

ПРООН/ГЭФ  
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике  
Беларусь»

Отчет

**Сбор и анализ фактических данных в части различных проектных разработок по использованию возобновляемых источников энергии в схемах теплоснабжения и горячего водоснабжения для повышения энергетической эффективности жилых зданий различных типов**

Исполнитель,  
Эксперт по вопросам  
теплоснабжения зданий

В.М. Пилипенко

июнь 2013  
Минск

## СОДЕРЖАНИЕ

стр.

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 Энергосбережение в жилищном строительстве .....	4
2 Опыт применения энергоэффективных технологий в жилищном строительстве .....	6
3 Пути повышения эффективности системы теплоснабжения .....	11
3 Пути повышения энергоэффективности массовых застроек.....	16
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	21
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	22

## **ВВЕДЕНИЕ**

На отопление жилых, общественных и производственных зданий по разным оценкам расходуется до 35 % энергоносителей, используемых в республике.

Такое потребление энергии связано в первую очередь с низкой энергоэффективностью зданий, которая обусловлена низкими теплоизоляционными характеристиками ограждающих конструкций, несовершенством инженерного оборудования и принимаемых проектных решений.

Энергетический кризис в странах Запада в начале 70-х годов заставил сделать первый шаг навстречу идее энергосбережения при эксплуатации зданий. К 70 годам относятся первые в Западной Европе проекты утепления зданий. Этот шаг были вынуждены сделать и в Республике Беларусь, приняв в 1993 году новый стандарт на уровень термического сопротивления ограждающих конструкций. Требования к термическому сопротивлению ограждающих конструкций ужесточились, изменившись от значения  $1 \text{ м}^2\text{С/Вт}$  до  $2,5 \text{ м}^2\text{С/Вт}$ , а для окон в 1996 году с  $0,4 \text{ м}^2\text{С/Вт}$  до  $0,6 \text{ м}^2\text{С/Вт}$ . При этом существенно снизился уровень энергопотерь многоэтажных зданий. Изменилось распределение удельных теплопотерь в тепловом балансе здания. На первое место для зданий, построенных по существующим в настоящее время стандартам, вышли теплопотери связанные с воздухообменом в помещениях. Они достигают в настоящее время более 50 % от общего уровня.

Резервы дальнейшей экономии энергии связаны с утилизацией тепла выбрасываемого с отработанным воздухом, внедрением энергосберегающих инженерных систем жилых зданий, использованием возобновляемых источников энергии для отопления и горячего водоснабжения жилищного фонда.

## **1 Энергосбережение в жилищном строительстве**

В последние годы в Республике Беларусь достаточно высокими темпами ведется жилищное строительство. К примеру, если в 2001 г. было введено 3 млн. м<sup>2</sup> общей жилой площади, то в 2009 г. уже 5,9 млн. м<sup>2</sup>, в 2013 г. планируется построить около 6,5 млн. м<sup>2</sup>. Жилищный сектор Республики Беларусь потребляет более 35% суммарных энергоресурсов страны, это более 12,5 млн. тонн условного топлива.

Развитие жилищного строительства ориентировано преимущественно на индустриальные методы строительства. Это - модернизированные серии жилых домов крупнопанельного строительства, жилые дома на базе сборного железобетонного каркаса и металлического каркаса, объемно-блочные дома, жилые дома на базе монолитного каркаса и пр. В настоящий период завершается реконструкция предприятий ДСК, СЖБ, осваивается производство инженерных систем для жилых зданий.

В последние годы промышленно развитые страны приняли кардинальные меры по повышению энергоэффективности жилых зданий, включая строительство энергоэффективных жилых домов и повышение сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий, особенно активно в этом направлении работают Скандинавские страны, ФРГ, страны Балтии, Польша, близкие нам по климатическим условиям.

В республике Беларусь интенсивно развиваются конструктивно-технологические системы жилых зданий, обеспечивающие гибкость объемно-планировочных решений, снижение материалоемкости, уменьшение сроков строительства. Основной акцент в таких конструктивно-технологических системах сделан на совершенствование конструктивных и объемно-планировочных решений зданий. Снижение уровня эксплуатационных теплопотерь в таких зданиях, как правило, достигается повышением сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций без использования возможностей энергоэффективных инженерных систем.

