

**Инновационные энергосберегающие решения в системах  
отопления жилых зданий**

Королева Т. И., Пивоварова С. И., Могиленко В. А.  
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,  
Новополоцк, Республика Беларусь

*Предложенные инновационные инженерно-технические решения узкоспециализированного характера, обеспечиваются средствами рациональной организации и конструктивного оформления систем отопления и значительно снижают энергопотребление при выполнении нормативных требований. К числу энергосберегающих систем отопления относятся рассмотренные для жилых зданий водяные системы напольного отопления с регулированием с помощью балансировочных клапанов на ветках контуров и системы с горизонтальной разводкой.*

Технические нормативные требования к системам отопления в Республике Беларусь, которыми установлены классы энергетической эффективности жилых и общественных зданий в зависимости от уровня их теплопотребления по таблице 10.1 [1], ставят аналогичную задачу и перед отдельными элементами инженерных систем зданий [2]. Целью решения такой задачи является выбор наиболее энергоэффективного оборудования или технического решения по каждому из элементов системы отопления в жилом или общественном здании при организации комфортного микроклимата в помещениях, чтобы в итоге проектирования прийти к нормируемому уровню теплопотребления всех систем в здании, а, следовательно, к соответствующему энергосберегающему классу энергетической эффективности от А+ до С.

Согласно СН 4.02.03-2019 [2] в проектах систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны предусматриваться энергоэффективные технические решения, энергосберегающие технологии и оборудование, обеспечивающие рациональное использование топливно-энергетических ресурсов, а также применение энергии возобновляемых источников и местных видов топлива с учетом экономической целесообразности и экологической обстановки.

Применение отопления в зданиях обеспечивает необходимый тепловой режим в зимний период года с затратой около 25 % энергии в балансе страны. Поэтому в регионах с суровым и продолжительным отопительным сезоном, что типично для большей части территории нашей страны, эффективное использование энергии для систем отопления является определяющим фактором

энергосбережения при теплоснабжении зданий. В условиях сложной мировой энергетической обстановки и необходимости совершенствовать политику энергосбережения актуально считать ее приоритетной государственной задачей для нашей страны в свете решений программы «Энергосбережение» Республики Беларусь на 2021–2025 гг. [3].

Существенной экономии теплотрат в водяных системах теплоснабжения достигают, применяя автоматическое регулирование теплового потока, поступающего в систему отопления. Устойчивость работы повышается при приближении места проведения регулирования к теплопотребителю за счет более полного учета различных факторов, определяющих теплопотребность помещений отапливаемых зданий. При местном регулировании в тепловом пункте здания учитывают особенности режима его эксплуатации, ориентацию по сторонам горизонта, действие ветра и солнечной радиации [4].

При проектировании систем отопления в последние годы отмечается тенденция к применению системы теплого пола или в сочетании с конвективной системой водяного отопления [4].

В результате рассмотрения вопроса энергосбережения в системах отопления [1; 2; 4] видно, что сочетание различных путей энергосбережения в системах отопления и создание комфортных условий в помещениях общественных зданий недостаточно рассмотрено в литературных источниках и требует дальнейшего углубленного изучения, поэтому нами рассмотрено два варианта систем отопления с поквартирным учетом тепловой энергии на примере одной трехкомнатной квартиры, расположенной на первом этаже в многоэтажном жилом доме. Принятая в качестве примера для расчета и сравнения трехкомнатная угловая квартира состоит из трех спален (101, 103, 104), совмещенного санузла (106) и гостиной (102) общей площадью 104 м<sup>2</sup>. В доме имеется неотапливаемый подвал. Данный объект жилого назначения не имеет центрального теплогасоснабжения. Функцию источника тепловой энергии выполняет установленный в подсобном помещении квартиры индивидуальный электрический котел. При проектировании системы отопления учтено объемно-планировочное решение трехкомнатной квартиры, так как в угловых помещениях выше тепловые потери, необходимо повышать температуру внутреннего воздуха на 2 °С и поддерживать параметры микроклимата помещений в соответствии с нормативами Приложение Г [5].

