

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

УДК 621.002.5:006.354

А.В. ШУШЛЯКОВ, Ю.В. БЕРЕЖКО

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры, г. Харьков

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ С ПОМЕЩЕНИЯМИ РАЗНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассматриваются перспективные инженерные и технологически энергоэффективные мероприятия, направленные на снижение тепловых потерь в зданиях, в том числе с использованием тепла земли, воздуха и солнечной радиации. Проведен обзор методов утилизации теплоты в системах отопления, вентиляции. Производится оценка уровня энергосбережения за счет проведения модернизации зданий. Рассмотрены возможные способы получения энергии от низкопотенциального источника теплоты для климатических условий Украины.

Расходы энергоресурсов на отопление, вентиляцию и эксплуатацию зданий и сооружений сегодня достигают 40–60% от общих энергозатрат Украины. Снижение энергопотребления для Украины – одна из самых актуальных задач, так как обеспеченность страны собственными энергоресурсами не превышает 15%, а добыча и транспортировка энергоресурсов постоянно дорожает.

1 марта 2010 года Кабинет Министров Украины утвердил Государственную целевую экономическую программу энергоэффективности на 2010-2015 годы, которая определяет государственную стратегию на ближайшие 5 лет. Программа представляет собой масштабный документ, предусматривающий ряд мероприятий, которые планируется внедрить в сферах возобновляемой энергетики и энергосбережения. Цель Государственной программы – уменьшить энергоемкость отечественного ВВП на 20%. Для этого необходимо уменьшить расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых зданий на 60%, общественных зданий – на 35%. Программа предусматривает оптимизацию структуры топливно-энергетического баланса Украины путем сокращения части импортированных энергоресурсов за счет увеличения использования энергии из возобновляемых источников.

Документ дополняют 15 отраслевых и 27 региональных программ энергоэффективности, а также ряд отдельных государственных целевых программ, в частности, по развитию производства и использования биологических видов топлива, строительству ветровых электростанций, добыче и использованию газа метана угольных месторождений [2].

Жилищно-коммунальный сектор – второй после промышленности, где имеется большой потенциал энергосбережения. Модернизация ограждающих конструкций жилых зданий – один из главных резервов энергосбережения.

Показатель удельных тепловых потерь в жилых зданиях для Харькова в среднем равняется 350 кВт.ч/(год м²), в то время как в Германии – 204 кВт.ч/(год м²) для домов старой застройки и 164 кВт.ч/(год м²) для новых, в Швеции – 70 кВт.ч/(год м²), а потребность в отопительной энергии для зданий будущего поколения составит от 20 до 40 кВт.ч/м² [1].

При строительстве новых и реконструкции существующих зданий рекомендуется проводить следующие энергоэффективные мероприятия:

1) Мероприятия по увеличению энергетической эффективности системы отопления здания:

- индивидуальное регулирование температуры помещений для создания комфортных параметров микроклимата и сохранения энергии;
- применение термостатических вентилей на радиаторах для автоматического поддержания заданной температуры помещений;
- повышение эффективности теплоизоляции бойлеров и баков-аккумуляторов для уменьшения теплопотерь;
- использование индивидуальных водонагревателей;
- при реконструкции - замена бойлеров на новые, более энергоэффективные модели.

2) Мероприятия по увеличению энергетической эффективности системы вентиляции здания:

- применение в вентиляционных агрегатах вентиляторов с переменной скоростью вращения для уменьшения воздухообмена в периоды, когда помещение не используется.
- использование «свободного охлаждения» для повышения комфорта в помещении и снижения затрат энергии на охлаждение;
- использование утилизации тепла удаляемого воздуха для подогрева приточного воздуха или для использования в системах отопления и горячего водоснабжения.

3) Мероприятия по увеличению энергетической эффективности ограждающих конструкций здания:

- применение высокоэффективной теплоизоляции наружных ограждающих конструкций здания для снижения теплопотерь;
- повышение герметичности здания для уменьшения теплопотерь за счет инфильтрации и эксфильтрации воздуха;
- применение солнцезащитных устройств для уменьшения теплоступлений с солнечной радиацией в летнее время [3, 4].

Для повышения эксплуатационной надежности и комфорта в помещениях зданий наиболее часто применяются системы наружного утепления. Выбор способа и конструкции утепления зависит от их стоимости, от их теплотехнических свойств, от несущей способности и от функционального назначения здания.

Наружная изоляция повышает тепловую инерцию ограждающих конструкций, что способствует сохранению тепла в холодный период и сохранению холода в теплый период года.

Применяемые в настоящее время системы наружного утепления стен зданий можно разделить на:

- системы утепления с защитно-декоративным экраном;
- системы утепления с облицовкой кирпичом или другими мелкоштучными материалами;
- системы утепления с оштукатуриванием фасадов.