Строительная практика Республики Беларусь последних лет показала, что применение утепленных ограждающих конструкций и окон нового поколения с повышенным термическим сопротивлением обостряет проблему обеспечения качественной воздушной среды в помещениях. При утепленной стене, герметичных оконных конструкциях и герметичной заделке окон в стеновую конструкцию исключается возможность поддержания нормативного уровня воздухообмена в помещениях жилого дома, за исключением случая открывания окон или форточек. Однако при этом теряется смысл в установке герметичных окон с высоким термическим сопротивлением. Кроме того, система вентиляции помещений квартир, базирующаяся на принципе инфильтрации воздуха через окна, не обеспечивает качество воздушной среды в квартирах нижних этажей вследствие сильного загрязнения нижних слоев наружного воздуха, особенно в индустриальной части и в плотной застройке городов. Не обеспечивается в этом случае и необходимый уровень защиты от шума и имеет место интенсивный выброс тепла в атмосферу.

Решение проблемы энергосбережения при эксплуатации зданий и обеспечения качества воздушной среды в помещениях жилых домов требует комплексного подхода – совершенствования как проектных решений, так и технических решений систем жизнеобеспечения зданий. В настоящее время в республике активно разрабатываются технические решения по применению нового поколения систем принудительной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии удаляемого из помещений воздуха, сблокированной с системой отопления; использования метод дифференцирования по фасаду здания величины сопротивления теплопередачи наружных стен, установки более теплых окон и другие новшества, которые позволяют решить проблему возврата тепла выбрасываемого в атмосферу отработанным воздухом; обеспечить нормируемые показатели качества воздушной среды в помещениях.

## 2 Опыт применения энергоэффективных технологий в жилищном строительстве

По заданию Минстройархитектуры Государственным предприятием «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.» разработан проект экспериментального энергоэффективного жилого дома. Дом построен ОАО «МАПИД» в микрорайоне Красный Бор-1 г. Минска.

Целью экспериментального проекта является отработка технических решений по снижению теплопотребления с  $90 - 110 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  до  $30 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год жилого здания.

Достичь поставленной цели с помощью только дополнительного утепления оболочки здания (наружных стен, окон и перекрытий) технически невозможно, так как расчетные теплопотери через ограждающие конструкции стандартного серийного здания составляют около 50% общего уровня, или  $49 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год.

В экспериментальном проекте предложены следующие технические решения:

- окна нового поколения с сопротивлением теплопередаче  $R = 1,2 \text{ м}^2\cdot\text{град}/\text{Вт}$ ;
- стеновые панели с увеличенным сопротивлением теплопередаче в среднем до значения  $R = 4 \text{ м}^2 \text{ град}/\text{Вт}$ ;
- новое поколение разработанных институтом систем принудительной вентиляции и отопления.

В энергоэффективном здании реализован принцип неоднородного утепления стен жилого здания. Распределение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций поставлено в зависимости от их расположения на фасаде здания. Такое решение обеспечивает выравнивание теплопотерь по зданию. Однако его реализация в здании КПД связана с определенными трудностями.

Дополнительное снижение теплопотерь через оболочку здания обеспечивает использование окон с повышенным ( $1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$ ) сопротивлением теплопередаче.

Недостатком установившейся в Республике Беларусь и странах СНГ практики проектирования и строительства жилых зданий является положение, при котором здание не рассматривается как энергетическая система, что не позволяет оптимизировать теплотехнические и энергетические характеристики элементов конструкций и систем жизнеобеспечения зданий.

В экспериментальном проекте впервые сделана попытка представить здание как энергетическую систему.

В жилом доме предусмотрена децентрализованная система приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией тепла уходящего из помещений воздуха. В каждой квартире установлены блок вентиляции и система управления, позволяющие обеспечить независимое регулирование работы приточного и вытяжного вентиляторов. В приточном вентиляционном канале находится электрический канальный нагреватель воздуха, поддерживающий, при необходимости, заданную температуру приточного воздуха. Блок управления совмещает также функцию регулирования температурного режима квартиры.

В экспериментальном здании используются центральная водяная система отопления с горизонтальной разводкой, автоматическое регулирование подачи тепла в каждой квартире. Помимо группового счетчика тепла предусмотрен также индивидуальный учет затрат на отопление и горячее водоснабжение каждой квартиры.

Основное вентиляционное оборудование квартир - рекуператор, фильтры, вентиляторы расположены в лоджиях, к которым примыкают общие приточный и вытяжной каналы по наружной части фасада.