Произведен расчет и сравнение двух вариантов энергоэффективных системы отопления:

Вариант № 1: система отопления двухтрубная горизонтальная (рис. 1) с параметрами теплоносителя на подающей магистрали 70 °С на обратной магистрали 55 °С; в качестве отопительных приборов применены радиаторы стальные панельные «Лидея» ЛК-20-310, которые расположены под

оконными проемами для отсечения холодного воздуха, остывающего на окнах; регулирование теплоотдачи радиаторов осуществляется термостатическими клапанами с предварительной настройкой; клапан двухходовой регулирующий установлен на обратном трубопроводе; трубопроводы системы отопления прокладываются за плинтусами из труб металлополимерных в изоляции; удаление воздуха из системы отопления осуществляется воздухоотводчиками (кранами конструкции Маевского).

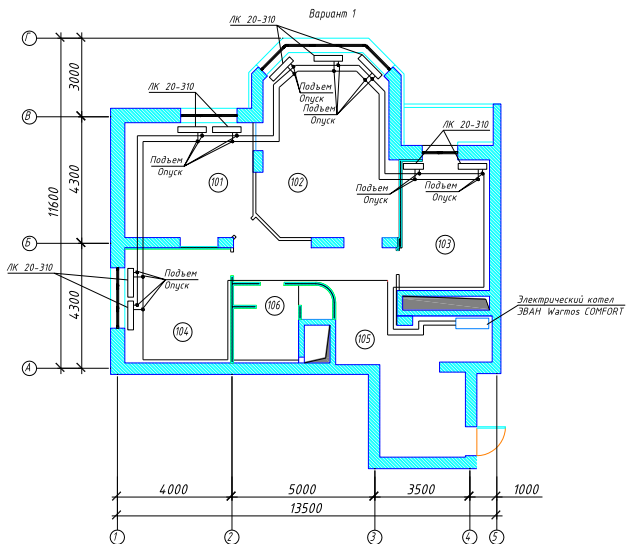


Рис. 1. План трехкомнатной квартиры с угловыми помещениями с горизонтальной системой отопления с радиаторами (Вариант № 1)

Вариант № 2: система напольного отопления (теплый пол) (рис. 2) состоит из восьми контуров, уложенных в конструкции пола в каждом помещении квартиры методом двойной проводки, узел регулирования с распределительным шкафом установлен в подсобном помещении квартиры; контуры отопления выполнены из труб металлополимерных и покрывают 100 % площади пола помещений квартиры с отступом от стен по периметру каждого помещения на 150 мм; параметры теплоносителя на подающем отопительном контуре от распределительного шкафа  $t_c = 40\text{ }^\circ\text{C}$ , а параметры на обратном трубопроводе контуре к распределителю после отопительных приборов  $t_o = 30\text{ }^\circ\text{C}$ , при этом нормативная температура поверхности пола в

комнатах принята от 29 °С до 22 °С в соответствии с пунктом 6.2.5 [2] и приложения Г [5].

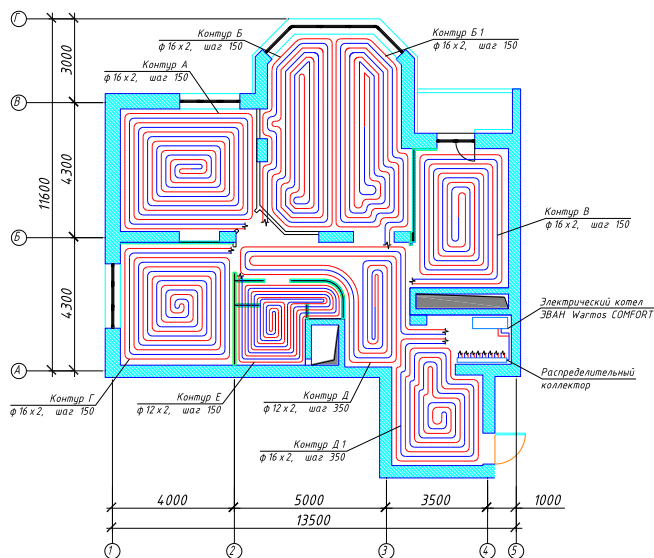


Рис. 2. План трехкомнатной квартиры с угловыми помещениями с системой напольного отопления из восьми контуров (Вариант № 2)

Для быстрого реагирования в случае аварийных ситуаций рекомендуется применять приборы учета, обеспечивающие возможность дистанционного считывания показаний.

