

УДК 621.577

Сетюков В.Б.

## ЗДАНИЯ С НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ ИЗВНЕ, КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ В ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

**Введение.** В последние годы проблема энергосбережения и, неразрывно связанная с ней, – проблема защиты окружающей среды, стали практически глобальными, а необходимость в их решении – столь острой и многократно обсуждаемой в научной литературе, что нет необходимости в каких либо дополнительных комментариях в чести актуальности обсуждаемых задач.

Следует лишь заметить, что, как показывает статистика, наиболее медленно эти задачи решаются в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве. Вместе с тем, строительная отрасль потребляет более 10 % энергоресурсов Украины, являясь одной из наиболее энергоемкой. При этом, жилищно-коммунальное хозяйство потребляет до 40 % тепловой и около 20 % электрической энергии [1, 2].

Существенным сдвигом в концептуальной оценке значимости проблемы явилось и то, что энергоэффективность зданий рассматривается не только в аспекте экономии электро- и тепловой энергии, снижения эксплуатационных расходов, но и в отношении улучшения здоровья человека, его комфорта, благополучия и продуктивности труда. Подтверждение этому – целый ряд законодательных актов, принятых в Украине [3–6].

2012 год Генеральная Ассамблея ООН провозгласила годом устойчивой энергетики. Эта инициатива предусматривает решение к 2030 году трех взаимосвязанных задач:

- обеспечение всеобщего доступа к современным энергетическим услугам;
- снижение мирового энергопотребления на 40 %;
- увеличение доли возобновляемых источников энергии в мире до 30 %.

Очевидно, что одним из решающих факторов снижения интенсивности энергопотребления является энергосбережение в строительстве. И в этой части – строительство зданий с т.н. нулевым энергопотреблением, в которых функционируют блоки, автономно использующие возобновляемые источники энергии. Анализ показал, что общая концепция этих зданий вбирает в себя, пожалуй, весь диапазон аспектов – от математического моделирования теплофизических процессов, происходящих в общей схеме комплексного автономного энергообеспечения, – до социально-психологических и правовых аспектов.

**Основная часть.** Идея строительства домов с низким и даже нулевым потреблением энергии – не нова: в Европе счет таких домов идет уже на тысячи. Первый дом появился в Швеции два десятилетия тому назад, затем в Германии [7].

Чуть позже появилась немецкая концепция "энергопассивного дома" и "дома нулевого энергопотребления", разработанная Фейстом и Фрайбургом. Основу концепции формируют следующие положения:

- суммарный коэффициент сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (для условий Центральной Европы, градусо-сутки отопительного сезона – 2500) не менее 10;

– использование пассивной солнечной архитектуры (окна – на юг, но с защитой от летнего перегрева);

– рекуперация теплоты при вентиляции с КПД около 0,7, т.е. 70% теплоты, уходящей через систему вентиляции воздуха, передается холодному входящему воздуху;

– канал в грунте ниже линии промерзания, для естественного подогрева входящего воздуха грунтом зимой и охлаждения летом;

В соответствии с указанной концепцией классификация домов по энергозатратам имеет вид: [15]

– до 90 кВт·ч/м<sup>2</sup> – дом энергоэффективный;

– 45 кВт·ч/м<sup>2</sup> – энергопассивный дом;

– 15 кВт·ч/м<sup>2</sup> – дом нулевого энергопотребления (нет расхода теплоты на отопление, горячее водоснабжение и приготовление пищи);

– менее 0 – "Энержи плюс" – дом, производящий энергию в количестве, превышающем собственные нужды, с возможностью передачи избытка энергии (к примеру, электрической) в центральную сеть. Таких домов пока не существует.

Для сравнения следует отметить, что в соответствии с данными работы [8], по тем же немецким стандартам, в зданиях старой постройки, эксплуатируемых сегодня, удельный расход энергии на отопление составляет от 300 до 400 кВт·ч/м<sup>2</sup>. В зданиях, соответствующих требованиям законодательства Германии по теплозащите 1984 г, действующих и сегодня, расход энергии составляет от 150 до 200 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

Современная концепция строительства домов требует не только применения энергосберегающих технологий. Она подразумевает также сведение к минимуму загрязнений окружающей среды различными отходами, вредными веществами, энергетическими излучениями и полями. В идеальном случае энергопассивный дом должен находиться в состоянии термодинамического равновесия с окружающей средой, что соответствует такому развитию цивилизации, при котором, с одной стороны, практически не используются невозобновляемые источники энергии и материалы, а с другой – не наносится вред природе и здоровью человека.

