

Анализ энергоэффективности и физического износа системы водяного отопления после десяти лет эксплуатации

Рецензия эксперта на статью получена 09.07.2021 [The expert review on the article received on July 9, 2021].

В последнее десятилетие в России, как и во всём мире, большое внимание уделяется вопросам энергосбережения. Это связано прежде всего с ростом цен на энергетические ресурсы. Например, с 2011 по 2018 годы цена на тепловую энергию в Приморском крае выросла с 2461 до 4764 руб/Гкал или на 93,6% [5]. Одним из основных потребителей энергетических ресурсов являются системы теплоснабжения. В нашей стране на них затрачивается примерно 45% всех энергетических ресурсов, что в 2,3 раза больше, чем на производство электроэнергии [1]. В РФ удельный показатель потребления тепловой энергии на системы теплоснабжения зданий, в расчёте на 1 м² отапливаемой площади, за отопительный период превышает в 2,9–4,3 раза аналогичный показатель стран со схожим климатом, например, Швеции и Финляндии [4].

Высокая стоимость энергоресурсов при достаточно высоком уровне их потребления приводит к необходимости внедрять энергоэффективные технологии.

Начиная с 2009 года, когда был принят Федеральный закон «Об энергосбережении», и по настоящее время правительством России ведётся работа по совершенствованию нормативной базы, целью которой является снижение потребления энергетических ресурсов. Одно из последних изменений — вступление в силу в июле 2021 года нового СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (СП 60). По мнению его разработчиков, после введения в действие пересмотренного свода правил ожидается повышение эффективности использования энергоресурсов на 5–15% [2].

К наиболее важным мероприятиям в области повышения энергетической эффективности систем отопления можно отнести требование к оснащению нагревательных приборов в жилых и общественных зданиях автоматическими радиаторными терморегуляторами, которое

Высокая стоимость энергоресурсов при достаточно высоком уровне их потребления приводит к необходимости внедрять энергоэффективные технологии

впервые было введено в СП 60.13330.2012. Однако использование терморегуляторов в системах отопления, особенно в двухтрубных, может приводить к разбалансировке системы, а также к возникновению шума в термостатических клапанах [6], поэтому дополнительно необходимо оснащать стояки автоматическими балансировочными клапанами. Это требование также было введено в СП 60.2012 и сохранилось в актуализированной версии.

Стоит обратить внимание на правильный монтаж и эксплуатацию автоматических балансировочных устройств. Как показывает практика, многие проектировщики предусматривают установку регуляторов на стояки, однако не указывают их настройку, что не позволяет настроить работу системы должным образом. Можно произвести отладку системы после монтажа оборудования, при проведении пусконаладочных работ, однако лишь у небольшого количества монтажных организаций есть дорогостоящее оборудование, позволяющее произвести настройку регулирующих клапанов, а процедура настройки системы на расчётный расход не входит в перечень обязательных приёмосдаточных испытаний. Также стоит отметить, что автоматические регуляторы в силу сложной конструкции очень чувствительны к качеству теплоносителя. Производители рекомендуют перед каждым регулятором на стояке устанавливать сетчатый фильтр (что на практике не всегда выполняется), но даже при соблюдении всех требований по монтажу и качеству теплоносителя, а также при проведении мероприятий по сервисному обслуживанию заявленный срок службы

УДК 697.31. Научная специальность: 05.23.03.

Анализ энергетической эффективности и физического износа системы водяного отопления после десяти лет эксплуатации

А. А. Еськин, к.т.н., доцент; Н. С. Ткач, старший преподаватель; Д. Р. Дьяченко, студент, Политехнический институт Дальневосточного федерального университета (ПИ ДВФУ, г. Владивосток)

В работе проанализировано, как за последние десять лет изменялись нормативные требования, направленные на повышение энергетической эффективности систем отопления. Проведено исследование системы отопления общежития гостиничного типа после десяти лет эксплуатации. Показано, что для того, чтобы система была энергоэффективной, нужен не только правильный проект, но и грамотный монтаж, пусконаладка и эксплуатация системы.

