

УДК 691.5

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**С.А. Изаак**

Оренбургский государственный университет, Российская Федерация

e-mail: ragu@post.com

Рассмотрены решения технического характера, направленные на повышение энергоэффективности индивидуальных тепловых пунктов жилых зданий.

Ключевые слова: индивидуальный тепловой пункт, ИТП, энергосбережение, энергоэффективность.

ENERGY-SAVING SOLUTIONS FOR INDIVIDUAL HEATING POINTS IN RESIDENTIAL BUILDINGS**S. Izaak**

Orenburg state University, Russian Federation

e-mail: ragu@post.com

The article discusses technical solutions, aimed at increasing the energy efficiency of heating points in residential buildings.

Keywords: heating point, energy efficiency, energy saving.

Введение. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» от 23.11.2009 № 261-ФЗ устанавливает своей целью стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности на всех этапах получения, распределения и потребления энергетических ресурсов. Тепловая энергия и теплоноситель являются энергетическими ресурсами [1], а тепловой пункт – это сооружение в системе теплоснабжения, позволяющее изменять температурный и гидравлический режимы теплоносителя, обеспечить учёт и регулирование расхода тепловой энергии и теплоносителя [2]. Таким образом тепловой пункт является важным связующим звеном между системами наружного и внутреннего теплоснабжения.

На любом объекте теплоснабжения есть индивидуальный тепловой пункт (ИТП) независимо от наличия между объектом и источником теплоснабжения промежуточного центрального теплового пункта [3]. Степень же оснащения ИТП оборудованием и техническими устройствами зависит от функций, которые ИТП должен выполнять в дополнение к тем, что обеспечиваются со стороны централизованного теплоснабжения. В свете положений [1], смежных с ним правовых актов, а также учитывающих их актуализированных редакций нормативно-технической документации на ИТП возлагается больше функций по обеспечению качественного и бесперебойного теплоснабжения обслуживаемого им объекта, чем это было ранее.

Основным потребителем тепловой энергии является население посредством водяных систем теплоснабжения. Соответственно, «в адрес» населения и направлен главный вопрос энергосбережения. В настоящей статье рассматриваются решения технического характера, направленные на повышение энергоэффективности работы ИТП жилых зданий.

Регулирование отпуска теплоты в систему отопления. Как отмечено выше, энергосбережение предполагает исключение неоправданного расхода тепловой энергии, которое в жи-

лом здании может быть достигнуто путём регулирования отпуска теплоты из ИТП во внутренние теплопотребляющие системы. И если в системах горячего водоснабжения регулирование температуры воды на выходе из водоподогревателя используется давно, то в системах отопления значительной части старого жилого фонда тепловое регулирование отсутствует – это системы со стабилизацией расхода воды на отопление, присоединённые в ИТП к наружным тепловым сетям по зависимой схеме через элеваторы (при необходимости снижения температуры воды в подающем трубопроводе) или непосредственно (без такой необходимости).

Отпуск тепловой энергии во внутреннюю систему отопления здания из ИТП выражается следующей формулой:

$$Q_o = G_o \cdot c \cdot (T_1 - T_2), \quad (1)$$

где Q_o – тепловая мощность, отпускаемая в систему отопления из ИТП;
 G_o – расход теплоносителя (воды) в системе отопления;
 T_1 – температура воды в подающем трубопроводе системы отопления;
 T_2 – температура воды в обратном трубопроводе системы отопления;
 c – теплоёмкость воды.

При $G_o = \text{const}$ (стабилизация расхода) тепловая мощность Q_o определяется разностью температур $T_1 - T_2$, и коль скоро она никак не регулируется на уровне ИТП, то полностью зависит от температуры прямой воды, $T_1^{\text{ист}}$, поступающей из внешней тепловой сети (в том числе и с учётом особенностей работы элеваторного узла). Центральное качественное регулирование работы внешней тепловой сети от источника теплоснабжения при этом может быть по температурному графику с изломом, а также изменение температуры $T_1^{\text{ист}}$ на источнике теплоснабжения в зависимости от температуры наружного воздуха происходит не плавно, а дискретно – с периодичным заданием температуры наружного воздуха в значении, зарегистрированном на момент задания, на весь период до следующего задания. К тому же система централизованного теплоснабжения обладает инерционностью, с которой связано наличие в ней «температурных волн» при качественном регулировании. Таким образом, в отсутствие дорегулирования на уровне ИТП в систему отопления здания поступает теплоты не «столько, сколько надо» (Q_o^{TP}), а «столько, сколько дают» (Q_o), причём в случае $Q_o > Q_o^{\text{TP}}$ в отапливаемых помещениях наблюдается «перетоп», и жители осуществляют так называемое «форточное регулирование», открывая окна и тем самым искусственно увеличивая потребную тепловую мощность отопления за счёт увеличения расхода теплоты на нагревание поступающего через эти окна дополнительного количества холодного наружного воздуха (инфильтрационная составляющая). По сути же здесь «лишняя» тепловая энергия, вызывающая перегрев внутреннего воздуха, просто выбрасывается в окружающую среду, что никак не согласуется с принципами энергосбережения [1].

