

НОВАЯ РЕДАКЦИЯ СП XX.XXXXX.2021 «ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ ...» НАРУШАЕТ ПРИНЦИПЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И НЕ НАЦЕЛЕНА НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. И. Ливчак, к. т. н., независимый эксперт по энергоэффективности зданий и систем их инженерного обеспечения

Полное название нового нормативно-правового и технического документа, намечаемого к утверждению Минстроем России, «Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения», разработан авторским коллективом: НП АВОК (А. Н. Колубков), НП «Российское теплоснабжение» (В. Г. Семенов), ООО ППФ «АК» (С. Г. Никитин). Рассматривается вторая редакция от 8 сентября 2021 года, на которую мной были переданы замечания 12 сентября, но они остались без ответа. Указывается, что этот свод правил содержит требования, рекомендации и справочные материалы по проектированию тепловых пунктов в зданиях и внутренних систем теплоснабжения от тепловых пунктов до теплопотребляющих установок.

Во-первых, непонятно такое внимание к «системе внутреннего теплоснабжения». Судя по установленным выше границам этой системы, в подавляющем большинстве зданий — многоквартирных домах некоммерческого строительства с естественной вентиляцией в квартирах таких систем нет — индивидуальный тепловой пункт располагается в отдельном помещении, в котором размещаются и вводные задвижки на трубопроводах централизованного теплоснабжения, и выходные задвижки теплопотребляющих систем отопления и горячего водоснабжения. Такие системы появляются в общественных зданиях с большим количеством приточных систем вентиляции для теплоснабжения установок нагрева воздуха или в сверхвысоких и многофункциональных зданиях при наличии ЦТП в подземном этаже в сочетании с ИТП, расположенными на верхних этажах или в отдаленных частях комплекса (например, «Триумф-Палас»). Но таких зданий в городе подавляющее меньшинство, и помещать в заглавие такую систему — это размывать основное назначение документа — проектирование тепловых пунктов в зданиях.

Во-вторых, при прочтении данного документа создается впечатление, что его авторы в количестве трех человек все это придумали впервые, до них подобного документа не было, в то время как было все не так. Поскольку я был членом авторского коллектива, возглавляемого ВНИПИЭнергопром, по разработке очередной редакции СНиП II-Г.10-73* «Тепловые сети», издания 1985 года, а затем СНиП 2.04.07-86 с тем же названием и работал в течение 25 лет заведующим сектором теплоснабжения жилых микрорайонов и общественных зданий в лаборатории инженерного оборудования (завлаборатории М. М. Грудзинский), мне было поручено возглавить авторский коллектив по разработке СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов», «принятого в качестве свода правил по проектированию и строительству к СНиП 2.04.07-86* Тепловые сети».

И настоящий СП «Тепловые пункты», что бы ни было написано в Техническом задании на разработку, которое составляется авторами же предлагаемой разработки, выпускается взамен той части СП 41-101-95, которая касается тепловых пунктов в здании и для здания, а не отдельно стоящего ЦТП на группу зданий. Это же подтверждается тем, что большая часть текста со всеми приложениями, с методиками расчета оборудования тепловых пунктов перешла из СП 41 в новое СП (это не голословно, мной указаны пункты, разделы и приложения). Но как-то странно, что фамилий авторов, участвовавших в написании более ранней редакции этого документа, мы не увидели вопреки

действующей практике в СССР (они ведь не писали этот текст, получается, они его присвоили).

В отношении нарушения основного положения централизованного теплоснабжения — для устойчивой работы этой системы следует стремиться к поддержанию стабильного расхода теплоносителя на каждый тепловой пункт, несмотря на резкопеременный режим работы системы горячего водоснабжения в течение суток и увеличенное теплотребление на отопление с понижением температуры наружного воздуха. В противном случае, например, при увеличении водо-, а соответственно и теплотребления в часы максимального водоразбора, расход теплоносителя, поступающего в тепловой пункт из тепловых сетей системы централизованного теплоснабжения, увеличится. Но это возможно в тепловых пунктах, расположенных близко к источнику теплоты, а в удаленных тепловых пунктах из-за перегрузки начальных участков тепловой сети располагаемый напор в сети перед ними уменьшится, и они не смогут обеспечить нормальный режим работы теплотребляющего оборудования — наступит гидравлическая разрегулировка тепловой сети, нарушится устойчивость ее работы.

Для исключения этого во всех редакциях строительных норм по проектированию тепловых сетей, в частности, последнего СП 124.13330.2012, в пункте 5.3 записано: «Расчетные тепловые нагрузки для тепловых сетей по системам горячего водоснабжения следует определять как сумму среднечасовых нагрузок отдельных зданий. Для удовлетворения нормальной работы систем отопления и приточной вентиляции, подключаемых к централизованному теплоснабжению зданий, предусмотрено на источнике теплоты пунктом 7.5 СП 124, как правило, «центральное качественное регулирование температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха». Но поскольку к тепловым сетям подключаются разные здания по назначению, то в зависимости от соотношения составляющих теплового баланса этим зданиям требуются и разные температурные графики местного регулирования подачи теплоты в системы отопления и вентиляции, а потому пунктом 14.6 СП 124 провозглашено:

«14.6. Присоединение потребителей теплоты к тепловым сетям в тепловых пунктах следует предусматривать по схемам, обеспечивающим минимальный расход воды в тепловых сетях, а также экономию теплоты за счет применения регуляторов расхода теплоты и ограничителей максимального расхода сетевой воды, корректирующих насосов с автоматическим регулированием температуры воды, поступающей в системы отопления, вентиляции, кондиционирования, в зависимости от температуры наружного воздуха».

Достигалось это в эпоху написания СП 41-101-95 применением 2-ступенчатой последовательной схемы присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения к тепловым сетям со стабилизацией расхода воды на отопление. Для пояснения работы такого теплового пункта воспользуемся схемой на рис. 3, предложенной в рассматриваемом СП «Тепловые пункты...». Особенность схемы в том, что 2-я ступень системы ГВС подключалась предвключенно водоподогревателю отопления (кран А — открыт, кран Б — закрыт), вместо клапана регулятора отопления, установленного на перемычке вокруг водоподогревателя 2-й ступени ГВС, стоял гидравлический регулятор постоянства перепада давлений между подающим и обратным трубопроводами тепловой сети в тепловом пункте, работающий вместе с регулятором температуры горячей воды на ГВС — при увеличении расхода воды из тепловой сети на ГВС прикрывался регулятор перепада давлений, обеспечивая постоянный расход теплоносителя на тепловой пункт независимо от уровня водоразбора. Расчетный расход теплоносителя обеспечивался на минимальном уровне — суммированием расчетного расхода на отопление и среднечасового за сутки наибольшего водопотребления на горячее водоснабжение. В часы максимального водоразбора система отопления не догревалась, а в ночной период при отсутствии водоразбора в систему отопления поступала недостающая теплота, компенсируя тот недогрев. Благодаря аккумулирующей способности здания и мебели

температура воздуха в квартирах в течение суток менялась в пределах $\pm 0,5$ °С, что не ощущалось жителями.

Для нового строительства в СП 41-101-95 были рекомендованы схемы с заменой стабилизации расхода теплоносителя на отопление на автоматическое регулирование подачи теплоты на отопление с ограничением максимального расхода воды из тепловой сети при 2-ступенчатой смешанной схеме присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения к тепловым сетям. По аналогии со схемой, представленной на рис. 3, — это схема на рис. 4 СП 41-101-95 с подключением водоподогревателя 2-й ступени ГВС параллельно водоподогревателю отопления (кран А — закрыт, кран Б — открыт на рис. 3).