Системы утепления с защитно-декоративным экраном выполняют с воздушным вентилируемым зазором между утеплителем и экраном и поэтому часто называют «вентилируемыми фасадами».

Для изготовления экранов применяют металл (сталь или алюминий), керамическую плитку, стеклофибробетон, пластмассы и другие материалы. В качестве экранов используются также крупноформатные панели, состоящие из внешней декоративной алюминиевой оболочки, заполненной пенополиуретаном.

В качестве утеплителя используются огнестойкие минераловатные полужесткие плиты. При использовании в качестве утеплителя воздухопроницаемых материалов (например, минераловатных плит малой плотности) возникает необходимость их защиты дополнительным слоем воздухонепроницаемого материала.

Системы утепления с облицовкой кирпичом или другими мелкоштучными материалами обладают достаточной паропроницаемостью и не требуют обязательного

устройства вентилируемого воздушного зазора. В то же время из-за различных механических и температурно-влажностных деформаций основной стены и облицовочного кирпичного слоя высота последнего ограничивается 2-3 этажами.

Между существующей стеной и кирпичной облицовкой укладывается теплоизоляционный материал в виде полужёстких минераловатных плит, плит из пенополистирола или теплоизоляционных плит из газобетона плотностью $\rho = 200-300 \text{ кг/м}^3$ и коэффициентом теплопроводности $\rho = 0,08-0,09 \text{ Вт/М}^\circ\text{С}$. Устойчивость кладки обеспечивается гибкими анкерами и арматурной сеткой, обеспечивающей сцепление анкеров с кладкой. По своим свойствам и стоимостным параметрам система близка к возводимым стенам с размещенным внутри утеплителем, но обладает более низкими прочностными и эксплуатационными характеристиками.

Системы утепления с оштукатуриванием фасадов предусматривают клеевое и механическое закрепление утеплителя с помощью анкеров, дюбелей и каркасов к существующей стене с последующим покрытием его штукатурными слоями. В зависимости от толщины фасадных штукатурных слоев применяют две разновидности устройства системы: с жёсткими и гибкими (подвижными или шарнирными) крепёжными элементами (кронштейнами, анкерами) [4].

Сопротивление теплопередаче многослойных конструкций с последовательно расположенными однородными слоями определяется по формуле:

$$R_0 = 1/\alpha_B + R_1 + R_2 + \dots + R_n + 1/\alpha_H ; [12] \quad (1)$$

где α_B - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{С})$;

R_1, R_2, \dots, R_n - термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции, $(\text{м}^2\text{С})/\text{Вт}$;

$(\alpha_H$ - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждающей конструкции к наружному воздуху, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{С})$).

Термическое сопротивление отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R = \delta / \lambda$$

где δ - толщина слоя, м;

λ - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{С})$.

Расчетный коэффициент теплопроводности каждого слоя конструкции, за исключением теплоизоляционного слоя, принимается по ДБН В.2.6-31-2006 «Тепловая изоляция зданий».

Для сравнения теплотехнических свойств ограждающих конструкций рассмотрим три варианта конструкций наружных стен для Харькова, который относится к 1-й температурной зоне. Для наружных стен этой зоны $R_0 \text{ min} = 2,8 (\text{м}^2\text{С})/\text{Вт}$.

Вариант 1.

1 - слой внутренней песчано-цементной штукатурки $\delta = 20 \text{ мм}$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$

2 - слой кирпичной кладки из сплошного обыкновенного красного кирпича $\delta = 510 \text{ мм}$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$

3 - слой внешней песчано-цементной штукатурки $\delta = 20 \text{ мм}$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$.

$R_0 = 0,83 (\text{м}^2\text{С})/\text{Вт}$ **$R_0 < R_0 \text{ min}$** . Данная стена не удовлетворяет современным требованиям ДБН, необходимо утепление.

Вариант 2.

1 - слой внутренней песчано-цементной штукатурки $\delta = 20 \text{ мм}$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$

2 - слой кирпичной кладки из сплошного обыкновенного красного кирпича $\delta = 380 \text{ мм}$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$

3 - теплоизоляционная плита $\delta = 100 \text{ мм}$, $\lambda = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$

4 - слой внешней песчано-цементной штукатурки $\delta = 20 \text{ мм}$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$

5 - слой кирпичной кладки из облицовочного пустотелого клинкерного кирпича $\delta = 250 \text{ мм}$, $\lambda = 0,64 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$

$R_0 = 3,24 \text{ (м}^2\text{°C)/Вт}$ $R_0 > R_0 \text{ min.}$ Данная стена удовлетворяет современным требованиям ДБН

Вариант 3.