Ключевые слова: автоматический балансировочный клапан, термостатический элемент, термостатический клапан, тепловая энергия.

UDC 697.31. Scientific specialty number: 05.23.03.

Analysis of energy efficiency and physical depreciation of the water heating system after ten years of exploitation

A. A. Eskin, PhD, Associate Professor; N. S. Tkach, senior lector; D. R. Diachenko, student, Polytechnic Institute of the Far East Federal University (Vladivostok city)

The paper analyzes how the regulatory requirements aimed at improving the energy efficiency of heating systems have changed over the past ten years. A study of the heating system of a hotel-type dormitory after ten years of operation was conducted. It is shown that in order for the system to be energy efficient, not only the right project is needed, but also competent installation, commissioning and start-up and operation of the system.

Key words: automatic balancing valve, radiator thermostat, thermostatic valve, heat energy.

автоматических балансировочных клапанов составляет десять лет. При этом продолжительность эффективной эксплуатации самих стояков системы отопления составляет более 25 лет при изготовлении стояков из стальных труб и 10–25 лет при применении полимерных трубопроводов.

Ещё одним важным вопросом, напрямую влияющим на энергоэффективность системы отопления, является размер нагревательных приборов. Применение радиаторов с теплоотдачей, превышающей теплопотери помещения в условиях наиболее холодной пятидневки, может приводить к перерасходу тепловой энергии. общепринятые методы подбора нагревательных приборов предусматривают выбор типоразмера в соответствии с теплопотерями помещения (за вычетом теплопоступлений от греющих трубопроводов подводов и стояков) с небольшим запасом по площади, учитываемым коэффициентом $\beta_1 = 1,03–1,08$.

В СНиП 2.04.05–86 впервые появилось требование *«Длина отопительного прибора должна быть, как правило, не менее 75 % длины светового проёма в больницах, детских дошкольных учреждениях, школах, домах для престарелых и инвалидов»*.

Данное требование должно было способствовать соблюдению температурного режима на наиболее важных социальных объектах. Однако в СНиП 41-01-2003 распространили этот пункт на жилые и общественные здания: *«длина отопительного прибора должна быть не менее 50 % — в жилых и общественных зданиях»*, это требование сохранилось в СП 60 версий 2012 и 2016 года. Таким образом, долгое время содержалось требование, которое во главе ставило не энергоэффективность, а стабильное поступление теплоты в помещение в зимний период.

В СП 60.2020 требования по обязательной длине отопительных приборов для жилых и общественных зданий отменили, оставив, однако, рекомендацию принимать максимально возможную длину отопительных приборов, перекрывающую длину окна в медицинских и образовательных учреждениях.

Также в СП 60.2012 отмечается, что номинальный тепловой поток отопительного прибора допускается принимать более требуемого по расчёту, но не более 15 % для приборов с автоматическими терморегуляторами. В новой версии СП 60.2020 это требование несколько видоизмени-

лось и было уточнено: *«Номинальный тепловой поток отопительного прибора с терморегулятором следует принимать на 10–15 % больше требуемого по расчёту для возможности выбора потребителем диапазона комфортной температуры»*. Следовательно, в настоящий момент тепловая мощность отопительного прибора, обслуживающего жилые помещения, должна быть на 10–15 % выше требуемого значения, а длина отопительного прибора по отношению к длине светового проёма не регламентируется.

Проанализировав сказанное выше, можно сделать вывод, что за последние десятилетия появились и даже успели видоизмениться нормативные требования, направленные на повышение энергетической эффективности систем отопления. Современная система отопления жилого здания должна выглядеть так — радиаторы оснащены автоматическими терморегуляторами, на стояках установлены автоматические балансировочные клапаны, размер нагревательных приборов определяется расчётом исходя из теплопотерь и теплопоступлений, но тепловой поток нагревательного прибора должен быть на 10–15 % выше требуемого значения.