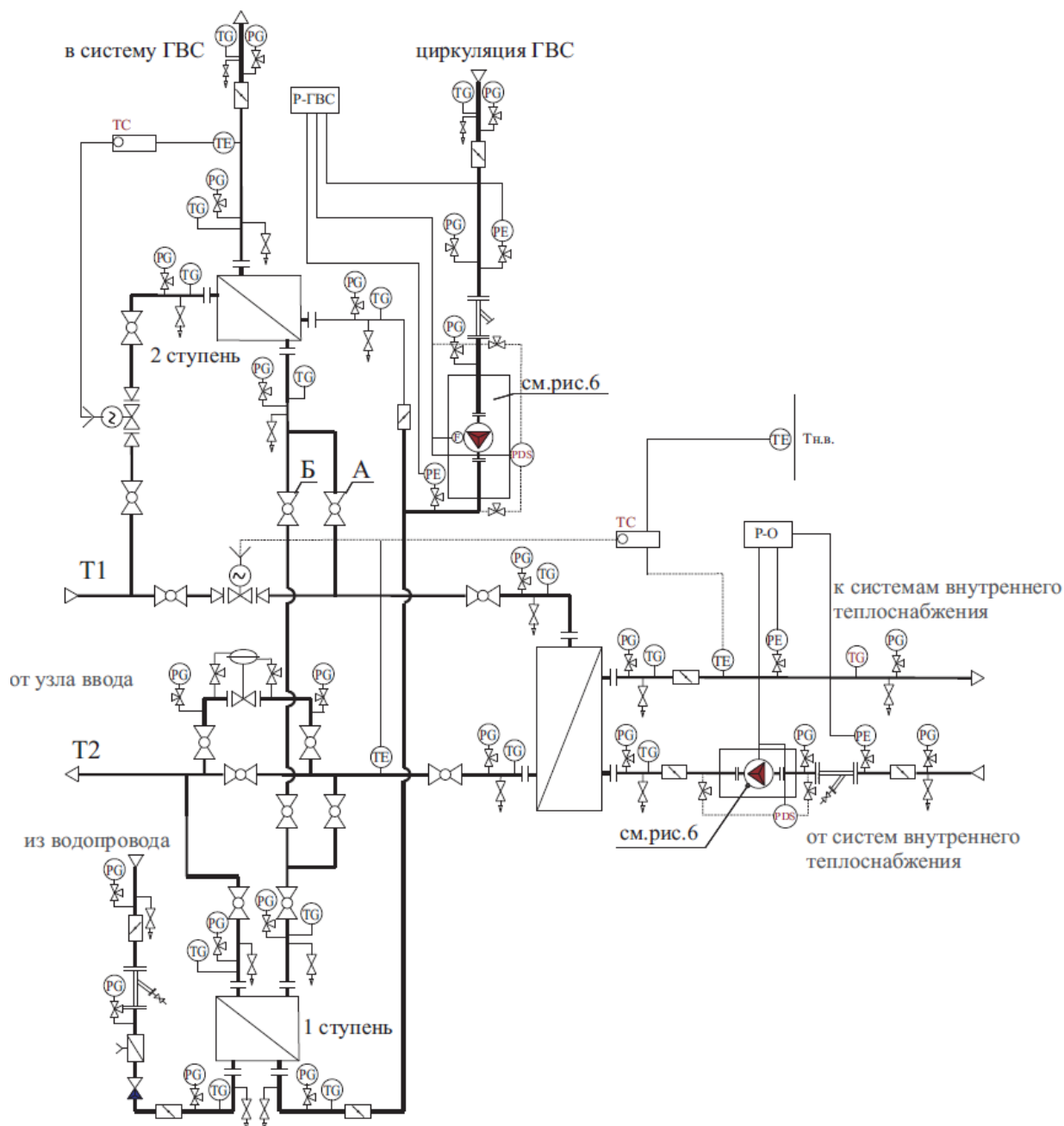


Рис. 3. Двухступенчатая схема горячего водоснабжения с независимым присоединением систем отопления (нумерация рисунка соответствует нумерации в СП XX.XXXXX.2021 «Тепловые пункты...»)

А вот что написано в п. 5.15 рассматриваемого СП XX.XXXXX.2021 «Тепловые пункты...»: «Двухступенчатая смешанная схема присоединения водоподогревателей

горячего водоснабжения с ограничением максимального расхода воды из тепловой сети с независимым присоединением системы отопления и автоматическим регулированием подачи теплоты на отопление показана на рис. 3 (кран А — открыт, кран Б — закрыт).

...В зимний и переходный период вторая ступень водоподогревателей горячего водоснабжения работает по перемычке с краном А по предвключенной схеме перемычка с краном Б предусматривается для работы в летний период».

Во-первых, ограничение максимального расхода воды из тепловой сети провозглашено, но на схеме не показано и в тексте не расшифровывается. Во-вторых, на рис. 3 кран А — открыт, кран Б — закрыт — это не смешанная, а последовательная схема, что поддерживается следующим абзацем, что 2-я ступень работает по перемычке с краном А, открытым по предвключенной схеме, что неправильно! Потому что при выполнении регулирования подачи теплоты на отопление наличие последовательной схемы присоединения водонагревателей ГВС к тепловым сетям вступает в противоречие с этим регулированием, из-за того что при отклонениях на источнике температурного графика центрального регулирования возможен недогрев воды, идущей на горячее водоснабжение, при открытии для компенсации нарушения графика клапана регулятора отопления, устанавливаемого на той же перемычке, где стоял регулятор постоянства перепада давлений, большая часть воды будет проходить по перемычке, минуя водоподогреватель 2-й ступени ГВС (если клапан регулятора отопления будет установлен после перемычки, то регулятор отопления нарушит работу регулятора температуры ГВС). Также будет перегрев отапливаемых зданий в теплое время отопительного периода, когда закрытие регулятора отопления не исключает поступления теплоты с греющей водой, прошедшей водонагреватель 2-й ступени.

В связи с этим было предложено в условиях осуществления автоматического регулирования подачи теплоты на отопление перейти на смешанную 2-ступенчатую схему присоединения водонагревателей ГВС к тепловым сетям, в которой греющая вода на выходе из водонагревателя 2-й ступени поступает в трубопровод воды, возвращаемой из системы отопления или из водонагревателя отопления до входа в водонагреватель 1-й ступени горячего водоснабжения, не только в летнее время, но и в отопительном периоде. В этом случае придется при определении расчетного расхода теплоносителя на тепловой пункт ориентироваться не на среднечасовую тепловую нагрузку ГВС, а на максимальную часовую с той нестабильностью работы тепловой сети, как указано выше.

Для устранения этого и сохранения возможности использования аккумулирующей способности зданий в устранении влияния суточной неравномерности потребления теплоты горячим водоснабжением на работу тепловой сети и источника теплоты предусматривается включение в схему автоматизации теплового пункта автоматического ограничения расхода воды из тепловой сети в тепловой пункт в часы максимального водоразбора путем сокращения ее поступления в систему отопления или в водонагреватель отопления на величину, превышающую расчетный расход воды на тепловой пункт из-за увеличения водопотребления выше среднесуточного.