1 - слой внутренней песчано-цементной штукатурки $\delta = 20 \text{ мм}$, $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$

2 - слой кирпичной кладки из сплошного обыкновенного красного кирпича $\delta = 250 \text{ мм}$, $\lambda = 0,81 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$

3 - теплоизоляционная плита $\delta = 100 \text{ мм}$, $\lambda = 0,04 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$

4 – ветро-гидрозащитная паропроницаемая мембрана

5 – вентилируемая воздушная прослойка $\delta = 50 \text{ мм}$

6 – облицовка фасада гранитной керамической плиткой $\delta = 100 \text{ мм}$, $\lambda = 3,49 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$

$R_0 = 3,56 \text{ (м}^2\text{°C)/Вт}$ $R_0 > R_0 \text{ min.}$ Данная стена удовлетворяет современным требованиям ДБН.

Для расчета теплотерь используются разные методики [1,12]. Расчет теплотерь по укрупненным показателям выполнять по формуле

$$Q_{0 \max} = q_0 A (1 + k_1) \quad [13] \quad (2)$$

$$Q_{V \max} = k_1 k_2 q_0 A \quad [13] \quad (3)$$

где: k_1 – коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление здания;

k_2 – коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию здания;

q_0 – укрупненный показатель среднего теплового потока на отопление зданий на 1 м^2 общей площади, Вт;

A – общая площадь здания, м^2 .

Однако для зданий с помещениями разного функционального назначения расчет теплотерь по данной формуле (2, 3) дает существенную погрешность, т.к в разных помещениях параметры внутреннего воздуха могут существенно отличаться.

Для проверки возможных погрешностей расчета рассмотрим теплотери 9-этажного гражданского здания, в котором размещены магазины, офисы, ресторан и другие помещения. Расчетом были определены теплотери каждого этажа. На основании полученных данных были определены удельные тепловые характеристики и энергоэффективность. Результаты расчетов приведены в таблице .

Таблица. Теплотери, удельные тепловые характеристики и энергоэффективность каждого этажа 9-этажного гражданского здания

№ этажа	Теплотери, рассчитанные по укрупненным показателям, Q, Вт	Удельная тепловая характеристика этажа, q, Вт/м ²	Энергоэффективность помещений этажа, Э
0	61936	56,2	7,06
1	105781	95,9	12,06
2	67432	61,1	7,7
3	67539	61,2	7,7
4	67397	61,1	7,69
5	61642	55,9	7,03
6	38940	35,3	4,4
7	68608	62,2	7,8
8	69843	63,3	7,96
9	199352	180,7	22,7

Анализ данной таблицы показывает, что теплотери этажей с помещениями разного функционального назначения существенно отличаются. Расчет удельных тепловых характеристик для этих помещений также значительно различается между собой. Сравнение полученных значений q_0 (см. табл.) с данными, приведенными в приложении 2

[13] ($q_0 = 79,2 \text{ Вт/м}^2$) показало, что q_0 расчетное и нормативное отличаются в 0,5-3 раза.

Проведенные сравнения подтверждают необходимость совершенствования методики расчета теплопотерь по укрупненным показателям для зданий с помещениями разного функционального назначения.

Существенный вклад в энергоэффективность здания обеспечивает утилизация тепла и холода в системах вентиляции и кондиционирования здания. В рассматриваемых многоэтажных зданиях с помещениями разного функционального назначения эксплуатируется большое количество приточно-вытяжных систем. Эти системы отличаются по производительности, затратам энергии на подогрев (охлаждение) и транспортирование воздуха. Поэтому утилизация тепла (холода) с помощью рекуператоров или регенераторов усложняет схемы систем и снижает их эксплуатационную надежность.

С целью повышения энергетической эффективности систем отопления, вентиляции и кондиционирования целесообразно использовать один утилизатор тепла и холода для обслуживания нескольких систем. Такие системы в настоящее время разрабатываются авторами данной статьи.

Значительное снижение затрат энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование здания возможно при установке системы автоматического управления инженерным оборудованием. Установка такой системы возможна как в строящихся, так и в реконструируемых зданиях.

Инновационные системы автоматизации зданий способствуют энергосбережению различными путями. Они помогают точно контролировать температуру, влажность и качество воздуха и в то же время обеспечивают оптимальную подачу тепла или холода в помещения. Оптимизированный контроль, регенерация энергии также весьма важны. Сегодня отчетливо наблюдаются тенденции к активному использованию информационных технологий в системах здания, а также к управлению энергоснабжением, исходя из индивидуальных потребностей.