В данной работе проведено обследование системы отопления жилого здания, проект которого был выполнен после появления Федерального закона от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении», с целью оценить энергетическую эффективность принятых проектных решений и выяснить техническое состояние системы отопления конкретного объекта после десяти лет эксплуатации.

Исходные данные

Обследуемый объект — гостиничный корпус 2011 года постройки — расположен в пределах кампуса Дальневосточного федерального университета (ДВФУ) на острове Русский. Проектная документация разработана в 2009–2010 годах. Корпус состоит из семи блоков переменной этажности (от трёх до восьми этажей) со стальным каркасом и железобетонными перекрытиями по несъёмной опалубке (фото 1). В корпусе предусмотрены 503 гостиничных номера (в основном двухместных), рассчитанных на размещение 1010 человек. Также в корпусе расположены вспомогательные помещения: административного назначения, столовая, общие кухни для приготовления пищи студентами, тренажёрный зал и др.

Проведено обследование наружных ограждений с замером всех слоёв. Фактические параметры конструкций соответствуют проектным, а значения сопротивлений теплопередаче — не ниже требуемых (табл. 1).

Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения по независимой закрытой схеме. Тепловая энергия расходуется системами отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Тепловой пункт оснащён приборами учёта тепловой энергии и системой погодного регулирования. Параметры теплоносителя в системе теплоснабжения — 110/70 °С, в системе отопления — 95/70 °С. Система отопления — вертикальная (101 стояк), двухтрубная, с нижней разводкой. Магистральные трубопроводы выполнены из стальных электросварных труб по ГОСТ 10704–91 и покрыты теплоизолирующими трубками из вспененного полиэтилена «Энергофлекс».

Значения сопротивления теплопередаче

Наименование ограждения	Нормативное значение $R_{тр}$ согласно СП 50.13330.2012, (м ² ·°С)/Вт	Значение R по проекту (раздел ОВ), (м ² ·°С)/Вт	Значение R по расчёту, (м ² ·°С)/Вт
Наружная стена	2,95	3,04	2,99
Окна	0,65	0,50	—
Чердачное перекрытие	4,407	4,54	4,43
Перекрытие над подвалом	3,88	4,01	4,04

табл. 1



Фото 1. Общий вид гостиничного комплекса (западный фасад)

Стояки системы отопления выполнены из стальных водогазопроводных труб по ГОСТ 3262–75*. На каждом стояке предусмотрена установка автоматических балансировочных клапанов Danfoss.

Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения по независимой закрытой схеме. Тепловая энергия расходуется системами отопления, вентиляции и ГВС



Фото 2. Радиатор Prado Universal в комнате гостиничного номера смонтирован без термостатического элемента

В качестве отопительных приборов приняты стальные панельные радиаторы Prado (город Ижевск). Каждый радиатор оснащён встроенным клапаном терморегулятора и ручным воздухоотводчиком.

Анализ проектных решений

Проведён расчёт тепловых потерь здания, согласно которому тепловая нагрузка на систему отопления составила 638,34 кВт. При этом тепловая нагрузка, указанная в проекте, равна 1184 кВт, что на 85 % превышает требуемую, а расчётный тепловой поток от всех нагревательных приборов суммарно составляет 1658,8 кВт. Итак, фактическая тепловая мощность установленных радиаторов превышает расчётную на 160 %. Завышенная теплоотдача нагревательного прибора отчётливо видна на примере стандартного двухместного номера площадью 25 м². Расчётные тепловые потери номера составляют 429 Вт.

В номере установлен радиатор (Prado Universal тип 22-500, длина 1,1 м), длина радиатора составляет 60 % от длины окна (фото 2). Теплоотдача радиатора при температурном перепаде 95/70 °С (поддерживаемым двухтрубной системой отопления) составляет 1438 Вт. Следовательно, теплоотдача радиатора более чем в три раза превышает теплопотери помещения, что может приводить к повышению температуры воздуха в помещении выше комфортного уровня.