Приточные вентиляционные каналы каждой квартиры подключены к общей приточной шахте, которая забирает воздух с уровня выше третьего

этажа, обеспечивая тем самым его высокое качество во всем здании. Вытяжные вентиляционные каналы подключены к общей вытяжной шахте с выводом отработанного воздуха на крыше. Забор приточного воздуха производится из общей приточной шахты через рекуператор тепла и с помощью воздуховодов подается в жилые помещения.

Удаление воздуха из квартиры происходит через помещения кухни, ванной комнаты и туалета путем перетекания из жилых комнат через рекуператор тепла в общую вытяжную вентиляционную шахту.

Индивидуальные приточно-вытяжные вентиляционные системы с рекуперацией уходящего из помещений воздуха обеспечивают:

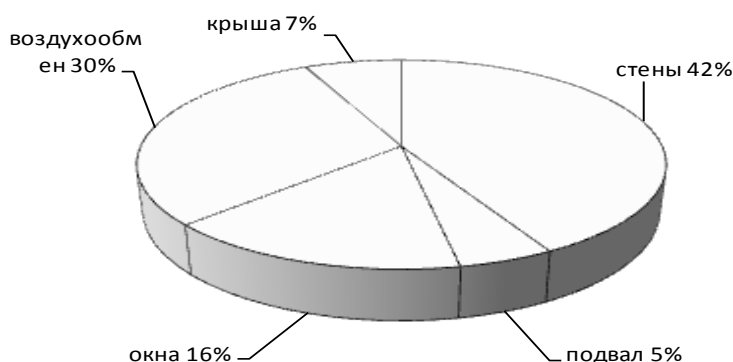
- нормативный уровень воздухообмена в каждой квартире;
- высокое качество воздуха путем забора его с уровня верхних этажей и фильтрации;
- утилизацию тепла внутренних источников и солнечной энергии через систему рекуперации тепла и перераспределение его с приточным воздухом между помещениями квартиры. Это позволяет вернуть более 80% тепла, выводящегося из помещений в процессе воздухообмена, снизить уровень теплопотерь здания;
- поддержание оптимальных температуры, влажности и газового состава воздушной среды в жилых помещениях, управление воздухообменом – достижение нормируемого его уровня при наличии людей и понижение уровня вентиляции при их отсутствии и пр.;
- снижение уровня наружного шума за счет постоянно закрытых окон;
- устранение опасности возникновения конденсата и плесени на поверхности стен и оконных рам;
- работу в трех режимах – дежурном, рабочем и форсированном.



Принятые технические решения не привели к существенному увеличению стоимости  $\text{м}^2$  общей площади жилого дома, это увеличение составило около 80-100 дол. США на  $\text{м}^2$ .

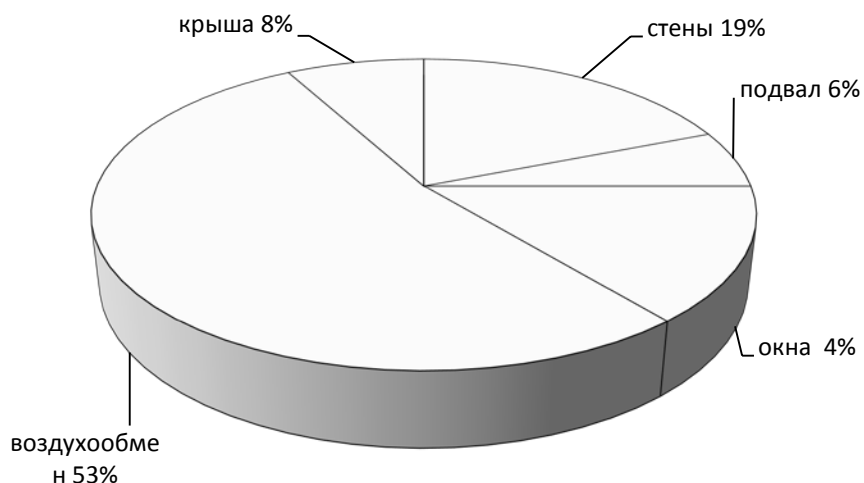
Эксплуатация экспериментального жилого дома в осенне-зимний период подтвердила эффективность принятых проектных и инженерно-технических решений. Вместе с тем и выявила определенные закономерности. При увеличении сопротивления теплопередаче оболочки здания возрастает доля потерь тепла через системы вентиляции, поскольку для обеспечения комфортных условий проживания в жилых помещениях должен быть обеспечен, согласно [1, 2, 3, 4], необходимый воздухообмен, что приводит к выбросу в атмосферу вместе с вентилируемым воздухом и определенного количества тепловой энергии.