В этот период здание будет недогреваться, но при водоразборе ниже среднесуточного за счет задания регулятору отопления для поддержания более высокого температурного графика, чем отопительный, в течение суток система отопления, как и при последовательной схеме, получит требуемый расход теплоты. Регулятор постоянства расхода в этой схеме не нужен — его заменяет регулятор отопления. Ограничение максимального расхода воды из тепловой сети выполняется с использованием датчика расхода воды, входящего в комплект теплосчетчика, устанавливаемого для учета потребляемой теплоты на вводе в тепловой пункт. (Более подробно о преимуществе такого решения и о методике расчета такой схемы — см. статью В. Ливчака // Водоснабжение и санитарная техника. № 7 — 1987, повторенную в журнале «Энергосбережение». № 8 — 2018.)

Такое решение было применено в СП 41-101-95 и отражено в пунктах 3.15–3.17, но исключено из рассматриваемой редакции СП 2021 — необходимо их восстановить. А рис. 3 совместить с левой частью рис. 1 ввода тепловых сетей в тепловой пункт, показать на ней теплосчетчик и провести линию электрического сигнала от первичного измерительного преобразователя для измерения расхода, входящего в состав узла учета потребленной тепловой энергии, к регулятору подачи тепловой энергии. Эта линия и будет означать сигнал ограничения максимального расхода теплоносителя из тепловой сети. Заменить надписи «к (от) системам внутреннего теплоснабжения» на: «к (от) системе отопления». Соединить линии подпитки, показать на ней подпиточные насосы и напорный расширительный бак с мембраной вместо открытого бака на чердаке.

Изменить название рисунков (курсивом — предлагаемые изменения):

Рис. 3. Двухступенчатая смешенная схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения с ограничением максимального расхода воды из тепловой сети, с независимым присоединением системы отопления, ~~(вентиляции)~~ автоматическим регулированием подачи теплоты на отопление и с циркуляционным насосом горячего водоснабжения, установленным на циркуляционном трубопроводе.

5.16. На рис.3 показана схема с циркуляционным насосом горячего водоснабжения на циркуляционном трубопроводе. Более энергоэффективная схема подключения циркуляционного насоса по циркуляционно-повысительной схеме представлена на рис. 4. В этой схеме из-за установки циркуляционных насосов на трубопроводе после слияния нагретой в 1-й ступени водоподогревателя воды с циркуляционной перед входом во 2-ю ступень (возможна установка насоса и после водоподогревателя 2-й ступени) снижается требуемый напор подкачивающих водопроводных насосов на величину потерь давления в водоподогревателе 2-й ступени ГВС. Компенсацию этих потерь давления принимает на себя циркуляционный насос, установленный по циркуляционно-повысительной схеме, но с производительностью меньшей, чем подкачивающие водопроводные насосы, подбираемые на суммарный объем холодной и горячей воды. В многоквартирных домах подкачивающие водопроводные насосы, имеющие более высокие шумовые характеристики по сравнению с циркуляционными насосами отопления и горячего водоснабжения, устанавливаются в отдельном от теплового пункта помещении.

Рис. 4. Двухступенчатая схема водоподогревателей горячего водоснабжения с циркуляционным насосом, установленным по циркуляционно-повысительной схеме.

Рис. 5. Схема подключения двухзонной по высоте системы горячего водоснабжения.

В части усиления нацеленности на энергосбережение изложить 1-й абзац пункта 5.1 в следующей редакции: «5.1. Подключение систем потребления тепловой энергии зданий к тепловым сетям без устройства теплового пункта с автоматикой регулирования подачи теплоты не допускается, в том числе на отопление в зависимости от изменения температуры наружного воздуха и с учетом повышения доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе дома с увеличением температуры наружного воздуха, а также с учетом выявленного запаса тепловой мощности системы отопления».

Пункт 5.4, начиная с 3-го абзаца, изложить: «При присоединении нескольких разных систем потребления через общие водоподогреватели необходимо предусматривать мероприятия по обеспечению у них расчетного температурного и гидравлического режимов, включая:

- установку регуляторов подачи теплоты на отопление для поддержания заданных графиков изменения температуры циркулирующего в системе теплоносителя;
- применение циркуляционных насосов с частотными преобразователями с поддержанием заданного перепада давления в сети в сочетании с установкой при необходимости балансировочных кранов в системе трубопроводов;

- проверку режима работы циркуляционных насосов для всех характерных режимов в течение суток (отключение части систем)».

Пункт 5.5 изложить в следующей редакции: «5.5. Воздухонагреватели (калориферы) приточных систем вентиляции и кондиционирования воздуха *следует* присоединять по зависимой схеме с подмешивающим насосом, чтобы автоматика защиты от замерзания не нарушала режима работы автоматики регулирования температуры приточного воздуха, принимая температуру теплоносителя в подводящих трубопроводах равной температуре в подводящих тепловых сетях, и осуществлять их прокладку в технических помещениях здания».

Пункт 6.4 изложить в следующей редакции: «6.4. В зданиях с периодическим режимом работы в течение суток рекомендуется предусматривать автоматическое снижение подачи теплоты в систему отопления и вентиляции этого здания в нерабочее время и *натоп* перед началом рабочего дня для восстановления температуры воздуха в помещениях до нормируемой по СП 60.13330».

В перечне пункта 15.3, начинающегося с: «- оснащение всех тепловых пунктов автоматикой» *продолжить*: «*регулирования подачи теплоты на отопление по задаваемому контроллером графику температур в зависимости от изменения температуры наружного воздуха с учетом индивидуального для каждого дома теплового баланса и выявленного запаса тепловой мощности системы отопления*» (далее по тексту).

Пункт 17.8 изложить в следующей редакции: «17.8. Общие указания по проектной документации должны содержать:

- эксплуатационные требования, предъявляемые к проектируемому зданию или сооружению (при необходимости);

- сведения о коэффициенте запаса тепловой мощности запроектированной системы отопления сопоставлением расчетной тепловой нагрузки системы отопления в проекте ОВ и ожидаемой при расчете согласно пункту 10¹ б) «Состава разделов проектной документации и требований к их содержанию», утвержденном ППРФ № 87 от 16 февраля 2008 г. в редакции от 21 декабря 2020 г., с учетом которого надо пересчитать требуемые расчетные параметры теплоносителя, циркулирующего в системе, и в зависимости от соотношения величины бытовых теплопоступлений к расчетной нагрузке системы отопления установить угол наклона температурного графика, поддерживаемого контроллером регулятора подачи теплоты в систему отопления, установленного в ИТП или АУУ (при теплоснабжении от ЦТП);

- расчет ожидаемого годового потребления тепловой и электрической энергии, в том числе на отопление и вентиляцию отдельно, по методике, изложенной в Приложении «Расчет расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий за отопительный период с естественной системой приточной вентиляции» и Приложении «Особенности расчета расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию общественных зданий за отопительный период с механической системой приточной вентиляции и периодическим режимом работы» (текст связан с содержанием п. 4.7, где требование есть, а как считать — не указано), далее по тексту.

Пункт 5.6, 2-й абзац, изложить: «Температурный график тепловых сетей, применяемый при расчетах, указывается в условиях на подключение здания, предоставляемых теплоснабжающей организацией. Температурные графики регулирования подачи теплоты на отопление у потребителей рассчитываются по методике, изложенной в Приложении Ж настоящего документа в зависимости от соотношения бытовых теплопоступлений к расчетному расходу теплоты на отопление и коэффициенту запаса тепловой мощности системы отопления». Отказ в сводке отзывов «Не принято. Температурный график предоставляется поставщиком тепловой энергии» свидетельствует о непонимании авторов СП, что отказ от перечисленных мероприятий приводит к перерасходу тепловой энергии на отопление от 15 до 40 % и

более, что устраняется без дополнительных инвестиций только перенастройкой контроллера регулирования подачи теплоты на отопление.