Для поддержания постоянной заданной температуры воздуха внутри помещения применяют радиаторные терморегуляторы. Однако в реальном проекте, хотя радиаторы оснащены встроенными термостатическими клапанами, термостатические элементы (головки) не были заложены в спецификацию, и их монтаж проведён не был (фото 2).



❖ Фото 3. Запорно-регулирующие клапаны, покрытые краской

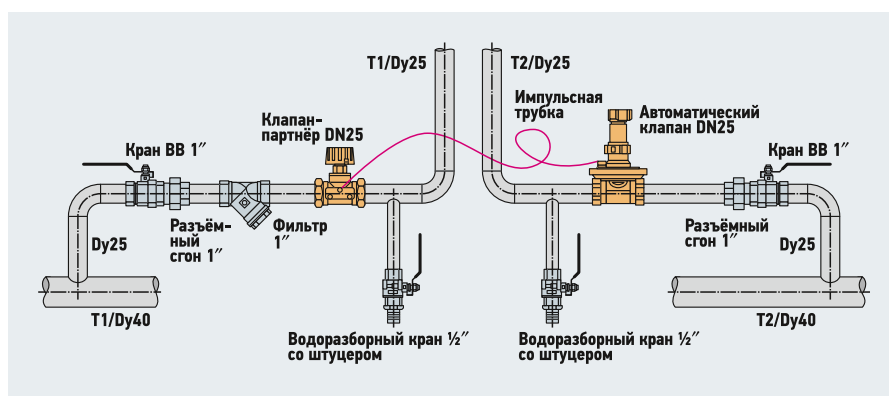
Каждый стояк оснащён автоматическим регулирующим клапаном Danfoss ASV-PV, настройка для них в проекте не указана. При этом какая-нибудь дополнительная запорная арматура на стояках в здании отсутствует, также отсутствуют и сетчатые фильтры, рекомендуемые к установке производителем.

Обследование системы отопления

Было проведено визуальное обследование магистральных трубопроводов системы отопления и запорно-регулирующих устройств, расположенных на техническом этаже. Общее состояние трубопроводов, несмотря на единичные поражения отдельных узлов коррозией, можно оценить как работоспособное.

Некоторые клапаны покрыты слоем краски (фото 3), что не позволяет определить их текущую настройку и провести регулировку, а также, вероятнее всего, будет затруднительно перекрыть ими поток теплоносителя. Рабочее состояние таких клапанов оценивается как ограниченно-работоспособное.

На значительном количестве стояков (35 % от общего числа) клапаны находятся в неработоспособном состоянии. У клапанов либо обрезаны и обжаты (возможно,



❖ Рис. 1. Рекомендуемый узел присоединения автоматических регулирующих клапанов

запаяны) импульсные трубки (фото 4а), либо сами клапаны заменены на шаровые краны (фото 4б).

По сути, клапаны были выведены из строя эксплуатирующей организацией. По всей видимости, при монтаже клапаны не были настроены на проектные значения расхода, поскольку в проекте настройка для них не указана, а пусконаладка с применением прибора для измерения перепада давления не проводилась. Неправильная настройка клапанов привела к разбалансировке системы отопления, в некоторых стояках пропала циркуляция, и, чтобы хоть как-то её восстано-

вить, было принято решение заглушить импульсные трубки, а если это решение не помогало, то заменить клапаны. Также циркуляция могла пропасть и в случае выхода клапанов из строя вследствие физического износа или поломки, однако для фактического подтверждения этой версии необходимо проводить замену и детальное исследование каждого клапана, что требует как значительных финансовых затрат, так и специальных знаний по их устройству.

При этом очевидно, что вывод из строя клапана на одном стояке приводит к разрегулированию остальных стояков, что послужило причиной вывода из строя большого количества клапанов. Также необходимо отметить следующее: несмотря на то, что балансировочный клапан и клапан-партнёр имеют функцию перекрытия потока, для простоты отключения стояка в случае возникновения аварийной ситуации целесообразно предусматривать установку шаровых кранов. Рекомендуемый узел подключения автоматических балансировочных клапанов, включающий установку сетчатого фильтра (требуемого производителем), представлен на рис. 1.