На диаграммах рисунка 1 представлены характеристики теплопотерь различных частей жилых домов индустриальной постройки прошлого века, построенных до 1994 г., когда сопротивление теплопередаче оболочки здания проектировалось по старым нормам (первая диаграмма), и после введения в 1994 г. действующих в настоящее время норм, когда сопротивление теплопередаче наружных стен зданий фактически было увеличено в два раза (вторая диаграмма).



Распределение потерь тепла в здании, построенном в 60 - 70-е гг. прошлого века

$$(R_{\text{нар. стен}} = 1,11 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}; R_{\text{окон}} = 0,4 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}; \\ R_{\text{кровли}} = 1,65 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}, R_{\text{перекр. подвала}} = 0,9 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт})$$



Распределение потерь тепла после утепления (по нормам, введенным в 1994 г.)

$$\begin{aligned}
 & (R_{\text{нар. стен}} = 2 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}; R_{\text{окон}} = 0,6 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}; \\
 & R_{\text{кровли}} = 3 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}, R_{\text{перекр. подвала}} = 2,5 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт})
 \end{aligned}$$

Рисунок 1 — Распределение теплотерь по элементам оболочки пятиэтажного жилого дома индустриального строительства

### **3 Пути повышения эффективности системы теплоснабжения**

Как следует из представленных диаграмм, доля потерь через систему вентиляции (воздухообмен) увеличилась после утепления с 30 до 53%, тогда как через наружные стены она снизилась с 42 до 19%.

От теплопотерь через наружные конструкции зависят теплопотери и через внутренние перегородки (внутриквартирные и межквартирные). Глубокие помещения имеют меньшие теплопотери в сравнении с помещениями аналогичной площади, но с большей поверхностью наружных стен.

При определении теплоизолирующей способности ограждающих конструкций зданий используют показатель их сопротивления теплопередаче, величина которого зависит от характеристик, применяемых в ограждающих конструкциях материалов, их геометрических размеров (толщины), влажности, которые, в свою очередь, определяют теплопроводность материалов.

Теплопроводность строительных материалов зависит от таких факторов, как плотность, влажность, структура и пр. Строительные материалы пористые, с замкнутыми равномерно распределенными порами имеют более низкую теплопроводность, материалы с неравномерно распределенными и открытыми порами имеют более высокую степень увлажнения и более высокую теплопроводность.

Многие исследователи [5, 6, 7, 8, 9] пришли к выводу, что влажность оказывает существенное влияние на теплопроводность материалов, из которых изготавливаются наружные стены жилых зданий. В этой связи, как указывают авторы исследований, при правильном конструировании наружных стен можно предотвратить возможное насыщение конструкции стены водяным паром и обеспечить необходимый уровень теплопроводности.

Повышение теплотехнических характеристик жилых эксплуатируемых зданий может быть достигнуто и повышением сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, и заменой систем вентиляции и отопления на более энергоэффективные.

Мероприятия по повышению теплотехнических характеристик жилых зданий достаточно капиталоемки, требуют значительных трудовых затрат, материальных и финансовых ресурсов. Они имеют две составляющие – экономическую и техническую.

Экономическая составляющая заключается в обосновании экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий, которое определяется с учетом изменения стоимости материалов, строительного-монтажных работ и особенно энергоресурсов.

Техническая составляющая – это выбор наиболее эффективного конструктивно-технологического решения снижения энергопотребления, включая устройство дополнительной теплозащиты наружных стен и комплектования зданий энергоэффективным инженерным оборудованием.

Во многих, особенно крупных, городах основную тепловую нагрузку системы теплоснабжения несут ТЭЦ за счет теплофикационного цикла, когда используется уходящая с паром теплота турбин и в этом случае реализация сэкономленной теплоты в виде топлива весьма проблематична.

Кроме того, многие жилые здания до 5 этажей включительно старых жилых районов оборудованы газовыми проточными водонагревателями, которые недостаточно безопасны и потребляют много природного газа (согласно СНБ 4.03.01-98, п. 6.3 в среднем в 1,5 раза больше, чем на приготовление пищи и максимально примерно в 2 раза по сравнению с 4-х камфорной газовой плитой). Высокая неравномерность потребления горячей воды создает известные трудности, что требует нетривиального решения.