Ниже излагается предлагаемое Приложение Ж к СП XX.XXXXX.2021.

Приложение Ж

Методика расчета графиков регулирования подачи теплоты на отопление

Ж.1. При построении температурных графиков центрального регулирования подачи тепловой энергии на отопление в индивидуальном тепловом пункте, согласно приложению 18 СП 41-101-95, необходимо знать алгоритм изменения относительного расхода тепловой энергии на отопление в зависимости от температуры наружного воздуха, который может отличаться для зданий разного назначения.

Графики изменения относительного расхода тепловой энергии на отопление $\bar{Q}_{от}$ в зависимости от температуры наружного воздуха t_n для разного типа потребителей и способов автоматического регулирования приведены на рисунке Ж.1.

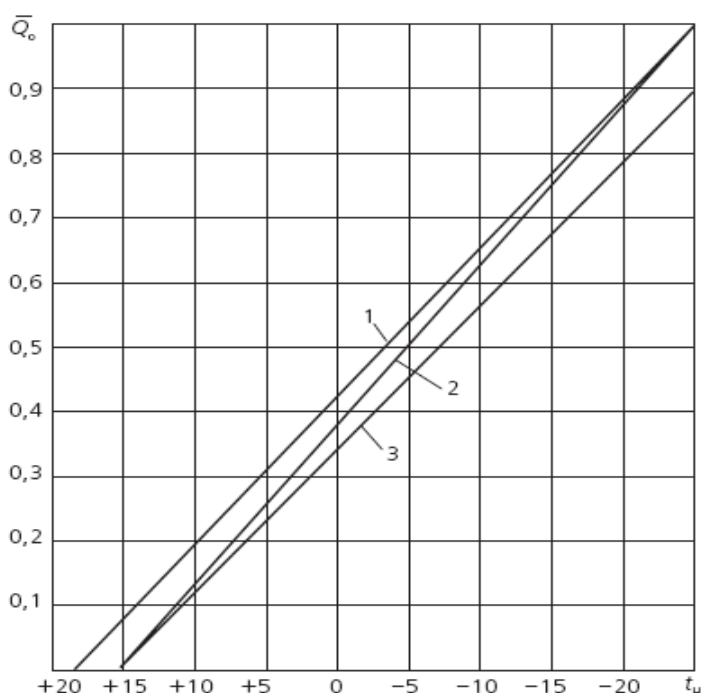


Рис. Ж.1. Графики изменения относительного расхода тепловой энергии на отопление $\bar{Q}_{от}$ в зависимости от температуры наружного воздуха t_n для разных режимов автоматического регулирования подачи теплоты на отопление: 1 — стандартный проектный по формуле (Ж.1); 2 — оптимизированный с учетом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе здания с повышением температуры наружного воздуха, по формуле (Ж. 2); 3 — то же, что и предыдущий график, но еще и с учетом выявленного запаса тепловой мощности системы отопления (на рис. в 10 %)

Ж.2. Для стандартного графика регулирования подачи теплоты в систему отопления, при котором не учитывают постоянства бытовых теплопоступлений (рис. Ж.1, линия 1), относительный расход тепловой энергии на отопление $\bar{Q}_{от.см}$ определяют по формуле:

$$\bar{Q}_{от.см} = Q_{от} / Q_{от.р.мп} = (t_b - t_n) / (t_b - t_n^p), \quad (Ж.1)$$

где $Q_{от}$ — расход тепловой энергии на отопление при текущей температуре

наружного воздуха t_n , кВт;

$Q_{om}^{p.mp}$ — расчетный расход тепловой энергии на отопление при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления t_n^p , кВт, принимать по Приложению А СП 60.13330;

t_b — расчетная температура внутреннего воздуха в здании, °С;

t_n — текущая температура наружного воздуха, °С;

t_n^p — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С.

Ж.3. Для оптимизированного графика регулирования подачи теплоты в систему отопления, при котором учитывают увеличение доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе здания с повышением температуры наружного воздуха (рис. Ж.1, линия 2), за счет чего можно сократить подачу тепловой энергии на отопление по сравнению с величиной, определенной по формуле (Ж.1), относительный расход тепловой энергии на отопление $\bar{Q}_{om.onm}$ определяют по формуле:

$$\bar{Q}_{om.onm} = (1 + Q_{быт}/Q_{om}^{p.mp}) \cdot (t_b - t_n)/(t_b - t_n^p) - Q_{быт}/Q_{om}^{p.mp}, \quad (Ж.2)$$

где $Q_{om}^{p.mp}$ — то же, что в формуле (Ж.1);

$Q_{быт}$ — среднечасовые за отопительный период теплопоступления, включая бытовые (внутренние) тепловыделения в квартирах или отапливаемых помещениях общественных зданий, Вт, принимать по Приложению А СП 60.13330;

t_b, t_n, t_n^p — то же, что в формуле (Ж.1).

Ж. 4. Для определения температуры наружного воздуха, при которой следует прекращать отопление, уравнение (Ж.2) приравнивается нулю, и из него находится t_n при $\bar{Q}_{om.onm} = 0$ — 2-я реперная точка для построения графика:

$$t_{n.при} \bar{Q}_{om.onm} = 0 = (t_b + t_n^p \cdot Q_{быт}/Q_{om}^{p.mp}) / (1 + Q_{быт}/Q_{om}^{p.mp}). \quad (Ж.3)$$

1-я реперная точка — это расчетный расход тепловой энергии на отопление, Q_{om}^p , при расчетной для проектирования отопления температуре наружного воздуха, t_n^p . Если по уравнению (Ж.1) график приходит в ноль относительного расхода теплоты при $t_n = 18-20$ °С, то по уравнению (Ж.2) в зависимости от степени утепления здания и соотношения $Q_{быт}/Q_{om}^{p.mp}$ график приходит в ноль при температурах наружного воздуха 12–15 °С. Переход на график по уравнению (Ж.2) для домов муниципального типа с заселенностью 20–25 м²/человека позволяет получить годовую экономию теплоты от 15 до 20%.

Ж.5. Исходя из изменения доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе жилого или общественного здания в зависимости от температуры наружного воздуха следует пересмотреть традиционную формулу пересчета фактически измеренного расхода тепловой энергии, потребленного системой отопления в какой-то период времени, на нормализованный отопительный период (НОП), используемую при эксплуатации и означаемую графиком 1 на рис. Ж.1, построенным из расчета, что $Q_{om} = 0$ при $t_n = 18$ °С:

$$Q_{om.ф.ноп} \text{ для } Q_{om} = 0 \text{ при } t_n = 18 \text{ °С} = Q_{om.ф} \cdot ГСОП / [(t_b - t_{н.ср.фн}) \cdot z_{фн}]. \quad (Ж.4)$$

При регулировании подачи теплоты в дом по оптимизированному графику, изображенному линией 2 на рис. Ж.1, пересекающий нулевой расход теплоты при температуре $t_n < 18$ °С, для пересчета фактически измеренного расхода тепловой энергии на нормализованный отопительный период (НОП) в формулу (Ж.4) вводится коэффициент пересчета НОП $K_{пер.ноп}$, равный отношению удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, пересчитанного на НОП при средней температуре наружного воздуха измеряемого периода, к такому же расходу, определенному при средней за НОП наружной температуре, приведенный в таблице Ж.1:

$$Q_{om.ф.ноп} \text{ для } Q_o = 0 \text{ при } t_n < 18 \text{ °С} = Q_{om.ф} \cdot ГСОП / [(t_b - t_{н.ср.фн}) \cdot z_{фн}] / K_{пер.ноп}. \quad (Ж.5)$$