Энергоэффективность здания в большой степени зависит от параметров внутреннего воздуха в помещениях. Однако потери и прирост энергии, внешние тепловые воздействия, оборудование помещения и особенности его использования также имеют значение. Таким образом, одно из главных требований для увеличения энергоэффективности помещений различного назначения – регулирование инженерных систем на основе требуемых параметров воздуха и их интеграция в системы автоматизации здания [5].

Одним из эффективных энергосберегающих способов, дающих возможность экономить органическое топливо, снижать загрязнение окружающей среды, удовлетворять нужды потребителей в технологическом тепле, является применение тепловых насосов.

Тепловой насос обеспечивает технические предпосылки для эффективного использования возобновляемой энергии в форме тепла окружающей среды для отопления и приготовления горячей воды.

Особенно выгодно применение тепловых насосов при одновременном использовании тепла и холода, что успешно реализуется в системах кондиционирования воздуха.

Основными достоинствами применения теплонасосных технологий являются: высокая энергетическая эффективность, экологическая чистота, надежность, комбинированное производство теплоты и холода в единой установке, мобильность, универсальность по тепловой мощности, универсальность по виду используемой низкопотенциальной энергии, полная автоматизация работы установки, пожаробезопасность.

Технико-экономические расчеты показывают, что затраты топлива в системах теплоснабжения на базе ТНУ для объектов ЖКХ могут быть уменьшены по сравнению с

крупными отопительными котельными в 1,2-1,8 раза, котельными и индивидуальными теплогенераторами – в 2-2,6 раза, электронагревателями – в 3-3,6 раза.

По прогнозам мирового энергетического комитета (МИРЭК) к 2020 году в развитых странах 75% систем отопления и горячего водоснабжения будет использовать тепловые насосы [6, 7, 8].

1. Щекин И.Р. Повышение энергетической эффективности вентиляционно-отопительных систем (принципы энергоаудита). – Харьков: Форт, 2003. – 164 с.
2. Государственное агентство по энергоэффективности и энергосбережению Украины (госэнергоэффективности). <http://naer.gov.ua/ru/archives/1295#more-1295>
3. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 100 с.
4. Маляренко В.А., Редько А.Ф., Чайка Ю.И., Поволочко В.Б. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений / Под общ. ред. В.А.Маляренко. – Харьков: Рубикон, 2001. – 280 с.
5. www.sbt.siemens.ru, www.siemens.com/energy-efficiency
6. Тепловые насосы. Технологии и системы использования низкотемпературных и возобновляемых источников теплоты // Новости теплоснабжения. – 2001. – №11. – С.24-32.
7. Гершкович В.Ф. Исследование работы теплового насоса, использующего теплоту грунта и канализационных стоков, в системе горячего водоснабжения // Информационный бюллетень "Энергосовет", – Вып. 3(8), – 2010.
8. Хмельнюк М.Г., Ясинский С.П. Анализ возможности внедрения современных теплонасосных установок в Украине. www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Otkhv/2010_24/17.pdf
9. Маляренко В.А. Энергозбереження як діючий важіль реформування житлово-комунального господарства. – К.:Техніка, 2003. – 280 с.
10. Закон України "Про енергозбереження". Верховна Рада України, №74/94-ВР від 01.07.94.
11. Ковалко М.П., Денисюк С. П. Энергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України. – К.: Українські енциклопедичні знання, 1998. – 511с.
12. ДБН В.2.6-31: 2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.
13. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети. Москва, 1988 г.

А. В. Шушляков, Ю. В. Бережко

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ З ПРИМІЩЕННЯМИ РІЗНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розглядаються перспективні інженерні та технологічні енергоефективні заходи, спрямовані на зниження теплових втрат в будівлях, у тому числі, з використанням тепла землі, повітря і сонячної радіації. Проведено огляд методів утилізації теплоти в системах опалення, вентиляції, освітлення. Проводиться оцінка рівня енергозбереження за рахунок проведення модернізації будівель. Наведено наукові основи проектування енергоефективних будівель. Розглянуто можливі способи отримання енергії від низькопотенційного джерела теплоти для кліматичних умов України.

A.V Shushlyakov, Yu.V. Berezhko,

INCREASING OF ENERGY EFFICIENCY OF THE BUILDING WITH APARTMENTS OF DIFFERENT FUNCTIONAL PURPOSE

Advanced engineering and technological energy-efficient measures (including using the heat of the earth, air and solar radiation) for heat loss reduce in buildings are considered. The review of methods of heat recovery for heating, ventilation and lighting are reviewed. The level of energy efficiency through the modernization of buildings is conducted. The scientific bases for designing energy efficient buildings are shown. The possible ways of obtaining energy from low-grade heat source for the climatic conditions of Ukraine are distinguished.