
- Расход и давление на потребителях.

Результаты расчета записываются в базы данных по объектам и могут быть вынесены на карту, использованы для построения тематических карт, графика падения давления или собраны в виде спецификации и сохранены в отчет.

Поверочный расчет позволяет:

- Определять зоны влияния источников, работающих на одну сеть.
- Определять зоны с избыточным и недостаточным давлением.
- Осуществлять наладку гидравлического режима водопроводной сети.
- Подбирать параметры регулирующего оборудования.
- Оценивать правильность принятых проектных решений и оценивать их влияние на существующий гидравлический режим.
- После сопоставления результатов расчета с данными телеметрии и манометрического обследования сети, выявлять участки с повышенным гидравлическим сопротивлением, лимитирующие пропускную способность сетей и скрытыми утечками.
- Формировать экономически эффективные планы реконструкции сетей.
- Моделировать аварийные ситуации на сети и обосновывать мероприятия по минимизации последствий этих аварий.
- Моделировать последствия крупных отборов, связанных с крупными утечками.
- Оценивать влияние переключений при передаче части воды от одного источника к другому.

Расход теплоносителя в системе G_{co} , кг/ч, определяется по формуле:

$$G_{co} = \frac{3,6Q_{co}}{c(t_r - t_o)}, \quad (31.1)$$

где c – удельная изобарная массовая теплоемкость воды, 4,187 кДж/(кг·°С);

Q_{co} – расчетная тепловая мощность системы отопления, Вт; t_r и t_o – соответственно расчетная температура подающей и обратной воды в трубах системах отопления, °C, принимается равной $t_r = 95$ °C, $t_o = 70$ °C.

Условие задания.

Определить во сколько раз изменится расход теплоносителя при реконструкции системы, если расчетная мощность системы отопления снизится с 125814,74 Вт до 48091,97 Вт.

Варианты ответов.

(!) 2,6

(?) 4,3

(?) 1,6

(?) 6,1

(?) 5,4

Указания к выполнению.

Расчет выполняются по формуле (31.1).

Решение задания.

Расход теплоносителя в системе до реконструкции:

$$G_{\text{co}}^{\text{до}} = \frac{3,6 \cdot 125814,74}{4,187(95 - 70)} = 4327 \text{ кг/ч}$$

Расход теплоносителя в системе после реконструкции:

$$G_{\text{co}}^{\text{после}} = \frac{3,6 \cdot 48091,97}{4,187(95 - 70)} = 1654 \text{ кг/ч}$$

Расход теплоносителя снизится в 2,6 раз:

$$\frac{4327}{1654} = 2,6 \text{ раз}$$

Задания для самостоятельного решения.

Определить во сколько раз изменится расход теплоносителя при реконструкции системы при изменении расчетной мощности системы отопления, представленной в таблице 31.1.

Таблица 31.1

Исходные данные

Вариант	Расчетная мощность системы отопления до реконструкции, кВт	Расчетная мощность системы отопления после реконструкции, кВт
1	126	48
2	134	51
3	156	60
4	176	67
5	187	72
6	149	57
7	164	63
8	137	52
9	142	54
10	159	61

Практическое занятие №32. Функциональные и конструктивные оборудования домовых инженерных систем

Методические указания к выполнению задания.

В соответствии с требованиями Федерального закона № 261-ФЗ, до 1 июля 2012 года собственники помещений в многоквартирных домах обязаны были обеспечить их оснащение коллективными (общедомовыми) приборами учета используемых воды, тепловой энергии, электрической энергии, а также ввод установленных приборов учета в эксплуатацию. При этом, согласно Федеральному закону № 261-ФЗ, требования в части организации учета используемых энергетических ресурсов не распространяются на ветхие, аварийные объекты, объекты, подлежащие сносу или капитальному ремонту, а также объекты, мощность потребления электрической энергии которых составляет менее чем пять киловатт (в отношении организации учета используемой электрической энергии) или максимальный объем потребления тепловой энергии которых составляет менее чем две десятых Гкал в час (в отношении организации учета используемой тепловой энергии).