С этой точки зрения следует обратить внимание на то, что строительство энергопассивных домов должно (помимо комплекса других задач) решить проблему, которая в течении многих лет применительно к существующим традиционно построенным зданиям, практически не рассматривалась.

Речь идет об острой экологической проблеме качества воздуха внутри помещения. При комфортном уровне температуры, относительной влажности (а в ряде случаев и заданной подвижности) воздуха, его качество может оказаться ответственным за целый ряд негативных последствий для человека, обусловленных, в первую очередь, использованием ненатуральных материалов.

С 1 июля 2008 г. Европарламентом введено новое законодательство в области обращения химических веществ (в том числе, используемых в строительстве) [8]. Всем участникам рынка товаров дается один год на выяснение опасности того, что они производят и продают. При обнаружении опасности дается 5 лет на закрытие или перефилирование производства.

Введение этого законодательства инициировали результаты исследования здоровья молодых людей, проживающих (работающих) в помещениях с искусственным климатом. Установлено, что в настоящее время в этой воздушной среде индицируется около 4000 вредных для здоровья людей веществ, в то время, как нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) в Европе и США разработаны всего лишь

для 2000, при возможности оперативного измерения концентрации лишь для 60 веществ. В СНГ разработаны ПДК для 600 вредных [8] и только 10 из них медики могут измерить оперативно. Основные источники опасности – пластик, дерево-стружечные панели, поливинилхлорид, синтетические смолы, композиты и т.п.

Поэтому, одна из концепций дома нулевого энергопотребления базируется на использовании материалов натурального происхождения.

Один из показательных примеров – экспериментальный эко-дом в Белоруссии, изготовленный из дерева. Он оборудован ветродвигателем (300 Вт), солнечным водогрейным коллектором (4 м<sup>2</sup>), системой аккумулирования электроэнергии на щелочном аккумуляторе и резервным генератором (1500 Вт). Общая стоимость дома – 10 000 долларов США, площадь – 72 м<sup>2</sup>, строительство (от нулевого цикла) было завершено за 5 месяцев. Дом полностью отсоединен от центральных сетей и потребляет менее 20 кВт·ч в год на один м<sup>2</sup> площади. Дом является полностью "нулевым" по выбросам CO<sub>2</sub>. Дров в таком доме на подготовку горячей воды и отопление тратится в 5–6 раз меньше, чем в обычном.

Сдерживающим фактором (помимо прочих), пока является сложившееся мнение, о дороговизне строительства таких домов. Однако расчеты [9] показывают, что стоимость постройки 1 м<sup>2</sup> энергоэффективного дома всего лишь на 8–10 % выше средних показателей для обычного здания.

Для интенсификации продвижения домов с нулевым энергопотреблением в ряде стран создаются специальные организационные и финансовые структуры.

Так, "Корпорация ипотеки и жилищного строительства Канады" [10], на конкурсной основе финансирует проект "Конкуренция в устойчивом строительстве жилья", объединив усилия государства и частных лиц.

Победителем из 72 проектов стал в дальнейшем реализованный "Eco Terra" в городе Истман, Квебек, дом, расходы на содержание которого, составили сумму на 60 % ниже аналогичного стандартного дома [11].

Дома с "нулевым потреблением" не используют ископаемое топливо и получают энергию из возобновляемых источников [12].

Традиционными дома могут быть с большим солнечным коллектором и солнечной батареей [13]. Большинство этих домов строятся на следующих основных принципах: уменьшение требуемой энергии, использование излишков энергии, уменьшение необходимости в искусственном охлаждении, обеспечение высокоэффективными системами управления микроклиматом и иными системами, в том числе освещения, обеспечение возобновляемыми источниками энергии солнца, ветра, грунта, сточных вод и др. [13].

К примеру, в Дании, дом с нулевым энергопотреблением может подключиться к одной и более энергетическим инфраструктурам: электросеть, районная система охлаждения и обогрева, газораспределительная сеть биотоплива и биомассы [14].