Даже если допустить, что на источнике теплоснабжения организовано гибкое регулирование температуры T_1 в зависимости от температуры наружного воздуха, а система теплоснабжения от него ограничена небольшим районом (влияние «температурных волн» не столь выражено), то всё равно централизованное регулирование не может обеспечить полное соответствие подаваемой и потребляемой тепловой мощности для каждого здания: в один и тот же момент времени одно здание может находиться на освещаемой солнцем стороне, другое – на обдуваемой ветром, а в третьем есть встроенно-пристроенные нежилые помещения, в которых в этот момент не требуется поддерживать температуру внутреннего воздуха на уровне жилых помещений. Централизованное регулирование осуществляется «по крупному», на весь район, но не на отдельные здания.

Внедрение в ИТП автоматического «погодного регулирования» отопления позволяет обеспечить соответствие $Q_o = Q_o^{TP}$ именно для данного здания. Такое регулирование реализуется по температурному графику работы внутренней системы отопления с учётом реальных измеренных значений температур наружного воздуха при этом здании. Если в ИТП имеются отдельные ответвления на отопление жилых и встроенно-пристроенных нежилых помещений, то возможно устройство нескольких узлов автоматического регулирования, учитывающих особенности функционирования каждого из этих видов помещений. К примеру, если во встроенно-пристроенных помещениях требуется поддержание температуры внутреннего воздуха на уровне 20 °С только в рабочее время, а в нерабочее – на уровне 16 °С, то по температурным графикам, соответствующим данным режимам, можно и настроить их узел автоматического регулирования – в результате эти помещения, а значит и здание в целом, будет расходовать тепловую энергию более бережливо.

По оценкам, приведённым в [4], избыточное расходование тепла в системах отопления жилого фонда составляет порядка 30–40%. Там же представлены результаты исследований, согласно которым фактическое снижение тепловой нагрузки на отопление жилых многоквартирных домов, в среднем составляет 33,5% при внедрении автоматического регулирования [5; 6].

Следует отметить, однако, что внедрение автоматического регулирования позволит исключить только часть неоправданных расходов теплоты в системах отопления. Наряду с этим полезно применение и других энергосберегающих мероприятий в зданиях: утепление фасадов, ремонт или реконструкция оконных проёмов в местах общего пользования (лестничные клетки), уплотнение притворов входных дверей и т.п.

Применение частотно-регулируемого привода (ЧРП) на насосном оборудовании. Это актуально прежде всего в системе горячего водоснабжения, так как эта система характеризуется выраженным переменным гидравлическим режимом, связанным с неравномерностью потребления горячей воды по часам суток, дням недели, рисунки 1 и 2 [14].



Рисунок 1. – Типичный график водопотребления в жилом доме по часам суток



Рисунок 2. – Типичный график водопотребления в жилом доме по дням недели

В современных системах отопления жилых зданий расход теплоносителя также может быть переменным ввиду требования [7] об обязательной установке у отопительных приборов автоматических регуляторов температуры. Эти регуляторы при своей работе изменяют расход теплоносителя через отопительные приборы, а значит и в системе отопления в целом.

Распространённым способом регулирования работы насоса является дросселирование – способ, при котором регулирующий клапан (ручной или автоматический), установленный на напорной линии насоса, изменяет количество перекачиваемой среды в единицу времени путём изменения степени своего открытия, то есть, увеличивая или уменьшая своё гидравлическое сопротивление и, соответственно, напор на выходе из установки «насос–клапан» в сеть. Сам же насос при этом работает с постоянной частотой вращения рабочего колеса, а мощность, потребляемая им из электросети, изменяется в зависимости от подачи по его паспортной характеристике при этой частоте вращения. Другими словами, энергия потока (напор), излишняя для работы сети с определённым расходом, сначала «вырабатывается» насосом, а потом тут же «гасится» на дросселирующем клапане – но ведь на выработку этой «лишней» гидравлической энергии уже затрачена энергия электрическая! Поэтому данный способ, хоть и позволяет решить задачу регулирования, но всё же не является энергосберегающим.