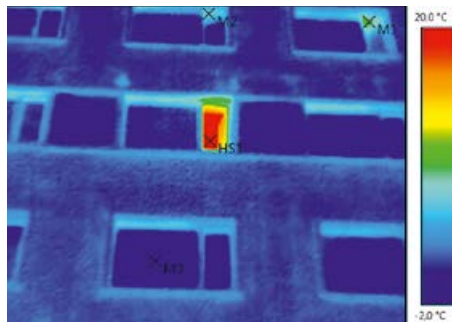
❖ Фото 4. Неработоспособные регулирующие клапаны (а — регулирующий клапан с обрезанной и обжатой импульсной трубкой, б — регулирующий клапан заменён на шаровой кран)

Энергетическая эффективность системы отопления

В результате вывода из строя автоматических балансировочных клапанов на многих стояках наблюдается перерасход теплоносителя, что в комплексе с отсутствием радиаторных терморегуляторов и завышенной мощностью нагревательных приборов приводит к перегреву помещений. Единственная оставшаяся возможность у проживающих студентов снизить температуру воздуха — это открывать окна. Проведено визуальное обследование корпуса в дневное и в вечернее время. Проводился подсчёт открытых



... Фото 5. Открытые окна в дневное время (при температуре наружного воздуха $t_n = +4\text{ }^{\circ}\text{C}$)

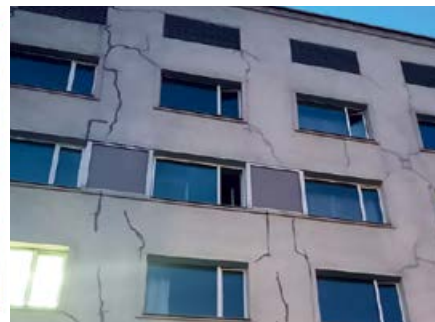


... Фото 6. Открытые окна в вечернее время (температуры в отмеченных на фото точках измерения: в точке M1 — $+8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; в точке M2 — $+5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; в точке M3 — $+2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$; в точке HS1 — $+20,6\text{ }^{\circ}\text{C}$)

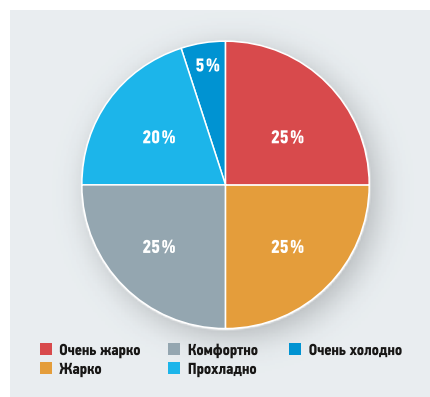
окон, а также тепловизионное обследование корпуса (с применением тепловизора Testo 875-1). Результаты обследования представлены в табл. 2 и на фото 5–6.

По результатам обследования установлено, что в дневное и вечернее время открыто большое количество окон. На фото 5 видно, что в некоторых комнатах с открытыми окнами температура снизилась до значений температуры воздуха на улице (точки M1, M2). По сути, многие студенты, уходя днём из общежития, оставляют окна открытыми на длительный период, а не только кратковременно открывают для проветривания.

Проведён опрос удовлетворённости студентов качеством отопления. В опросе приняли участие 66 человек. Оценка студентами температуры внутри комнаты в зимний период приведена на рис. 2. Только для 25% опрошенных температура в помещении является комфортной. Для 50% уровень комфорта в помещении оценивается как «жарко» и «очень жарко», а 25% считают, что в помещении прохладно или очень холодно.