Эти примеры можно и продолжить, однако, более существенным является то, что в оптимизированном варианте схемного решения дома с нулевым энергопотреблением (ДНЭП), все отдельные блоки общей схемы должны соответствовать высоким стандартам качества. Образцом реализации такого условия является "Международный стандарт энергоэффективности потребительских товаров" Energy Star (Канада) [11].

Изложенные аспекты создания ДНЭП позволяют сделать некий промежуточный вывод, который состоит в следующем. Реальная перспектива устойчивого развития концепции ДНЭП и строительство таких домов требует использования современных принципов интегрированных технологий и энергосбережения, вбирающих в себя прак-

тически все достижения в области архитектуры и строительства, вентиляции и кондиционирования воздуха, холодильной и теплонасосной техники, теплоэнергетики, электротехники, электроники, автоматики и эргономики – в их системном, когенерационном взаимодействии. При этом очевидно, что такая сложная система должна быть снабжена средствами автоматического управления, которая независимо от изменения параметров наружного климата и условий внутри помещения обеспечивает комфортные условия при минимальных эксплуатационных и капитальных затратах.

В этой ситуации очевидно, что в теоретическом плане решение задачи возможно лишь путем привлечения методологии многопараметрической оптимизации на основе современных термoeкономических методов анализа процессов производства, трансформации и распределения энергии *различной физической природы*.

Предварительный анализ общих схемных решений ДНЭП показал, что наиболее адаптируемой теоретической основой для решения оптимизационных задач при создании указанного автономного объекта, является научно–методическая база для термoeкономического анализа диссипативных процессов в элементах теплотехнических схем, в их интегральном взаимодействии. В частности для ДНЭП, это обеспечение комфортных условий обитания при минимальных капитальных и эксплуатационных расходах.

Развитию методов анализа структуры энергопреобразующих систем посвящены работы ведущих специалистов в области прикладной термодинамики, таких как Дж. Тсатсаронис [16], А. Велеро [17], Ранее, основы метода были представлены в работах В.М. Бродянского [18], М.В. Сорина [19]. Наиболее близкой к решению задачи оптимизации ДНЭП является методология, предложенная Д.Х. Харлампици в его работах [20, 21].

В связи с достаточно широким спектром оборудования ДНЭП (включая и саму его строительную часть, как неотъемлемого элемента общей схемы взаимодействующего с окружающей средой), а также большим числом возможных структурных соединений элементов, одной из основных является задача поиска рациональной структуры технологической схемы ДНЭП.

Для решения этой задачи автор [20] предложил использовать критерий Е.И. Таубмана [20]

$$D_{cx} = D_i \cdot (2m + p), \quad (1)$$

где  $D_i$  – сложность элементов схемы;  $m$  – суммарное число технологических связей между элементами системы;  $p$  – суммарное число энергетических взаимодействий системы с окружающей средой.

Несмотря на то, что далее излагаемая методология была предложена в [20] применительно к диагностике и оптимизации пароконпрессорных циклов холодильных и теплонасосных установок, нам представляется возможным использовать ее и применительно к ДНЭП.

Для детальной оценки уровня сложности схемы ДНЭП можно использовать предложенный в [20] модифицированный критерий, имеющий вид

$$D'_{cx} = \sum D_i \cdot n_i \cdot m_i + j + g + b, \quad (2)$$

где  $n_i$  – число одинаковых и вспомогательных элементов, непосредственно влияющих на энергетический баланс ДНЭП;  $D_i$  – сложность элементов;  $m_i$  – число технологических связей между элементами;  $j$  – число вспомогательных элементов, влияющих на энергобаланс ДНЭП;  $g$  – количество разнотипных элементов одинакового технологического назначения;  $b$  – число потенциальных связей между элементами.

К числу основных элементов схемы отнесем, к примеру, солнечные коллекторы, фотоэлементы, грунтовые тоннели для охлаждения или нагрева воздуха, ветродвигатель, аккумулирующие блоки, а также элементы внутренней схемы ДНЭП, относящиеся к отоплению, горячему водоснабжению, вентиляции и системы канализирования отходов, несущих сбрасываемую или утилизируемую энергию.

При использовании в ДНЭП теплонасосной техники, аспекты применения которой достаточно детально рассмотрены в работах А.Е. Денисовой, оптимизированный вариант ТН может быть определен путем непосредственного использования методики [22]. При этом оптимальный выбор хладагента при заданных условиях работы ТН производится с помощью критерия Клаузиуса [21]

$$K_{Lx} = \frac{r_k}{C'_p \cdot (T_k - T_o)}, \quad (3)$$

где  $r_k$  – теплота фазового перехода при конденсации хладагента;  $C'_p$  – теплоемкость хладагента при температуре его конденсации  $T_k$ ;  $T_o$  – температура испарения хладагента.