По общепринятой методике определения расчетных расходов горячей воды и теплоты отдельно рассчитываются графики подачи теплоты на отопление в зависимости от параметров наружной атмосферы и на горячее

водоснабжение в зависимости от времени суток, а также график расхода воды по часам суток. При этом учитываются потери теплоты подающими теплопроводами. Однако регулирование расхода теплоты на отопление и горячее водоснабжение производится отдельно и независимо. Если изменение подачи теплоты на отопление производится сравнительно медленно в соответствии с изменением температуры наружного воздуха, то изменение подачи теплоты на горячее водоснабжение может быть очень резким, например, в зоне прихода новых суток (24 часа), где расход теплоты [10] может в 3,3 раза (с  $2,77 \cdot 10^5$  до  $0,83 \cdot 10^5$  кДж/ч) и более превышать средний уровень.

При расчете теплотребления квартала [10] максимальные расходы теплоты на отопление и средние для горячего водоснабжения в климатических условиях г.Минска примерно составляют соответственно 70 и 20%. Для отдельных жилых зданий это соотношение зачастую может достигать 50 и 50%, а коэффициент неравномерности теплотребления на горячее водоснабжение в течение суток может достигать 2,5 и более. Поэтому расчетное максимальное общее теплотребление жилого здания может быть значительно (на 20 - 30%) больше необходимого по климатологическому фактору, что является существенным недостатком.

Согласно [11] совместное регулирование систем отопления и горячего водоснабжения с учетом применения балансового коэффициента  $\chi = 1,2$  к среднему уровню расхода теплоты на горячее водоснабжение позволяет неравномерность теплотребления компенсировать за счет тепловой инерции зданий.

Уменьшение или ликвидация неравномерности теплотребления, связанной с неравномерностью расхода теплоты на горячее водоснабжение, позволяет эффективнее использовать преимущества теплофикационного режима ТЭЦ и пропускной способности централизованной наружной распределительной системы теплоснабжения, а также условий применения регулирования подачи теплоты потребителям не только в зависимости от

наружной температуры, но и от времени суток, при этом максимальный расчетный расход теплоты определяют как простую сумму максимального расчетного расхода теплоты на отопление и среднего расчетного расхода теплоты на горячее водоснабжение. При этом обеспечивается перераспределение расчетного, в зависимости от наружных климатических условий, расхода теплоты на отопление и среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение взаимосвязано в зависимости от неравномерности потребления горячей воды и отопления, причем осуществляют регулирование распределения расхода теплоты как между системами отопления и горячего водоснабжения, так и общего суммарного расхода теплоты при условии, что его предельный уровень не должен превышать максимальный расчетный расход теплоты.

Согласно предлагаемому способу при превышении часовым расходом теплоты на горячее водоснабжение по отношению к суммарному расходу теплоты на отопление в соответствии с наружной температурой и к среднесуточному расходу теплоты на горячее водоснабжение регулирование подачи теплоты в здание производят не только по наружной температуре, но и по часам реализации максимального теплоснабжения на горячее водоснабжение.

Достижение необходимого результата обеспечивается посредством предлагаемого способа реконструкции отопления и горячего водоснабжения здания или группы зданий путем подачи расчетного расхода теплоты, который соответствует сумме максимального расчетного расхода теплоты на отопление и среднего расчетного расхода теплоты на горячее водоснабжение.

Учитывая небольшую, около 4-х часов с 20 до 24 ч [10], продолжительность максимального теплоснабжения на горячее водоснабжение, для уменьшения общей пиковой нагрузки предлагается в период стояния наружных низких температур ограничить общее теплоснабжение здания суммарным значением расхода теплоты на отопление в соответствии с температурой наружного воздуха и

среднесуточным расходом теплоты на горячее водоснабжение в соответствии с выражением:

$$\Sigma Q_m = Q_m^o + Q_m^r \quad (1)$$

где  $Q_m^o$  - расход тепла на отопление;

$Q_m^r$  - среднесуточный расход теплоты на горячее водоснабжение.

При этом колебания теплотребления выше среднесуточного на горячее водоснабжение компенсируются за счет подачи теплоты на отопление, что с учетом тепловой инерции здания может приводить к временному снижению температуры внутреннего воздуха на 1 - 2°C. Зато в периоды пониженного теплотребления на горячее водоснабжение продолжается общая подача  $Q_m^o$ , но с избытком тепла в систему отопления, что приводит к плавному повышению температуры внутреннего воздуха на 1 - 2°C от среднего расчетного уровня, что вполне допустимо с точки зрения физиологии человека. При этом перераспределение теплоносителя в соответствии с его параметрами из распределительной системы теплоснабжения должно производиться автоматически по сигналам датчиков температур и времени наступления пикового расхода теплоты на горячее водоснабжение по специальной программе.