Здесь $Q_{om.ф.ноп}$ — фактически измеренный расход тепловой энергии на отопление за период измерения (за весь отопительный период или часть его), пересчитанный на

нормализованный отопительный период, в Гкал;

$Q_{от.ф}$ — фактически измеренный расход тепловой энергии на отопление за период измерения, Гкал;

$ГСОП$ — градусо-сутки нормализованного отопительного периода, принимать по формуле (5.2) СП 50.13330 с учетом табл. 3.1 СП 131.13330; для Москвы по СНиП 23-01-99*, поскольку расчет выполняется по испытаниям 2009–2010 гг., $ГСОП = (t_{в} - t_{н.ср.ноп}) \cdot Z_{ноп} = (20 + 3,1) \cdot 214 = 4943$ градусо-суток;

$t_{в}$ — расчетная температура внутреннего воздуха в здании, $t_{в} = 20$ °С;

$t_{н.ср.ноп}$ — средняя температура наружного воздуха нормализованного отопительного периода, для Москвы $t_{н.ср.ноп} = -3,1$ °С;

$Z_{ноп}$ — длительность нормализованного отопительного периода, в сутках, для Москвы $Z_{ноп} = 214$ суток;

$t_{н.ср.фп}$ — средняя температура наружного воздуха за фактический период измерения;

$Z_{фп}$ — длительность фактического периода измерения, в сутках.

Таблица Ж.1. Значения коэффициента пересчета на нормализованный отопительный период измеренного расхода тепловой энергии $K_{пер.ноп}$ в формуле (Ж.5) при разных из диапазона средних температур наружного воздуха (от -10 до $+2$ °С) для $ГСОП = 4943$ градусо-суток и $t_{н.ср.ноп} = -3,1$ °С, также $ГСОП = 4551$ градусо-сутки и $t_{н.ср.ноп} = -2,2$ °С.

$t_{н.ср.}, ^\circ\text{C}$	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2,2	-1	0	+1	+2
$K_{пер.ноп}^*$	1,12	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,02	1,0	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85
$K_{пер.ноп}^{**}$	1,15	1,13	1,12	1,10	1,08	1,06	1,04	1,02	1,0	0,97	0,94	0,90	0,87

Примечание: * для $ГСОП_{ноп} = 4943$ градусо-суток; ** для $ГСОП_{ноп} = 4551$ градусо-сутки.

Ж.6. При выявлении несоответствия фактической производительности системы отопления $Q_{от.р.п}$ (проектный расчетный расход тепловой энергии на отопление, на который подобраны отопительные приборы; принимают из проекта или по результатам фактических испытаний) требуемому расчетному расходу тепловой энергии на отопление $Q_{от.р.мр}$ (определяют согласно разделу 9 стандарта СТО НОП 2.1.2014 Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания) необходимо рассчитать новые значения расчетных температур воды в подающем и обратном трубопроводах системы отопления. Выразив отношение фактической производительности системы отопления к требуемому расходу тепловой энергии на отопление из энергетического паспорта проекта конкретного здания в виде коэффициента запаса поверхности нагрева отопительных приборов $K_{зап} = Q_{от.р.п} / Q_{от.р.мр}$, определяют требуемые значения температур воды в подающем $t_{олмр}$, °С, и обратном $t_{2мр}$, °С, трубопроводах системы отопления соответственно по формулам:

$$t_{олмр} = t_{в.мин} + 0,5(\tau_{ол} - \tau_2) \frac{\overline{Q_{от}}}{K_{зап}} + \left(\frac{\tau_{ол} + \tau_2}{2} - t_{в.мин} \right) \left(\frac{\overline{Q_{от}}}{K_{зап}} \right)^{\frac{1}{1+m}}; \quad (\text{Ж.6})$$

$$t_{2мр} = t_{олмр} - (\tau_{ол} - \tau_2) \frac{\overline{Q_{от}}}{K_{зап}}, \quad (\text{Ж.7})$$

где $t_{в.мин}$ — минимальная из допустимых температур внутреннего воздуха, °С; принимают по ГОСТ 30494-2011;

$\tau_{ол}$ — расчетная температура теплоносителя в подающем трубопроводе отопления, °С;

τ_2 — расчетная температура теплоносителя в обратном трубопроводе, °С;

$\overline{Q_{от}}$ — относительный расход тепловой энергии на отопление; принимают по

формулам (Ж.1) или (Ж.2) в зависимости от назначения здания;

m — показатель степени в формуле изменения коэффициента теплопередачи отопительного прибора принимают по рис. Ж.2 и Ж.3; на практике принимают $m = 0,25$.

Криволинейность графиков температур зависит от типа отопительных приборов и способов прокладки стояка. Так, в системах отопления с замоноличенными стояками и конвекторами «Прогресс» $m = 0,15$, с чугунными радиаторами $m = 0,25$, в системах отопления с конвекторами «Комфорт» и открыто проложенными стояками $m = 0,32$.

Для определения значений требуемых температур при расчетной для проектирования отопления температуре наружного воздуха t_n^p необходимо подставить $\bar{Q}_{от} = 1$.

При завышении поверхности нагрева отопительных приборов на 20% параметры теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, составляют в расчетных условиях 84–63 °С вместо 95–70 °С.

На рис. Ж.2 и Ж.3 представлены графики изменения относительной температуры воды в подающем $(\tau_{o1}^T - t_6)/(\tau_{o1} - t_6)$ и обратном $(\tau_2^T - t_6)/(\tau_2 - t_6)$ трубопроводах систем отопления с постоянной циркуляцией воды (температурного критерия системы отопления) в зависимости от относительного теплового потока на отопление $\bar{Q}_{от}$, с учетом возможных значений показателя степени m в формуле коэффициента теплопередачи отопительного прибора (здесь и далее с индексом «т» — значения температур при текущей температуре наружного воздуха).

Используя эти графики, находят искомую температуру воды в подающем или обратном трубопроводах при различных температурах наружного воздуха: для требуемой t_n находят по формулам (Ж.6) и (Ж.7) или из графика рис. Ж.1 — относительный расход теплоты на отопление $\bar{Q}_{от}$, а по нему — из графиков рис. Ж.2 или Ж.3 — температурный критерий. Затем по нижеперечисленным формулам — искомую температуру воды:

$$\tau_{o1}^T = t_6 + [(\tau_{o1}^T - t_6)/(\tau_{o1} - t_6)] (\tau_{o1} - t_6), \quad (\text{Ж.8})$$

$$\tau_2^T = t_6 + [(\tau_2^T - t_6)/(\tau_2 - t_6)] (\tau_2 - t_6). \quad (\text{Ж.9})$$