Для анализа влияния межэлементных связей в технологической схеме ДНЭП на его энергетическую эффективность используются структурные коэффициенты вида

$$\Pi_{ik} = \left( \frac{\partial E_D^S}{\partial x_{ik}} \right) / \left( \frac{\partial E_{Dk}}{\partial x_{ik}} \right), \quad (4)$$

где  $E_{Dk}$  – эксергетические потери в элементе;  $E_D^S$  – эксергетические потери в системе;  $x_{ik}$  – параметр, влияющий на величину эксергетических потерь.

Влияние эксергетических потерь в одном элементе на потери эксергии в другом, смежном элементе, оценивается с помощью предложенного в [21] коэффициента влияния

$$\omega_{ik} = \left( \frac{\partial E_{D(k+1)}}{\partial E_{DK}} \right)_{x_a = \text{var}}, \quad (5)$$

где  $E_{D(k+1)}$  – эксергетические потери в смежном элементе схемы.

Влияние локальной потери эксергии  $E_{DK}$  на величину подведенной к системе эксергии  $E_{bx}$  оценивается структурным коэффициентом  $\phi_{ik}$

$$\varphi_{ik} = \left( \frac{\partial E_{bx}}{\partial E_{Dk}} \right)_{x_a = \text{var}} . \quad (6)$$

В рамках системного підходу к оцінці ефективності ДНЭП методика представляє собою сукупність блоків розрахунку ексергетических втрат і техніко-економічних характеристик системи. Блоки пов'язані між собою входними і вихідними термодинамічними і расходними характеристиками. Блок включає в себе рівняння, описуючі термодинамічні, гідравлічні і електричні процеси, а також рівняння для розрахунку теплообмінних елементів схеми ДНЭП. Далі сформована система рівнянь з відповідними початковими і граничними умовами, оговореними обмеженнями при реалізації заданої функції цілі (к прикладу мінімуму приведених витрат) дозволяє знайти оптимальне схемне рішення ДНЭП.

При цьому ексергетическі втрати, відповідні мінімуму приведених витрат  $S$  визначаються з рівняння

$$\frac{\partial S}{\partial x_{ik}} = \pi_{ik} \cdot C_{\vartheta} \cdot \tau \left( \frac{\partial E_{Dk}}{\partial x_{ik}} \right) + a_{\partial} \cdot E_k = \left( \frac{\partial Z_k}{\partial x_{ik}} \right) = 0 , \quad (7)$$

де величина  $\partial E_{Dk} / \partial x_{ik}$  встановлює вплив варіюваного параметра в процесі на втрати від необоротності в елементі системи, а величина  $\partial Z_k / \partial x_{ik}$  враховує вплив зміни параметра  $x_{ik}$  на вартість елемента. Рівняння (7) дозволяє виконати термоекономічну оптимізацію як кожного елемента схеми, так і оптимізацію схеми в цілому.

### **Висновки**

1. Аналіз вітчизняної і зарубіжної інформації показав, що створення домов з нульовим енергопотреблением є однією з найбільш перспективних складових в розв'язанні загальної енергоекологічної проблеми розвитку житлово-комунального комплексу України.

2. В роботі представлено узагальнений на випадок ДНЭП алгоритм розв'язання оптимізаційної задачі, базуючийся на сучасних принципах енергоекономічного аналізу об'єктів складної технологічної структури.

### **Література**

1. Малярєнко В.А. Енергоефективність та енергоаудит. Довідниковий посібник / В.А. Малярєнко, І.А. Неміровський / Харків, «САГА» . – 2009. – 336 с.
2. Про основні показники роботи паливно-енергетичного комплексу України у 2013 р. – Енергосбереження, Енергетика, Енергоаудит. – загально – державний науково – виробничий і інформаційний журнал. – 2004, №11(117) – С. 76–82.
3. Шидловський А.К. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / А.К. Шидловського, Б.С. Стогній // Українські енциклопедичні знання. – Київ, 2004. – 468 с.