### **3 Пути повышения энергоэффективности массовых застроек**

Энергосберегающие мероприятия при строительстве энергоэффективных жилых домов и создании энергоэффективных зон эксплуатации жилой застройки должны включать целый комплекс мер, таких как: разработка проектов энергоэффективных жилых домов; создание энергосберегающих систем жизнеобеспечения, в т.ч. использующих возобновляемые источники энергии; реконструкция эксплуатируемого жилого фонда; создание необходимой законодательной и нормативной базы; создание системы стимулирования энергосбережения; информирование населения об эффективности энергосберегающих мероприятий.

Концепция массового строительства энергоэффективных жилых домов и создания энергоэффективных зон в городах состоит в реализации уже известных энергосберегающих технических средств и решений, рационально используя их возможные сочетания в конкретных природно-климатических и градостроительных условиях с целью уменьшения энергопотребления на единицу площади жилья в жилищно-коммунальной сфере в два и более раза.

В основу реализации концепции создания энергоэффективных зон положены следующие принципы [12]:

- обеспечение надежного и качественного энергоснабжения населения при минимальных затратах энергоресурсов;
- сохранение всех преимуществ сложившейся структуры энергообеспечения населения с развитием и совершенствованием на основе диагностики строительных и инженерных систем, заменой или усилением ненадежных элементов и внедрением новых энергоэффективных технических систем, оборудования и технологий;
- последовательная реализация в первую очередь малозатратных и эффективных энергосберегающих мероприятий;



- системная реализация комплекса энергосберегающих технических средств, энергоэффективного оборудования и регулирующих энергопотребление технологий на этапах производства энергоносителей, их транспортировки и потребления;
- использование возобновляемых источников энергии (солнечной энергии, энергии грунта, энергии ветра, биогаза и пр.).

При реализации концепции строительства энергоэффективных жилых домов и создания энергоэффективных зон с соблюдением изложенных принципов последовательно рассматриваются: принципиальная схема энергоснабжения; предпочтительный состав энергосберегающих мероприятий; предприятия-поставщики энергоресурсов, магистральные и разводящие инженерные сети, внутриквартальные и объектные энергопункты, внутриобъектные инженерные системы, ограждающие элементы и конструкции зданий, системы, использующие возобновляемые источники энергии и пр.

При разработке проекта застройки жилого массива и выборе системы теплоснабжения (централизованной, автономной или комбинированной) требуется проведение соответствующего технико-экономического анализа с целью определения наиболее рационального варианта. При проведении указанного анализа и принятия решения необходимо сопоставление следующих затрат:

- первоначальные капиталовложения в строительство или реконструкцию системы теплоснабжения, включая теплоисточники;
- возможные объемы использования возобновляемых источников энергии для энергообеспечения жилого массива;
- расход топлива, отнесенного к конечному потребителю (единица площади или объема отапливаемого помещения к человеку, проживающему в квартире и др.), с учетом потерь при производстве, транспортировке по тепловым сетям, распределении тепловой энергии по потребителям;

- ежегодные затраты на эксплуатацию и ремонт оборудования теплосетей и сооружений теплового хозяйства;
- сроки строительства или реконструкции системы теплоснабжения;
- при кредитовании работ по строительству или реконструкции – банковский процент;
- сроки окупаемости капиталовложений и возврат кредита;
- размер отчислений в инженерную инфраструктуру города.

Экономические сопоставления применения централизованной или автономной систем теплоснабжения в различных реальных условиях могут показать целесообразность использования любой из них. Но, как правило, в существующем состоянии централизованные системы оказываются менее рентабельными по сравнению с современными автономными системами.

Для того чтобы системы централизованного теплоснабжения и теплофикации в условиях новой инвестиционной политики, структурных изменений в топливно-энергетическом комплексе, повышения требований к надежности и экологической безопасности энергетики сохранили конкурентоспособность, необходимо проведение следующих мероприятий:

- переход к современным экономически и экологически эффективным ТЭЦ с парогазовым циклом и газотурбинными установками на твердом и газообразном топливе;
- распространение автономной теплофикации на область средних и малых тепловых нагрузок;
- изменение принципов построения систем – рациональное резервирование, структуризация и автоматизация тепловых сетей;
- реализация совместной работы источников тепла на общие тепловые сети с применением экономически эффективного нагружения и резервирования;
- повышение надежности теплопроводов и оборудования источников тепла и тепловых сетей;

- оснащение систем средствами измерений и автоматики, сочленение средств локальной автоматики с верхним уровнем управления в рамках автоматизированных систем управления теплоснабжением.