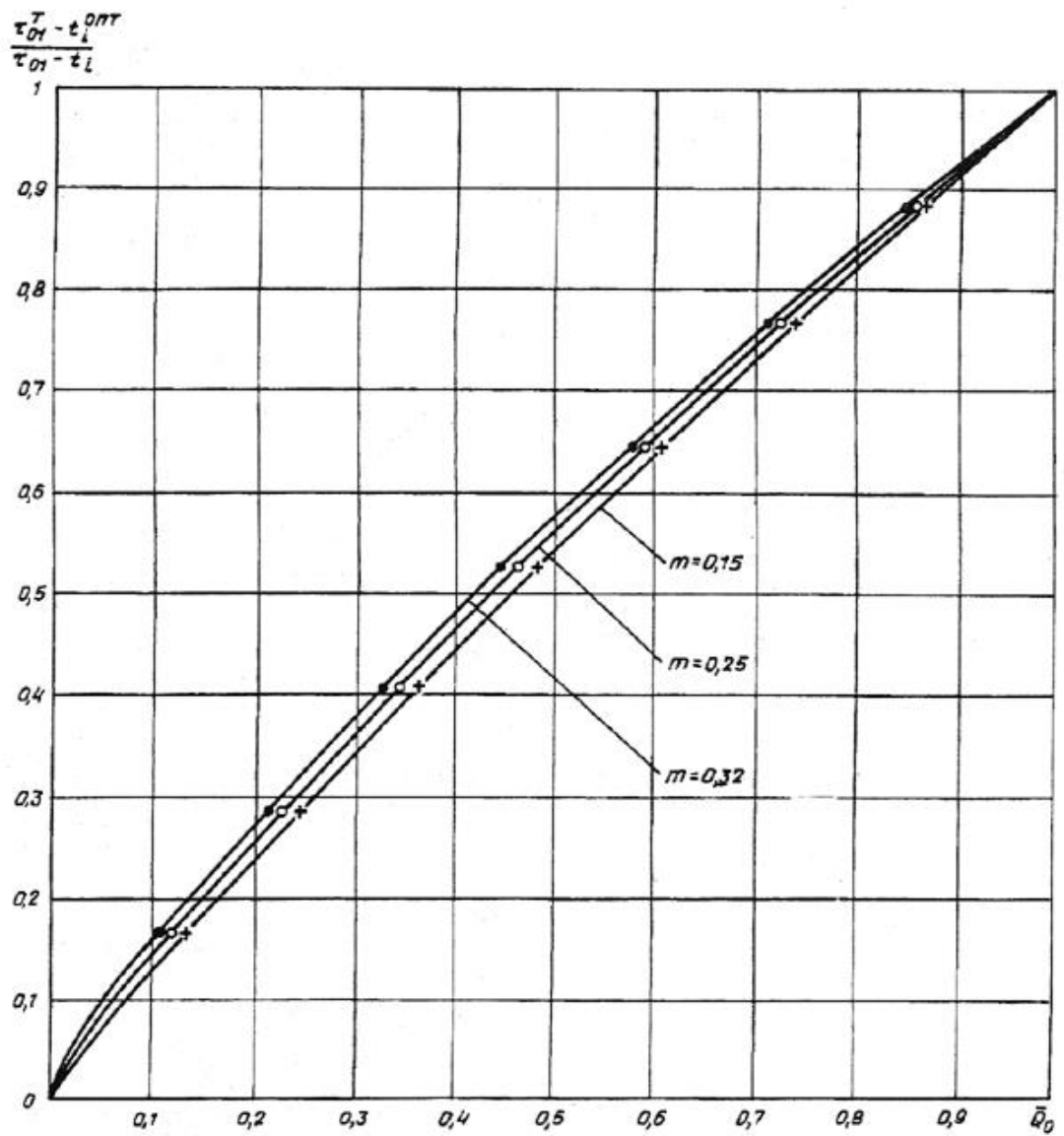


Рис. Ж.2. Графики изменения температурного критерия системы отопления по температуре воды в подающем трубопроводе $(\tau_{01}^T - t_6)/(\tau_{01} - t_6)$ для различных значений показателя степени « m » и при постоянной циркуляции теплоносителя в системе

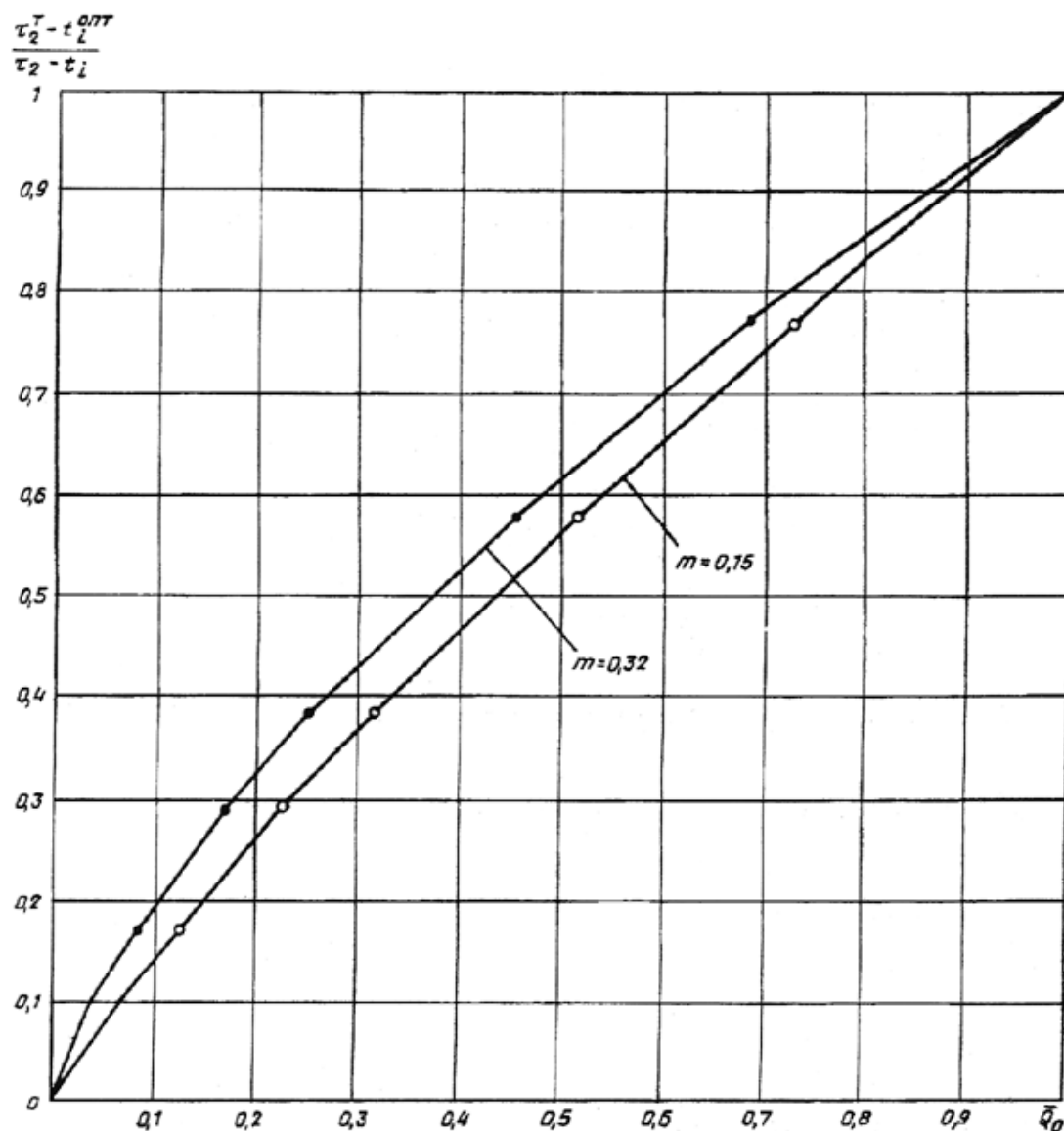


Рис. Ж.3. Графики изменения температурного критерия системы отопления по температуре воды в обратном трубопроводе $(\tau_2^T - t_i) / (\tau_2 - t_i)$ при постоянной циркуляции воды в системе (для упрощения: t_i и t_i^{onm} — это то же, что t_g из формулы Ж.1)

На рис. Ж.4 приведены для однотрубных систем отопления требуемые графики изменения отношения разности текущих значений температур воды в подающем и обратном трубопроводах к разности их расчетных значений $(\tau_{o1}^T - \tau_2^T) / (\tau_{o1} - \tau_2^T)$, обозначаемые далее критерием θ и определенные, исходя из обеспечения одинакового изменения теплоотдачи первых и последних по ходу воды в стояке отопительных приборов. При этом в системах отопления расход циркулирующего теплоносителя должен изменяться (количественно-качественное регулирование) в соответствии с графиками, приведенными на рис. Ж.5. Графики построены по следующим формулам для разных m :

$$\theta = \bar{Q}_{от}^{1/(1+m)}, \quad (Ж.10)$$

$$G_o / G_{o,max} = \bar{Q}_{от}^{1/(1+m)}, \quad (Ж.11)$$

где G_o , $G_{o,max}$ — расход теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, соответственно, при текущей наружной температуре и расчетной для проектирования отопления.