Регулирование же работы насоса с помощью ЧРП позволяет – путём изменения частоты вращения рабочего колеса – подстраивать напор на выходе в сеть таким образом, чтобы он в точности соответствовал потерям напора в сети при данном расходе (подаче). При этом никакой «лишней» энергии перекачиваемой среде не сообщается, в каждый момент времени соблюдается энергетический баланс между насосом и сетью. График потребляемой мощности насосом при применении ЧРП в сравнении с регулированием дросселированием приведён на рисунке 3, откуда видно, что при применении ЧРП достигается экономия электроэнергии [8].

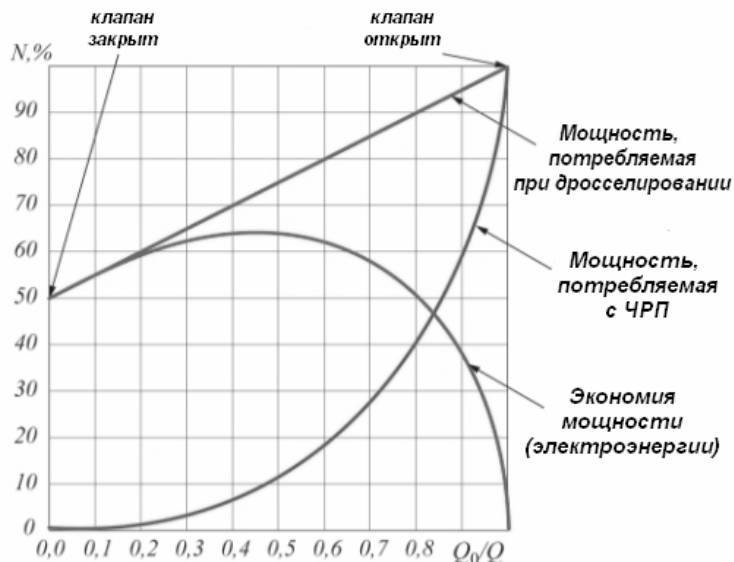


Рисунок 3. – Потребление мощности насосом при дросселировании и с ЧРП

Опыт эксплуатации насосного оборудования с ЧРП в ИТП жилых зданий показывает, что данное решение позволяет получить экономию электроэнергии 20–40%, снизить непроизводительные расходы воды на 10–15% и тепловой энергии на 8–10% [9; 10]. Вместе с этим снижаются затраты, связанные с планово-предупредительными и ремонтными работами, так как обеспечивается плавный пуск электродвигателей со снижением пусковых токов и увеличением сроков службы агрегатов, также плавный пуск позволяет избежать гидравлических ударов и тем самым продлить срок службы трубопроводов и оборудования инженерных систем.

Модернизация теплообменного оборудования. Основные типы теплообменников, используемые в настоящее время в ИТП жилых зданий – это кожухотрубные и пластинчатые. Кожухотрубный теплообменник представляет собой пучок трубок, помещённых в цилиндрический кожух (корпус), при этом внутренность корпуса является межтрубным пространством. Пластинчатый теплообменник состоит из набора штампованных пластин, которые образуют параллельные изолированные друг от друга каналы. Общий вид кожухотрубного и пластинчатого теплообменника представлен на рисунке 4.

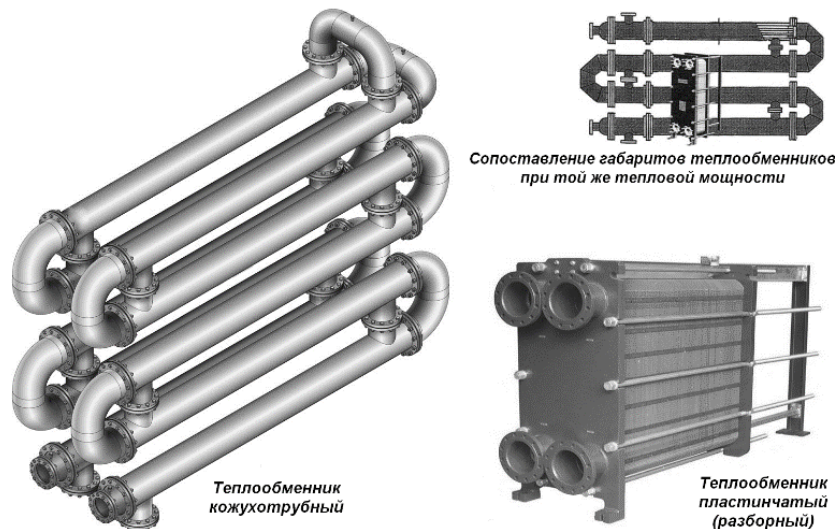


Рисунок 4. – Кожухотрубный и пластинчатый теплообменники

В значительной доле ИТП жилого фонда продолжают эксплуатироваться кожухотрубные теплообменники по ГОСТ 27590 или аналогичные.