С учетом изложенного, некоторые возможные способы реконструкции теплоэнергетического хозяйства, обеспечивающего тепловой энергией жилые массивы, приведены в таблице 1.

Таблица 1 –Рекомендуемые способы реконструкции теплоэнергетических объектов

Наименование способа, схемы	Условия и область применения
Создание локальных (автономных на дом или работающих на общие сети для 2 - 3 домов) газовых котельных установок, монтируемых в контейнерах на крыше или вблизи зданий	Наличие резерва в газоснабжающей системе, модернизация системы для создания резерва [13, 14]
Создание комбинированных (поливалентных) систем теплоснабжения, включающих традиционный источник теплоснабжения и пиковые электроподогреватели, установленные в здании котельной. На тепловых вводах или непосредственно в отапливаемых помещениях (функционирующих в режимах выработки тепла в часы провала графика электрической нагрузки либо круглосуточно)	Наличие резерва электрической мощности в трансформаторной подстанции, на вводе в квартал. Установка теплоаккумулирующих устройств (в котельной, на тепловом вводе) либо специальных накопительных приборов
Создание поливалентных систем теплоснабжения, включающих базовый традиционный источник теплоснабжения и один - два возможных дополнительных источника (гелиосистема, тепловой насос, геотермальный источник)	Местные условия (климатические, геологические и пр.), района строительства [12, 15, 16, 17]
Создание локальных (автономных или работающих на общие тепловые и электрические сети) мини-ТЭЦ на базе газовых дизелей и теплоутилизаторов	Наличие резерва в газоснабжающей системе, необходимость повышения надежности электроснабжения, недостающая электрическая мощность на вводе в квартал
Увеличение тепловой мощности системы теплоснабжения путем реконструкции наиболее перегруженных участков тепловой сети (перекладка участков трубопроводов с заменой на большие диаметры) и модернизация существующей котельной (ТЭЦ) с повышением эффективности сжигания топлива	Удовлетворительное состояние тепловых сетей и источников теплоты, локальность зон увеличения тепловой нагрузки

Наименование способа, схемы	Условия и область применения
<p>Увеличение температурного перепада (пропускной способности) тепловой сети за счет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- большего охлаждения обратной воды (при установке калориферов, отопительных приборов со встроенными вентиляторами, напольных отопительных систем, а также тепловых насосов на обратном трубопроводе);</li> <li>- повышения расчетной температуры в подающем трубопроводе от 150 до 180°C;</li> <li>- снижения теплопотерь в тепловых сетях</li> </ul>	<p>Наличие резерва на источнике, проведение реконструкции систем отопления либо тепловых сетей, сооружение теплонасосных установок</p>
<p>Увеличение перепада давлений (пропускной способности и тепловой сети) за счет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- установки насосных перекачивающих подстанций;</li> <li>установки циркуляционных (смесительных) насосов у концевых объектов</li> </ul>	<p>Наличие резерва на источнике, проведение реконструкции тепловых сетей и тепловых пунктов</p>
<p>Изменение схемы теплоснабжения с частичным переводом централизованного горячего водоснабжения на местные системы с установкой квартирных (индивидуальных) водонагревателей</p>	<p>Наличие резерва электрической мощности, установка местных теплоаккумуляторов и ведение двухставочного тарифа</p>

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Мероприятия по повышению энергоэффективности жилых зданий должны включать комплекс организационно-технических решений, в этом случае достигается максимальный энергосберегающий и экономический эффект.

В последние годы в Республике Беларусь наработан значительный опыт по повышению энергоэффективности проектируемых и эксплуатируемых жилых зданий. Созданы и тиражируются более десяти систем утепления жилых зданий, разработаны и построены энергоэффективные жилые здания с уровнем энергопотребления на отопление не превышающие 40 кВт·час на м<sup>2</sup>/в год, разработана необходимая нормативная база, налажен выпуск отдельных типов энергосберегающего инженерного оборудования.

Вместе с тем в республике практически отсутствует опыт применения оборудования и инженерных систем зданий, использующих возобновляемые источники энергии.