4. Долинський А.А. Энергозбереження та екологічні проблеми енергетики/ А.А. Долинський// Вісник НАН України. – 2006. - №10. – С. 24–31.
5. Майгер Н. Политика формирования энергобаланса Украины / Н. Майгер // Энергетическая политика Украины. – 2009. – №2. – 26–32.
6. Гелетуха Г.Г. Анализ основных положений «Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года» / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28, №5. – С. 82–92.
7. Широков Е.И. Экодом нулевого энергопотребления: реальный шаг к устойчивому развитию /Е.И. Широков/ Архитектура и строительство России. – №2 2009. – С. 35–39.
8. К. Гертис Здания XXI века – здания с нулевым потреблением энергии/ К. Гертис / электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», – 2012. №4.
9. Экодом нулевого энергопотребления. Архитектура и строительство России, Москва//Открытая электронная библиотека по инженерным дисциплинам.
10. Конкуренция в строительстве Equilibrium // Корпорация ипотеки и жилищного строительства Канады (англ.).
11. Net Zero Energy Homes of the Future: A Case Study of the EcoTerra™ House in Canada//Natural resources of Canada (government site) (англ.).
12. Green Homes. Towards energy-efficient housing in the United Nations Economic Commission for Europe region. 2009// United Nations Economic commission for Europe (англ.).
13. Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. oecd/ IEA, March 2008// International Energy Agency (англ.).
14. Working Definition of a Net Zero Energy Building (NetZEB) approach// Aalborg University, Denmark (англ.).
15. Классификация зданий с нулевым энергопотреблением. 09.01.2012 г.// Энергетический портал Белоруссии.
16. Тсатсаронис Дж. Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации стоимости энергопреобразующей системы. Дж. Тсатсаронис. – Одесса: Негоциант. – 2002. – 152 с.
17. On the Thermoeconomic Approach to the Diagnosis of Energy System Malfunctions. Part 2. Malfunction Definitions and Assessment/A. Valero, L. Correas, A. Zaleta, A. Lazzaretto, V. Verda, M. Reini, V. Rangel / Energy Int. J. – 2004. – №29. – P. 1889–1907.
18. Бродянский В.М. Эксергетический метод и его приложения/ В.М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
19. Сорин М.В. Зависимость КПД систем преобразования энергии и вещества от КПД составляющих ее элементов/ М. В. Сорин, В.М. Бродянский/ Изв. вузов СССР. Энергетика. – 1990. – №4. – С. 75–83.
20. Харлампици Д.Х. Применение системного подхода при выборе технологической схемы теплонасосной установки/ Интегровані технології та енергозбереження. – 2008. – №1. – с. 16–24.
21. Харлампици Д.Х. Влияние структурной сложности технологической схемы на термодинамическое совершенство теплонасосных установок/ Технические газы. 2009. – №3 – С. 45–53.
22. Денисова А.Е. Анализ тепловых явлений в грунте при работе теплонасосной грунтовой системы теплоснабжения/ Денисова А.Е. Холодильная техника и технология. – 2000. – №69. – С. 75–78.

Bibliography(transliterated)