Приборный учет дает возможность оценки реального объема потребления ресурсов, что, как показывает практика, в одних случаях может быть ниже расчетного по нормативам потребления и позволяет достичь экономии как в натуральном, так и денежном выражении, а в других случаях – заставляет, оплачивая фактически потребленные ресурсы, задумываться об их экономии и тем самым внедрять мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, направленные в том числе на повышение качества предоставляемых коммунальных услуг за счет снижения потерь ресурсов, обеспечения бесперебойности их поставки.

Расходомер узла учета тепловой энергии выбирается согласно каталогу изготовителя (см. таблицу 32.1) по максимальному (в диапазоне погрешности до 2 %) предельному расходу теплоносителя $G_{\text{макс}}$, т/ч, т.е. при условии, что:

$$G_{\text{макс}} > \frac{3}{1000} G_{\text{тс}}, \quad (32.1)$$

где $G_{\text{тс}}$, расход теплоносителя из тепловой сети в кг/ч.

Расход теплоносителя из тепловой сети определяется по формуле:

$$G_{\text{тс}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{со}}}{4,187(T_1 - T_2)} \quad (32.2)$$

где T_1 и T_2 – соответственно температура подающего и обратного теплоносителя тепловой сети, °С, принимается равными соответственно 130 °С и 70 °С; c – массовая теплоемкость воды, принимаемая 4,187 кДж/(кг·°С).

Таблица 32.1

Каталог расходомеров УУТЭ

Обозначение	Условный диаметр Ду, мм	$G_{\text{мин}}$, т/ч	$G_{\text{макс}}$, т/ч	S , кПа/(кг/ч) ²
ППР-15	15	0,03	3,0	$1 \cdot 10^{-6}$
ППР-25	25	0,08	4,5	$0,7 \cdot 10^{-6}$
ППР-32	32	0,15	12,0	$0,54 \cdot 10^{-6}$
ППР-50	50	0,30	20,0	$0,32 \cdot 10^{-6}$

Потеря давления в расходомере $\Delta P_{\text{расх}}$, кПа, определяется по формуле:

$$\Delta P_{\text{расх}} = S G_{\text{тс}}^2, \quad (32.3)$$

где S – характеристика сопротивления расходомера, кПа/(кг/ч)².

Условие задания.

Необходимо подобрать расходомер при реконструкции системы, если расчетная мощность системы отопления снизится до 48091,97 Вт.

Варианты ответов.

(!) ППР-15

(?) ППР-25

(?) ППР-32

(?) ППР-50

(?) ППР-20

Указания к выполнению.

Расчет на основе формул (32.1)-(32.3) и данных таблицы 32.1.

Решение задания.

Расход теплоносителя из тепловой сети после реконструкции:

$$G_{\text{тс}} = \frac{3,6 \cdot 48091,97}{4,187(130 - 70)} = 689 \text{ кг/ч}$$

Расходомер узла учета тепловой энергии выбирается согласно каталогу изготовителя по максимальному (в диапазоне погрешности до 2 %) предельному расходу теплоносителя при условии, что:

$$G_{\text{макс}} > \frac{3}{1000} 689 = 2,094 \text{ т/ч}$$

К установке принимаем расходомер типа ППР-15 с предельным расходом измеряемого теплоносителя 3 т/ч, и характеристикой сопротивления $1 \cdot 10^{-6}$ кПа/(кг/ч)².

Тогда потеря давления в расходомере:

$$\Delta P_{\text{расх}} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 689^2 = 0,474 \text{ кПа}$$

Задания для самостоятельного решения.

Подберите расходомер для заданной мощности системы отопления.

Исходные данные

Вариант	Расчетная мощность системы отопления после реконструкции, кВт
1	48
2	51
3	60
4	67
5	72
6	57
7	63
8	52
9	54
10	61