Сравнительная характеристика кожухотрубных и пластинчатых теплообменников с точки зрения энергоэффективности приведена в таблице 1 [13].

Таблица 1. – Сравнительная характеристика кожухотрубных и пластинчатых теплообменников

Характеристика	Кожухотрубные теплообменники по ГОСТ 27590 (или аналогичные)	Пластинчатые теплообменники (разборные)
Коэффициент теплопередачи (относительные единицы)	1	3–5
Изменение площади поверхности теплообмена	невозможно (добавление или снятие 2- или 4-метровых секций не рассматривается как эффективное)	возможно путём добавления или снятия пластин
Доступность для внутреннего осмотра и чистки	труднодоступен, простая замена частей невозможна	доступный осмотр, обслуживание и замена частей
Время разборки	90–120 мин.	15 мин.
Обнаружение течи	течь трубного пучка невозможно обнаружить без разборки	течь видна сразу после возникновения
Ресурс работы до кап. ремонта	5–10 лет	более 10 лет
Габариты (относительные единицы)	5–6	1
Теплоизоляция корпуса	необходима	не требуется
Тепловые потери с поверхности корпуса (относительные единицы)	5–6	1

По данным таблицы 1 видно, что пластинчатые теплообменники имеют более длительный срок службы, более высокую эффективность теплопередачи. Также они меньше по габаритам, компактнее и более просты в ремонте и обслуживании. Опыт реконструкции водоподогревательных установок в ИТП жилых зданий показывает, что применение пластинчатых теплообменников позволяет снизить эксплуатационные издержки (тепловые потери с поверхности корпусов, затраты на ремонт и обслуживание и т.д.) в среднем на 35% по сравнению с кожухотрубными теплообменниками. Особенно это заметно в случае двухступенчатых водоподогревателей горячего водоснабжения, когда две отдельные ступени в кожухотрубном исполнении заменяются единым пластинчатым теплообменником-моноблоком.

Комплексная высокоуровневая автоматизация. Система теплоснабжения представляет собой единый технологически связанный комплекс оборудования и технических устройств, работающих в согласованном режиме. В этой связи очевидно, что полная автоматизация гидравлических процессов в ИТП принесёт больший эффект, чем автоматизация отдельных его узлов. Такая автоматизация предполагает [11]:

- автоматическое поддержание требуемого давления воды в прямом и обратном трубопроводе, требуемых температур теплоносителя для различных теплопотребляющих систем;
- дистанционное управление работой насосов, запорных и регулирующих клапанов и других технических устройств;
- наглядную схемотехническую визуализацию технологического процесса на рабочем месте оператора (по типу SCADA и т.п.);
- архивирование и хранение параметров работы технологического оборудования ИТП, протоколирование сбоев и ошибок.

Современные системы управления работой ИТП строятся не на отдельных контроллерах-регуляторах, а на «мозговом центре» – едином процессоре, который анализирует и увязывает режимные параметры, управляя работой оборудования и технических устройств. Переход на такое управление ИТП позволяет в любой момент времени видеть ситуацию целиком, а также учитывать реакцию внутренних систем на те или иные режимные воздействия с внешней стороны (например, со стороны жителей) и с этим учётом оптимизировать работу ИТП [12].

Наряду с этим комплексная высокоуровневая автоматизация ИТП позволяет выполнить сопряжение с различными интегрированными информационными системами, например, подключение к системе диспетчеризации теплоснабжающей организации. Это обеспечит:

- дистанционный контроль и управление работой ИТП на уровне отраслевой системы управления теплоснабжением;
- дистанционный съём показаний с узлов учёта тепловой энергии и теплоносителя, контроль их достоверности;
- в перспективе: возможность управления ИТП с помощью облачных технологий из любой точки нахождения с любого доступного устройства.

Таким образом, внедрение в ИТП автоматизации высокого уровня является энергоэффективным решением, хотя на сегодняшний день и дорогостоящим.