Также респондентам, ответившим, что температура в помещении выше комфортной, был задан вопрос: «Если у вас в комнате бывает жарко, то что из этого вы делали, чтобы снизить температуру?», где можно было выбрать несколько вариантов ответа. Результаты представлены на рис. 3. Открывали окно 100% опрошенных, 45% накрывает радиатор полотенцем, и только 5% обращались в службу эксплуатации общежития с жалобой.



... Рис. 2. Оценка температуры внутреннего воздуха в зимний период

... Количество открытых окон в здании общежития

табл. 2

Дата обследования	Время	Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Количество открытых окон, шт.
18.03.2020	15:30	+4	55
18.03.2020	20:20	+1	24
20.03.2020	20:30	+6	56

Результаты опроса, как и результаты тепловизионного обследования, подтверждают, что система отопления разрегулирована и не обеспечивает оптимальные параметры микроклимата в помещении. При этом студенты не жалуются в службу эксплуатации, а решают проблему перегрева помещения доступными методами — открывают окно или накрывают радиатор одеялом или полотенцами.

В табл. 3 представлены данные по расходу теплоты на системы отопления, вентиляции и ГВС, затраты на тепловую энергию и средняя температура наружного воздуха (за отопительный период) за 2014–2019 годы.

Поскольку в здании теплоту потребляют системы отопления, вентиляции и ГВС, а установлен только общедомовой теплосчётчик на вводе, точную долю распределения теплоты рассчитать невозможно

Среднегодовой расход тепловой энергии за пять лет, несмотря на тенденцию роста температуры наружного воздуха, имеет тренд на увеличение, что свидетельствует о неэффективном использовании тепловой энергии.

Ввиду того, что теплоту в здании потребляют системы отопления, вентиляции и ГВС, а установлен только общедомовой теплосчётчик на вводе, точную долю распределения теплоты рассчитать невозможно. На основании расчётов теплотопотребления каждой из систем и принятых допущений доли распределены следующим образом: отопление — 3455 Гкал, вентиляция — 1705 Гкал, ГВС — 1150 Гкал.

Согласно существующим исследованиям, установка термостатических клапанов снижает потребление тепловой энергии на 20–30% [7]. То есть, дополнив радиаторы

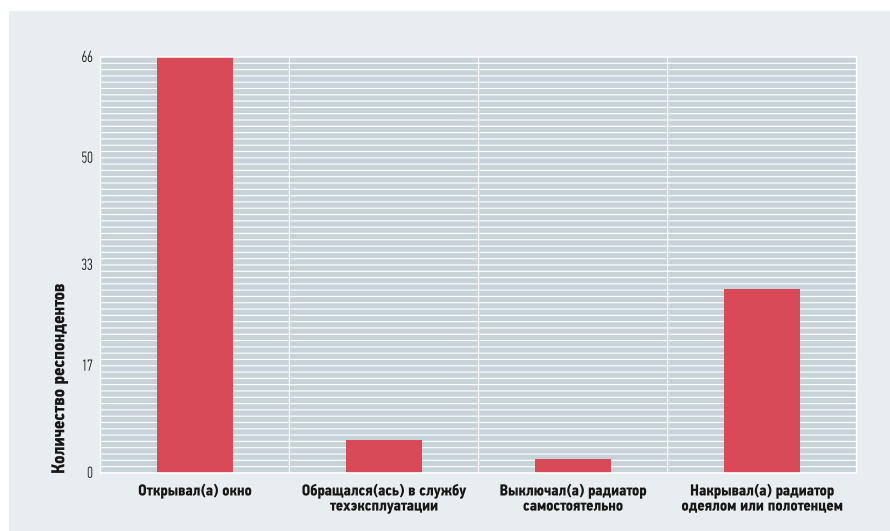


Рис. 3. Диаграмма оценки способов снижения температуры

термостатическими элементами, можно сократить годовой расход теплоты на 25 % (на 864 Гкал), что составит экономию 2 942 939 руб. Оценка денежных затрат, необходимых для осуществления мероприятий по установке термостатических головок и автоматических клапанов, представлена в табл. 4.