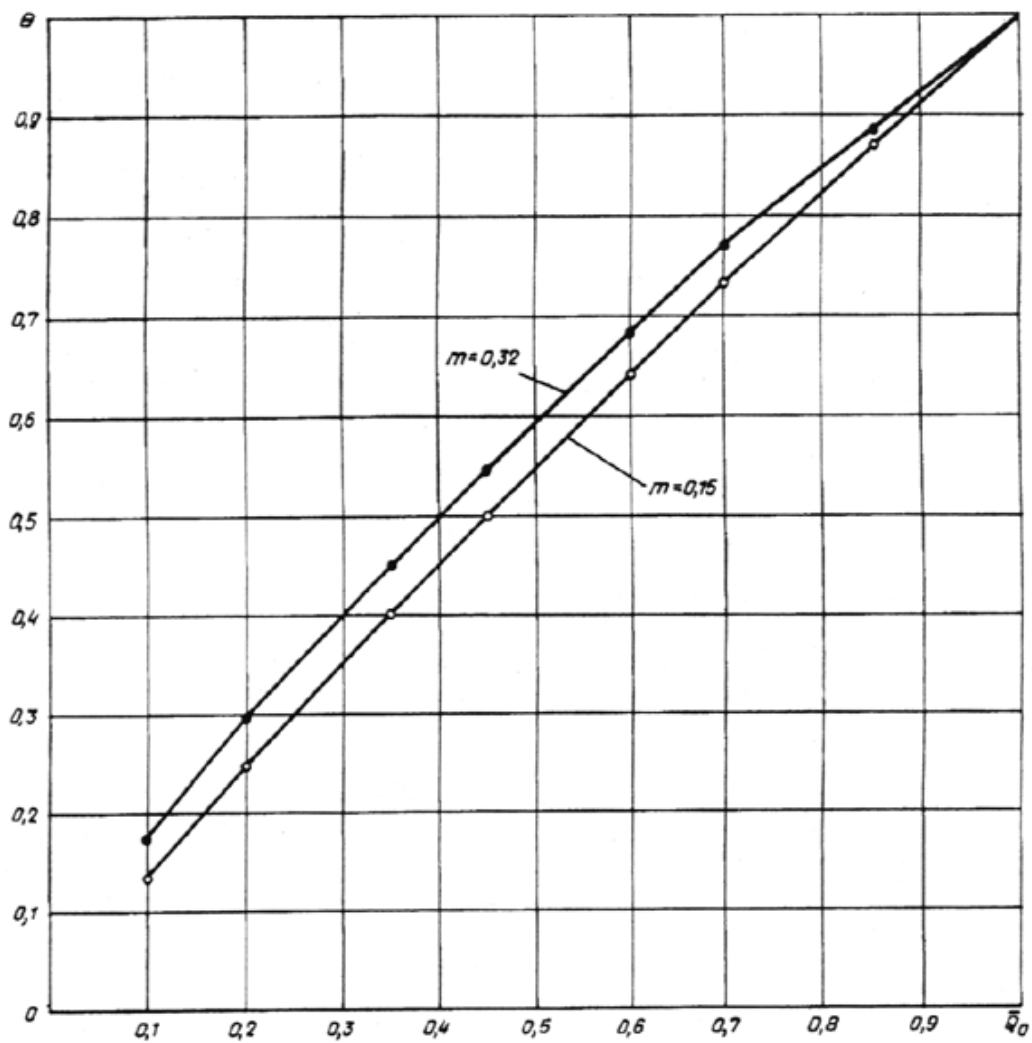


Рис. Ж.4. Графики изменения относительных температур теплоносителя в однотрубных системах отопления при количественно-качественном регулировании

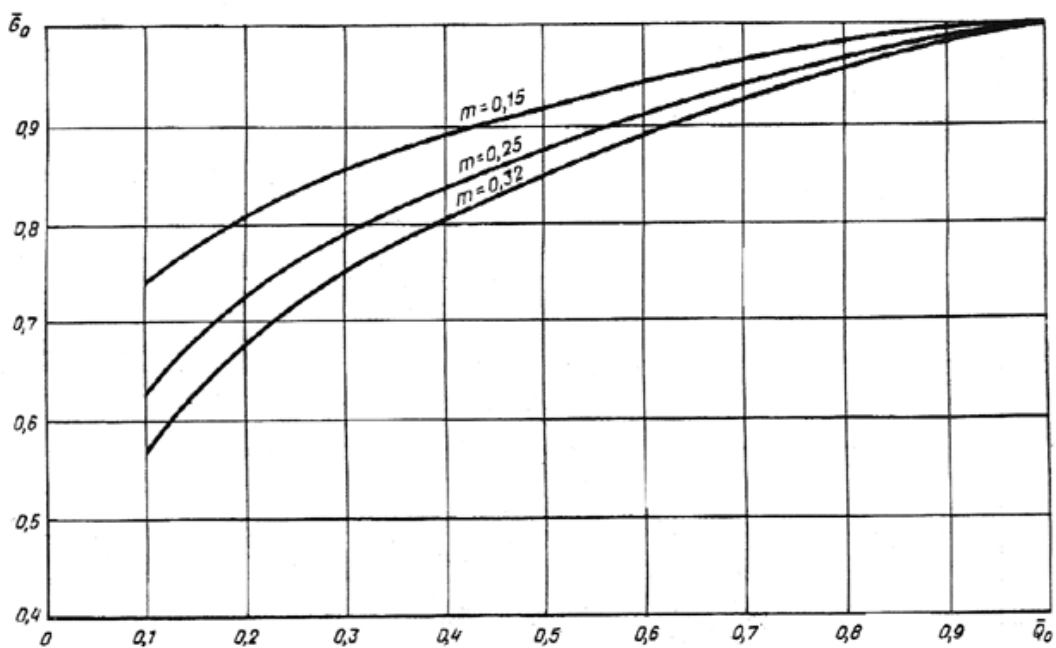
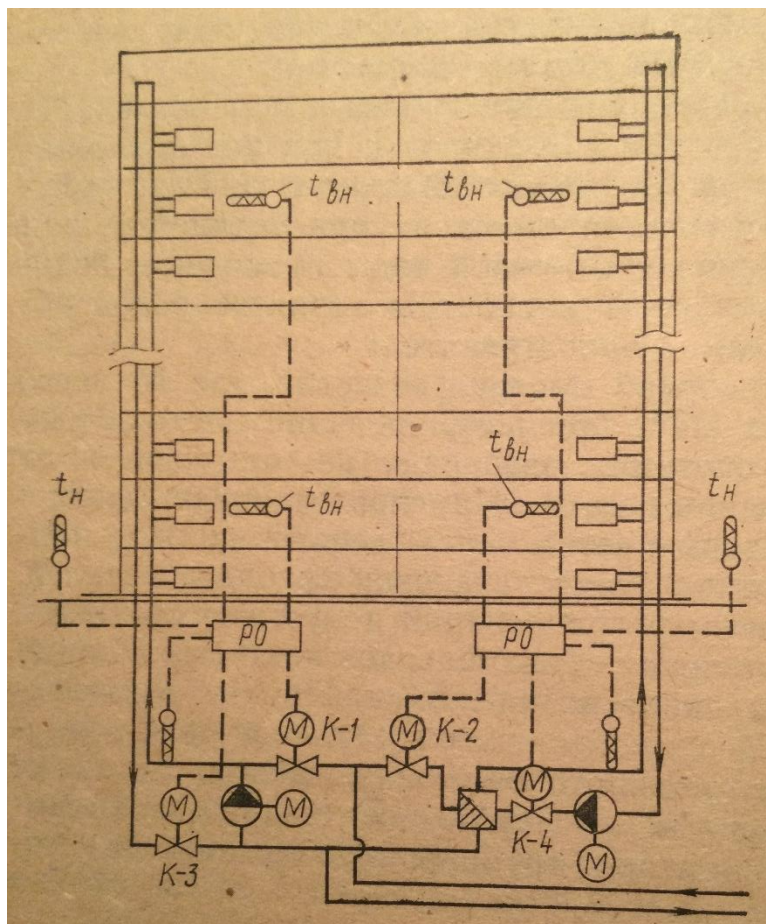