В соответствии с требованиями [2] перед началом проектирования системы отопления выполняется теплотехнический расчет ограждающих конструкций жилого здания в соответствии с требованиями [1; 6].

Выполнен гидравлический расчет трубопроводов и тепловой расчет радиаторов стальных панельных «Лидия» ЛК-20-310 по методике, изложенной в разделе 10 пример 10.2 [4, с. 132].

Расчет системы напольного отопления (Вариант № 2) выполнен в соответствии с разделом 9 [4]. В результате по нормируемой величине температуры пола 27 °С и рассчитанной средней разности температур  $\Delta t_{cp} = 17$  °С по номограммам Приложение Д [4] определен шаг укладки труб и удельная теплоотдача, а также действительная температура поверхности пола для каждого помещения. Определен различный шаг укладки в контурах труб  $b$ ,

м, (0,15 м, 0,2 м, 0,25 м, 0,3 м, 0,35 м) для различных покрытий пола в каждом помещении квартир ( $R_T = 0,02 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ), подобраны диаметры труб для восьми контуров размером сечения от ( $d 16 \times 2$ ) до ( $d 12 \times 2$ ) мм. Расстояние от наружных стен до труб греющего контура равно шагу укладки труб в помещении, монтаж труб контуров выполнен через демпферную ленту в конструкции деформационного шва. В контуре напольного отопления допускается потеря давления до 20 кПа, а общая длина трубы в каждом контуре принята длиной до 100 м и одним контуром обогревают, как правило, не более  $40 \text{ м}^2$  площади пола с максимальным размером стороны до 8 м.

Основным параметром при технико-экономическом сравнении вариантов и выборе наиболее оптимального является значение минимальных приведенных затрат, то есть вариант с наименьшими приведенными затратами является экономически целесообразным.

Приведенные затраты складываются из начальных капиталовложений и эксплуатационных затрат и учитывают:  $C_i$  – текущие эксплуатационные затраты, руб/год;  $K_i$  – капиталовложения, определяемые по локальным сметам, руб;  $E_i$  – коэффициент эффективности капиталовложений.

Текущие (эксплуатационные) расходы включают в себя расходы на тепловую и электрическую энергию, амортизационные отчисления, расходы на текущий и капитальный ремонт, расходы на заработную плату и управленческие расходы.

Для расчета годовых эксплуатационных расходов систем отопления, руб/год, были учтены:  $T$  – расходы на тепловую энергию, руб/год;  $\mathcal{E}$  – расходы на электроэнергию, руб/год;  $A$  – затраты на амортизационные отчисления, руб/год;  $P_T$  и  $P_K$  – соответственно затраты на текущий и капитальный ремонт, руб/год;  $\text{ЗП}$  – затраты на заработную плату персонала, руб/год;  $У$  – управленческие затраты, руб/год.

При расчете затрат на установку системы отопления учтены основные капиталовложения: трубы металлополимерные для системы напольного отопления (вариант № 2); радиаторы «Лидея» ЛК-20-310 и трубы металлополимерные (вариант № 1). Затраты на стоимость котла не учитываются, так как он присутствует в двух вариантах.

В результате проведенного сравнительного анализа тепловой эффективности предложенных двух вариантов, можно предположить, что они будут равноценны по созданию теплового комфорта и параметров микроклимата в жилых помещениях квартиры. Для выбора наиболее экономически эффективного варианта нами проведен расчет капиталовложений на монтаж систем отопления и выбран более эффективный вариант с наименьшими капиталовложениями.

Затраты на тепловую и электрическую энергию, затраты на амортизационные отчисления, текущий ремонт, капитальный ремонт, заработную

плату и управленческие отчисления объективно можно принять равными, в нашем случае приведенные затраты будут состоять только из капиталовложений. Таким образом, система с минимальными капитальными вложениями окажется экономически целесообразной.