Таким образом, при установке термостатических элементов и приведении в нормативное состояние узлов подключения стояков необходимо потратить около 3 887 597 руб., а срок окупаемости составит примерно полтора-два года.



Расходы теплоты и затраты на тепловую энергию за 2014–2019 годы

табл. 3

Параметр/годы	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Тепловая энергия, Гкал	5517,88	5701,02	6725,76	6357,77	6888,31	6666,95
Тариф, руб.	1719,26	3240,98	3240,95	3711,12	3313,48	3406,18
Стоимость, тыс. руб.	9487	18477	21798	23594	22824	22708
Средняя температура за отопительный период, °C	-2,45	-2,48	-1,69	-2,04	-0,69	-1,35

Стоимость мероприятий*

табл. 4

Параметр	Величина
Количество радиаторов, шт.	900
Стоимость термозлементов (+5 % на монтаж), руб.	1470 × 900 × 1,05 = 1 389 150 руб.
Затраты на балансировку системы, гидравлический расчёт, замена клапанов	
Danfoss APT, Ду = 15 мм (9610 руб.)	103 × 14 095 = 1 451 785 руб.
Danfoss USV-I, Ду = 15 мм (3869 руб.)	
Запорный шаровой кран Ду = 15 мм (308 руб.)	
Итого: 9610 + 3869 + 308 × 2 = 14 095 руб.	
Danfoss APT, Ду = 20 мм (10 296 руб.)	4 × 15 518 = 62 072 руб.
Danfoss USV-I, Ду = 20 мм (4288 руб.)	
Запорный шаровой кран Ду = 20 мм (467 руб.)	
Итого: 10 296 + 4288 + 467 × 2 = 15 518 руб.	
Danfoss APT, Ду = 25 мм (12 480 руб.)	1 × 19 124 = 19 124 руб.
Danfoss USV-I, Ду = 25 мм (5012 руб.)	
Запорный шаровой кран Ду = 25 мм (816 руб.)	
Итого: 12 480 + 5012 + 816 × 2 = 19 124 руб.	
Затраты на оборудование, с учётом затрат на монтаж и пусконаладку (50 % от стоимости оборудования)	1532 298 × 1,5 = 2 298 447 руб.
Затраты на проектирование	200 000 руб.
Итого: установка термозлементов + замена клапанов и гидравлическая настройка системы	2 298 447 + 1 389 150 + 200 000 = 3 887 597 руб.

* Мероприятий по установке термостатических элементов и автоматических клапанов на стояках.

Основные выводы по работе

1. Даже в зданиях свежей постройки, со сроком эксплуатации десять лет, система отопления может не отвечать требованиям по энергоэффективности за счёт недоработок в проектной документации, отсутствия грамотной пусконаладки и неправильной эксплуатации оборудования.
2. Отсутствие на радиаторах термостатических элементов, при одновременном завышении их мощности, приводит к существенному перерасходу тепловой энергии.

Гидравлическая балансировка системы отопления, включающая установку термостатических клапанов и автоматических балансировочных клапанов, — эффективное мероприятие по повышению энергоэффективности

3. В проектах необходимо указывать не только настройку автоматических балансировочных клапанов, но и расход теплоносителя через стояки. А после монтажа системы в обязательном порядке нужно производить настройку клапанов на проектный расход с применением специальных измерительных приборов.
4. Необходимо следить за техническим состоянием клапанов и производить их своевременную замену по необходимости.
5. Гидравлическая балансировка системы отопления, включающая установку термостатических клапанов и автоматических балансировочных клапанов, является эффективным мероприятием по повышению энергоэффективности системы с небольшим сроком окупаемости.