В ближайшие годы предстоит выполнить комплекс исследований и экспериментальных разработок по созданию энергосберегающего оборудования энергоэффективных жилых зданий, использующих и возобновляемые источники энергии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Отопление, вентиляция и кондиционирование: СНиП 2.04.05-91. – Москва: Госстрой СССР, 1992. – 64 с.
- 2 Береговой, А.М. Здания с энергосберегающими конструкциями: дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01 /А.М.Береговой. – Пенза, 2005. – 309 л.
- 3 Кувшинов, Ю.Я. Теоретические основы обеспечения микроклимата помещения / Ю.Я.Кувшинов. – Москва: Изд-во Ассоц. строит. ВУЗов, 2004. – 100 с.
- 4 Пилипенко, В.М. О концепции устойчивого развития городской жилой застройки прошлого века. /В.М.Пилипенко // Реконструкція житла. Выпуск 8. – Киев, 2007. – с. 81 – 87.
- 5 Майнерит, З. Теплота жилых зданий / З.Майнерит. – Москва: Стройиздат, 1985. – 204 с.
- 6 Богословский, В.Н. Тепловой режим зданий / В.Н.Богословский. – Москва. – Стройиздат, 1979. – 247 с.
- 7 Ильинский, В.М. Строительная теплотехника /В.М.Ильинский. – Москва: Высшая школа, 1974. – 319 с.
- 8 Hans-Diter Henger. Ingrid Volger Energieeinsparverordnung EnEV fur die Praxis Kommentirt Berlin: Ernst & John Verlag fur Architektur and Lechnische Wissenschaften GmbH and Co. KY. – Berlin, 2002. – 507 s.
- 9 Пашков, А.П. Энергетическое обследование и проектирование теплозащиты зданий / А.П.Пашков, Р.В.Кузьмичев, Т.Г.Оленина // Сборник трудов ГП НИПТИС: сб. науч. тр. /Адукацыя і выхаванне. – Минск, 1998. – 136 – 141 с.
- 10 Хрусталеv, Б.М. Теплоснабжение и вентиляция / Б.М.Хрусталеv [и др.]. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 384 с.
- 11 Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция / В.Н.Богословский, В.П.Щеглов, Н.Н.Разумов. – Москва: Стройиздат, 1980. – 295 с.

12 Пилипенко, В.М. Создание энергоэффективных зон при реконструкции и вторичной застройке жилых кварталов и микрорайонов. /В.М.Пилипенко, Р.В.Кузьмичев // Архитектура и строительство. – 2007. – № 6 – с. 40 – 44.

13 Способ восстановления или реконструкции системы газоснабжения внутри зданий и сооружений пат. 008296 Евраз. Патентное ведомство, МПК (2006) E04G 23/00, F16L 41/00 /С.Н.Осипов, В.М.Пилипенко, А.С.Атаев; заявитель УП «Институт НИПТИС» – № 200600507; заявл. 29.03.2006; опубл. 27.04.2007 // Бюллетень Евразийского патентного ведомства – 2007 – № 2 – с.

14 Способ реконструкции системы газоснабжения: пат. 009925 Евраз. патентное ведомство F17D1/04G05D, 16/00 / С.Н.Осипов, В.М.Пилипенко, А.С.Атаев; заявитель Государственное предприятие «Институт НИПТИСим. Атаева С.С.» – № 200601790; заявл. 26.10.2006; опубл. 28.04.2008 // Бюллетень Евразийского патентного ведомства – 2008. – № 2 – 5 с.

15 Энергоэффективное здание: пат. 3285 Респ. Беларусь, МПК7 E04B 1/00, F24F 3/00 /Л.Н.Данилевский, В.М.Пилипенко, В.А.Потерщук; заявитель УП «Институт НИПТИС» – № 20060423; заявл. 26.06.2006; опубл. 28.02.2007 //Афіцыйны бюл. /Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці – 2007. – № 1 – с. 176 – 177.

16 Пилипенко, В.М. О перспективных направлениях энергосбережения при строительстве и эксплуатации жилых домов. / В.М.Пилипенко // Опыт и перспективы комплексного решения проблем энергосбережения при строительстве и реконструкции жилого фонда. // Тезисы докладов конф-ции. – Мн., 1998. – 3 – 11 с.

17 Пилипенко, В.М. Обеспечение комплексного подхода при тепловой модернизации жилого фонда. /В.М.Пилипенко // Комплексное решение проблем энергосбережения при проектировании, строительстве и реконструкции жилого фонда. // Сб. материалов 3-ей Межд. научно-практической конф-ции. – Мн., 1999. – 4 – 10 с.