1. Malyarenko V.A. Energoeffektivnost' ta energoaydit. Spravochnoe posobie. V.A. Malyarenko, I.A. Nemirovs'kiy. Kharkiv, «SAGA», – 2009, – 336 p.
2. Pro osnovni pokazniki roboti palivno-energetichnogo kompleksy Ukraini y 2013 r. – energosberegennya, energetika, energoaydit. – zagal'no-dergavniy naykovo-virobnichij i informatsijnij gyrnal. – 2004, №11(117) – P. 76–82.
3. Shidlovs'kiy A.K. Palivno-energetichnij kompleks Ukraini v konteksti global'nih energetichnih peretvoren'. A.K. Shidlos'kogo, B.S. Stognij. Ukrainjs'ki entsiklopedichni znannya. – Kijv, 2004. – 468 p.
4. Dolins'kiy A.A. Energozberegennya ta ekologichni problemi energetiki. A.A. Dolins'kiy. Visnik NAN Ukraini. – 2006. – №10. – P. 24.
5. Majjger N. Politika formirovaniya energobalansa Ukraini. N. Mayger. Energeticheskaya politika Ukraini. – 2009. – №2. – P. 26–32.
6. Geletyha G.G. Analiz osnovnih pologenij «Energeticheskoy strategii Ukraini na period do 2030 goda». G.G. Geletyha, T.A. Geleznaya. Promishlennaya teplotehnika. – 2006. – T. 28, №5. – P. 82–92.
7. Shirokov E.I. Ekodom nylevogo energopotrebleniya: real'nyi shag k ystoyichivomy razvitiju /E.I. Shirokov. Arhitektyra i stroitel'stvo Rossii. – №2.– 2009. – P. 35–39.
8. K. Gertis. Zdaniya XXI veka – zdaniya s nylevim potrebleniem energii/ K. Gertis / elektronnij zhurnal energoservisnoj kompanii «Ekologicheskie sistemi»,– 2012.– №4.
9. Ekodom nulevogo energopotrebleniya. Arhitektura i stroitelstvo Rossii, Moskva. Otkryitaya elektronnyaya biblioteka po inzhenernym distsiplinam.
10. Konkurentsya v stroitelstve Equilibrium. Korporatsiya ipoteki i zhilishchnogo stroitelstva Kanadyi (angl.).
11. Net Zero Energy Homes of the Future: A Case Study of the EcoTerra™ House in Canada. Natural resources of Canada (government site) (angl.).
12. Green Homes. Towards energy-efficient housing in the United Nations Economic Commission for Europe region. 2009. United Nations Economic commission for Europe (angl.).
13. Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. oecd. IEA, March 2008. International Energy Agency (angl.).
14. Working Definition of a Net Zero Energy Building (NetZEB) approach. Aalborg University, Denmark (angl.).
15. Klassifikatsiya zdaniy s nulevyim energopotrebleniem. 09.01.2012 g. Energeticheskij portal Belorussii.
16. Tsatsaronis Dzh. Vzaimodejstvie termodinamiki i ekonomiki dlya minimizacii stoimosti energopreobrazuyushhey sistemy. Dzh. Tsatsaronis. – Odessa: Negociant. – 2002. – P. 152;
17. On the Thermo-economic Approach to the Diagnosis of Energy System Malfunctions. Part 2. Malfunction Definitions and Assessment. A. Valero, L. Correas, A. Zaleta, A. Lazzaretto, V. Verda, M. Reini, V. Rangel. Energy Int. J. – 2004. – №29. – P. 1889–1907.
18. Brodyanskiy V.M. Eksergeticheskij metod i ego prilozheniya. V.M. Brodyanokiy, V. Fratsher, K. Mixalek. – M.: Energoatomizdat, 1988. – P. 288.
19. Sorin M.V. Zavisimost kpd sistem preobrazovaniya energii i veschestva ot kpd sostavlyayuschih ee elementov. M.V. Sorin, V. M. Brodyanskiy. Izv. vuzov SSSR. Energetika. – 1990. – №4. – P. 75–83.



20. Harlampidi D.H. Primenenie sistemnogo podhoda pri vyibore tehnologicheskoy shemyi teplonasosnoy ustanovki. Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya. – 2008. – №1. – P. 16–24.

21. Harlampidi D.H. Vliyanie strukturnoy slozhnosti tehnologicheskoy shemyi na termodinamicheskoe sovershenstvo teplonasosnyih ustanovok/ Tehnicheskie gazyi. 2009. – №3 – P. 45–53.

22. Denisova A.E. Analiz teplovyih yavleniy v grunte pri rabote teplonasosnoy gruntovoy sistemyi teplosnabzheniya. Denisova A.E. Holodilnaya tehnika i tehnologiya. – 2000. – №69. – P. 75–78.

УДК 621.571

Сетюков В.Б.

**СПОРУДИ З НУЛЬОВИМ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ ЗЗОВНІ,  
ЯК СКЛАДОВА В ПЕРСПЕКТИВІ РОЗВИТКУ ПОНОВЛЮЄМОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

Приведено аналіз інформації щодо основних аспектів створення домів з нульовим споживанням енергії, та представлено узагальнений алгоритм вирішення оптимізаційної задачі мінімізації приведених витрат при створенні вказаних споруд.

Setukov V.B.

**BUILDINGS WITH ZERO ENERGY CONSUMPTION FROM THE OUTSIDE,  
AS A PART OF THE FUTURE OF RENEWABLE POWER ENGINEERING**

The analysis of information on key aspects of creating homes with zero energy consumption and presents a generic algorithm for solving the optimization problem of minimizing reduced costs, while creating the specified buildings.