1. Анализ потребления тепловой энергии на отопление многоквартирных домов, как способ повышения энергоэффективности в сфере ЖКХ [Электр. текст]. Аналитический центр при Правительстве РФ. Режим доступа: ac.gov.ru. Дата обращ.: 22.05.2021.
2. Желдаков Д.Ю., Стронгин А.С. Актуализация нормативной базы: СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» // АВОК, 2020. №6. С. 4–7.
3. Клапаны балансировочные автоматические Danfoss [Электр. текст]. ООО «Данфосс». Режим доступа: open.danfoss.ru. Дата обращ.: 24.05.2021.
4. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю., Панферов С.В. Эффективные энергосберегающие решения при теплоснабжении зданий // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура, 2015. №4. С. 40–48.
5. Тарифы на теплоснабжение [Электр. текст]. МУПВ «ВПЭС». Режим доступа: vpes.ru. Дата обращ.: 26.05.2021.
6. Усиков С.М., Дютин В.В. Оценка необходимости установки автоматических регуляторов перепада давления на двухтрубных стояках системы водяного отопления с точки зрения возникновения шума // Известия КИАСУ, 2019. №2. С. 197–203.
7. Шилкин Н.В. Оценка экономической эффективности оснащения отопительных приборов терморегуляторами // Энергосбережение, 2007. №4. С. 20–25.

References — see page 80.

Analysis of energy efficiency and physical depreciation of the water heating system after ten years of exploitation. Pp. 38–43.

Anton A. Eskin, PhD, Associate Professor; **Nadezhda S. Tkach**, senior lector; **Daniil R. Diachenko**, student, Polytechnic Institute of the Far East Federal University (Vladivostok city)

1. *Analiz potreblenija teplovoj jenerгии na otoplenie mnogokvartirnyh domov, kak sposob povyshenija jenergojeffektivnosti v sfere ZhKH* [Analysis of thermal energy consumption for heating apartment buildings as a way to improve energy efficiency in the housing and utilities sector]. *Analiticheskij centr pri Pravitel'stve RF* [Analytical Center for the Government of the Russian Federation]. Web-source: ac.gov.ru. Access data: May 22, 2021. [In Russian]
2. D.Ju. Zheldakov, A.S. Strongin. *Aktualizacija normativnoj bazy: SP 60.13330.2020 "Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha"* [Updating the regulatory framework: The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) 60.13330.2020 "Heating, ventilation and air conditioning"]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (AVOK)]. 2020. No.6. Pp. 4–7. [In Russian]
3. *Klapany balansirovochnye avtomaticheskie Danfoss* [Danfoss automatic balancing valves]. "Danfoss", LLC. Web-source: open.danfoss.ru. Access data: May 24, 2021. [In Russian]
4. V.I. Panferov, E.Ju. Anisimova, S.V. Panferov. *Jefferktivnye jenergosberegajushhie reshenija pri teplosnabzhenii zdaniij* [Effective energy-saving solutions for heat supply of buildings]. *Vestnik JuUrGU. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Building and architecture]. 2015. No. 4. Pp. 40–48. [In Russian]
5. *Tarifj na teplosnabzhenie* [Tariffs for heat supply]. MUPV "VPJeS" ["Vladivostok enterprise of electrical networks" Municipal Unitary Enterprise of the Vladivostok city]. Web-source: vpes.ru. Access data: May 26, 2021. [In Russian]
6. S.M. Usikov, V.V. Djutin. *Ocenka neobhodimosti ustanovki avtomaticheskikh reguljatorov perepada davlenija na dvuhtrubnyh stojakah sistemy vodjanogo otoplenija s tochki zrenija vozniknovenija shuma* [Assessment of the need to install automatic differential pressure regulators on two-pipe risers of a water heating system in terms of noise generation]. *Izvestija KGASU* [Bulletin of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering]. 2019. No. 2. Pp. 197–203. [In Russian]
7. N.V. Shilkin. *Ocenka jekonomicheskoi jefferktivnosti osnashhenija otopitel'nyh priborov termoreguljatorami* [Evaluation of the economic efficiency of equipping heating devices with thermostats]. *Jenergosberezhenie* ["Energy saving" Magazine]. 2007. No. 4. Pp. 20–25. [In Russian]