Заключение. Современное строительство учитывает требования к энергосбережению при устройстве инженерных систем зданий, содержащиеся в актуальных редакциях нормативно-технических документов, в том числе и при устройстве ИТП. Для жилых же зданий, построенных до введения в действие современных норм, с учётом вышеизложенного можно выделить следующую последовательность мероприятий по повышению энергетической эффективности работы ИТП.

1. Устройство «погодного регулирования» в системах отопления.

2. Применение насосного оборудования с ЧРП:
 - в системах горячего водоснабжения;
 - в системах отопления.
3. Замена кожухотрубных теплообменников на пластинчатые.
4. Установка системы автоматизации высокого уровня с подключением к отраслевой системе управления теплоснабжением.

Для ряда ИТП часть этих мероприятий может быть неактуальной, например, в ИТП может отсутствовать водоподогревательная установка горячего водоснабжения, или зданию ввиду его небольшого объёма не требуется система автоматизации высокого уровня. В любом случае решение о реализации того или иного мероприятия должно приниматься на основании предварительно выполненного технико-экономического расчёта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) // Информационно-правовой портал «Гарант.ру». – URL: <https://base.garant.ru/12171109> (дата обращения: 15.11.2023). – Текст: электронный.
2. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 // Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве. – URL: <https://api.faufcc.ru/api/assets/ad8c8998-c96f-4bcb-b1d6-c0538a2d8226> (дата обращения: 15.11.2023). – Текст: электронный.
3. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов // Система нормативных документов «Меганорм». – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294851/4294851779.pdf> (дата обращения: 15.11.2023). – Текст: электронный.
4. Звонарёва Ю.Н. Оценка экономического эффекта для потребителей при установке автоматизированных узлов учета и регулирования тепловой энергии / Ю.Н. Звонарева, Ю.В. Ваньков, С.А. Назарычев // Инженерный вестник Дона, № 4 (2015). – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3315> (дата обращения: 15.11.2023). – Текст: электронный.
5. Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В. Оценка энергетической эффективности и изменения показателей работы системы теплоснабжения с учётом поэтапного внедрения автоматических узлов учёта и регулирования тепловой энергии на потребителях // VII международная научно-практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии». – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2015. – Том 2. – С.131–133.
6. Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В., Поленов Л.А., Павлов Л.А. Влияние поэтапного внедрения АИТП на гидравлическую устойчивость системы в целом // Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан / под общ. ред. Мартынова Е.В. // XV Междунар. симпози., Казань, 1–3 апреля 2015 г. – Казань: Издательство: ИП Шайхутдинов А.И, 2015. – 524 с. – С. 77-79.
7. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 // Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве. – URL: <https://api.faufcc.ru/api/assets/5761e954-7dfd-40b1-a64f-07dd8b7f6e45> (дата обращения: 15.11.2023). – Текст: электронный.
8. Технико-экономическое обоснование внедрения систем управления с частотно-регулируемым электроприводом // Энергопуск: автоматизация и электропривод. – URL: <https://veliky-novgorod.epusk.ru/articles/chastotnye-preobrazovateli/tehniko-ekonomicheskoe-obosnovanie-vnedreniya-sistem-upravleniya-s-chastotno-reguliruemym-elektropri> (дата обращения: 15.11.2023).
9. Семёнов В.Г. Применение частотно-регулируемых приводов в коммунальных сетях / В.Г. Семёнов, О.В. Малахова // Энергосовет: инф. бюлл. – 2009. – № 2. – С. 12–13.

10. Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок / Б.С. Лезнов. – М. : Машиностроение, 2013. – 176 с.
11. Макотрина Л.В. Энергосбережение в центральных тепловых пунктах / Л.В. Макотрина, Е.В. Селех // Вестник ИргТУ. – 2012. – №7 (66). – С. 120–125.
12. Семёнов В.Г. Индивидуальные тепловые пункты нового поколения / В.Г. Семёнов, В.Г. Барон, А.С. Разговоров // Журнал «Энергосвет». – № 48, июль 2017. – С. 15–17.
13. Сравнение пластинчатых теплообменников с кожухотрубными теплообменниками // Скайпром. – URL: <https://skyprom.ru/news/sravnenie-plastinchatykh-teploobmennikov-s-kozhukh> (дата обращения: 15.11.2023).
14. Особенности нагрузки горячего водоснабжения. – URL: https://studref.com/311461/tehnika/osobennosti_nagruzki_goryachego_vodosnabzheniya (дата обращения: 15.11.2023).