Капиталовложения на устройство рассматриваемых систем складываются из следующих составляющих: стоимость оборудования для устройства систем отопления, стоимость транспортировки к строительной площадке, стоимость монтажных работ и работ по регулировке системы. Расчет произведен в ценах января 2021 года (на момент начала эксплуатации системы). Результаты расчетов отражены в выводах.

Капитальные затраты на оборудование и материалы для рекомендуемых вариантов систем отопления трехкомнатной квартиры составят: 1) для системы отопления по варианту № 1 в размере 1851,92 руб.; 2) для системы напольного отопления по варианту № 2 в размере 1468,56 руб.

Выводы по результатам исследования и расчетов:

1. В результате проведенного сравнительного анализа и расчета экономической эффективности двух предлагаемых вариантов систем отопления с учетом нормативных требований, предъявляемых к микроклимату жилых помещений [2], очевидно, что использование напольных систем отопления для компенсации тепловых потерь помещений первого этажа предпочтительнее по сравнению с горизонтальной схемой поквартирного отопления, где отопительные приборы радиаторы «Лидея» ЛК-20-310 установлены под оконными проемами.

2. Капитальные затраты на монтаж систем напольного отопления (вариант № 2) меньше на 383,36 рублей по сравнению с системой отопления с отопительными приборами, расположенными под оконными проемами (вариант № 1), а годовые эксплуатационные расходы для систем отопления являются одинаковыми, так как источник тепловой энергии один и тот же для двух вариантов.

2. Рекомендуем применение электрического котла для подогрева воды в системе отопления квартиры, что согласуется с рекомендациями правительства страны по использованию электрической энергии в связи с введением в эксплуатацию атомной электростанции в Республике Беларусь [3].

3. Повышается уровень класса жилья при использовании системы напольного отопления, так как отсутствуют открыто проложенные отопительные технические коммуникации в квартире и застойные зоны при распределении теплоты по жилым помещениям, а также есть возможность местного регулирования параметров микроклимата в квартире.

4. Предложенные схемы и данные расчетов и исследований можно использовать при изучении студентами дисциплины «Отопление», при выполнении курсовых и дипломных проектов по направлению «Отопление», а

также специалистами, осуществляющими проектирование систем отопления жилых и общественных зданий.

### Литература

1. Здания и сооружения. Энергетическая эффективность // Будынкi і збудаванні. Энергетычная эфектыўнасць: СН 2.04.02-2020. – Введ. 30.03.2021. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 29 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха // СН 4.02.03-2019. – Введ. 26.11.2019. – Мн.: Минстройархитектуры, 2019. – 69 с.
3. Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 годы. Постановление СМ РБ от 24.02.2021 г. № 103 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь).
4. Покотилов, В. В. Пособие по расчету систем отопления / В. В. Покотилов. – Вена: фирма «HERZ Armatoren», 2008. – 160 с.
5. СН 3.02.01 Жилые здания. Строительные нормы Республики Беларусь. Министерство архитектуры и строительства. Минск, 2020. – 25 с.
6. СП 2.04.01-2020 (с изменениями) Строительная теплотехника. – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 32 с.

УДК 621.644.07

#### **Анализ изменения целостности изоляции подземных газопроводов в процессе эксплуатации по данным приборного обследования**

Струцкий Н. В.<sup>1</sup>, Романюк В. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГПО «Белтопгаз»

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*В работе представлены результаты анализа многолетних статистических данных о дефектах изоляции стальных распределительных газопроводов, выявляемых приборным методом. Показано, что дефектообразование в защитных покрытиях газопроводов (в том числе, длительно эксплуатируемых) до настоящего времени представляет собой, как правило, малоинтенсивный процесс.*

В соответствии с [1], пассивной защитой в Беларуси обеспечены все без исключения стальные подземные распределительные газопроводы. Изоляция является важным элементом стального подземного газопровода, имеющим прямое влияние на его надежность и безопасность. Непосредственно контактируя с агрессивной внешней средой, изоляция в наибольшей степени подвергается воздействию ее негативных факторов.