Рис. Ж.5. Графики изменения относительного расхода воды в однотрубной системе отопления при количественно-качественном регулировании

Ж.7. Схема такого количественно-качественного авторегулирования вертикально-однотрубной системы отопления зданий повышенной этажности, устраняющая вертикальную разрегулировку в процессе ее эксплуатации, представлена на рис. Ж.6, реализованная в жилом доме сотрудников «Известий» в Москве на Б. Черкизовской ул. На рисунке показано присоединение к тепловым сетям пофасадных систем отопления с возможными решениями по зависимой схеме со смесительным насосом (левый фасад) либо по независимой схеме через водоподогреватель (правый фасад).



К-3

Рис. Ж.6. Схема АУУ с автоматическим пофасадным и вертикальным регулированием системы отопления для вариантов зависимого (левый фасад) и независимого (правый фасад) присоединения к тепловым сетям

На подающих трубопроводах тепловой сети размещены клапаны К-1 и К-2, с помощью которых регулируется температура теплоносителя, подаваемого в свою пофасадную систему отопления в зависимости от изменения температуры наружного воздуха по графику рис. Ж.4. На обратных трубопроводах местной системы отопления каждого фасада установлены клапаны К-3 и К-4, регулирующие расход теплоносителя, циркулирующего в этих системах, также в зависимости от изменения температуры наружного воздуха по графику рис. Ж.5, обеспечивая требуемую температуру теплоносителя в последнем отопительном приборе.

Интегратором воздействия солнечных теплопоступлений на тепловой режим отапливаемых помещений и изменений в режиме работы системы отопления является температура внутреннего воздуха в этих помещениях. Она отдельно измеряется в квартирах нижних и верхних этажей, ориентированных на противоположные фасады здания, в этом случае необходимо выполнять измерение температуры воздуха как минимум в четырех квартирах каждой зоны. Опыт показывает, что при зонированной по

высоте здания вытяжной вентиляции датчики температуры воздуха могут быть установлены в сборных каналах вентиляции, и тогда можно ограничиться одним датчиком на каждую зону, при этом заданную для поддержания регулятором температуру воздуха устанавливают на 1 °С выше, чем для поддержания непосредственно в рабочей зоне помещений в квартирах.

Принятое регулирование основано на свойстве вертикально-однотрубных систем водяного отопления пропорционально менять теплоотдачу каждого отопительного прибора при изменении температуры теплоносителя на входе в стояк, а при изменении расхода теплоносителя в стояке теплоотдача первого по ходу воды отопительного прибора практически не меняется, но в последующих меняется пропорционально изменяющемуся расходу теплоносителя, достигая максимального значения в последнем по ходу воды отопительном приборе. Реализуется такое регулирование через коррекцию задаваемого для поддержания регулятором графика температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха при отклонениях температуры внутреннего воздуха от заданного значения.

Например, при повышении фактически измеренной температуры воздуха в помещениях квартир нижних этажей правого фасада по сравнению с заданной для поддержания регулятору идет команда на закрытие клапана К-2, но это приведет также к уменьшенной теплоотдаче отопительных приборов в квартирах верхних этажей (система отопления запроектирована с нижней разводкой подающего розлива), температура воздуха в которых соответствовала заданной, поэтому клапан К-4 начнет открываться, чтобы увеличить циркуляцию теплоносителя в стояках и вернуть теплоотдачу отопительных приборов квартир верхних этажей до прежнего уровня.

Степень коррекции зависит от знака отклонения. При снижении температуры внутреннего воздуха степень коррекции небольшая, а при повышении — значительная. Это объясняется различием возмущающих факторов. Так, снижение температуры внутреннего воздуха происходит в результате действия ветра, которое может потребовать увеличения теплоотдачи системы в пределах 10–20%. При этом важно исключить необоснованное повышение теплоотдачи в результате некоторого снижения температуры внутреннего воздуха, происходящего при проветривании квартир. Поэтому необходимо, чтобы увеличение теплоотдачи сопровождалось некоторым (достаточно ощутимым) снижением температуры внутреннего воздуха. Это позволяет избежать разгерметизации здания. Увеличение теплоотдачи в пределах 10–20% необходимо обусловить снижением температуры внутреннего воздуха примерно до 20 °С против обычно поддерживаемого значения комфортного уровня в 21 °С.

Повышение же температуры внутреннего воздуха происходит в результате действия солнечной радиации, которая по величине может превышать теплоотдачу системы отопления. Важно, чтобы отработка этого возмущения происходила при незначительном повышении температуры внутреннего воздуха, для того чтобы, как и в первом случае, избежать излишнего проветривания квартир, к которому будет побуждать повышение температуры внутреннего воздуха t_v . Возможность изменения степени коррекции в зависимости от знака отклонения t_v позволяет поддерживать температуру внутреннего воздуха на комфортном уровне при минимально необходимом расходе тепла.

Ж.8. Расчетный расход теплоносителя, м³/ч, циркулирующий в системе отопления, следует определять из уравнения (Ж.12):

$$G_{om}^p = 3600 \cdot Q_{om}^p \cdot 10^{-3} / (t_{o1mp}^p - t_{2mp}^p) / (\rho_{вод} \cdot c_{вод}), \quad (Ж.12)$$

где G_{om}^p — расчетный расход теплоносителя, м³/ч;

Q_{om}^p — расчетная тепловая нагрузка на систему отопления, кВт, следует определять по Приложению В настоящего документа;

t_{o1mp}^p, t_{2mp}^p — то же, что и в формулах (Ж.6) и (Ж.7) t_{o1mp}, t_{2mp} , получаемые после подстановки $\bar{Q}_{от.} = 1$;

$\rho_{вод}$ — плотность воды, равная 1 кг/л;

$c_{вод}$ — удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·°C).

Примечание ред. *Нумерация рисунков, таблиц и графиков приводится по первоисточникам.*