

УДК 721.011.1

Н.А. Самосюк, Е.П. ЧижБелорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ В СТРОИТЕЛЬНОМ
СЕКТОРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

В нынешнем столетии место и роль Республики Беларусь в мировой экономике в условиях, когда практически отсутствуют собственные источники углеводородного сырья и металлов, будут во многом определяться уровнем ее научно-технического развития, способностью создавать и эффективно реализовывать собственные инновационные технологии и при необходимости быстро их внедрять, производить товары с высокой добавленной стоимостью, а также степенью присутствия страны на мировом рынке высоких и новых технологий.

С каждым годом увеличиваются расходы на электричество, отопление, воду и другие ресурсы. В связи с этим проблема энергосбережения становится все более актуальной. Во всем мире ведется поиск путей уменьшения энергопотребления за счет его рационального использования. Республика Беларусь тоже не исключение. С 2011 г. в стране действует Республиканская программа энергосбережения на 2011–2015 гг., основной задачей которой являются снижение энергоемкости ВВП на 50 % к уровню 2005 г. и увеличение доли местных топливно-энергетических ресурсов в балансе котельно-печного топлива до 28 %.

Одна из проблем действующей системы цен и тарифов на энергетическую продукцию, которую предстоит решить, – перекрестное субсидирование между отдельными группами потребителей (прежде всего, населением и промышленностью) и видами энергии.

В статье рассмотрена тенденция развития жилой и коммерческой недвижимости в Республике Беларусь. Выявлены основные направления повышения энергоэффективности в отрасли. Предложен проект по использованию солнечных коллекторов в индивидуальном жилищном строительстве.

Ключевые слова: энергоресурсосбережение, жилищное строительство, энергоэффективность, солнечный коллектор, энергоэффективный дом.

N.A. Samasiuk, E.P. Chyzh

Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

**ENERGY-EFFICIENT PROJECTS IN CONSTRUCTION SECTOR
IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

In this century, the place and the role of the Republic of Belarus in the world economy in an environment of practically full absence of sources of hydrocarbons and metal will be largely determined by its technological level, the ability to create and effectively implement their own and quickly implement innovation techniques, if necessary, by the ability to make goods with the large share of the value added as well as by the level of the country's presence on the high and new technologies market.

The cost of electricity, heating, water and other resources increase every year. As a result, the problem of energy saving becomes still more actual. The ways to reduce power consumption due to its efficient use are developed in the whole world. And the Republic of Belarus is not an exception. Since 2011 the country has a Republican Energy Saving Program for 2011-2015 that aims to energy intensity decline by 50 per cent to the level of 2005 and to the increase of the share of local fuel and energy distribution in the balance of boiler and furnace fuel up to 28 percent.

Cross-subsidies between different consumer groups (first of all, between the population and industry) and energy sources is one of the problems of the current system of prices and tariffs for energy products which is to be solved.

The article describes trends in the development of residential and commercial real estate in the Republic of Belarus. The basic trends in the industry energy efficiency increase are revealed. The project on the use of solar collectors in individual housing construction is proposed.

Keywords: energy and resource saving, housebuilding, energyefficiency, solar collector, energyefficient house.

Введение. Повышение энергоэффективности будет обеспечено в первую очередь за счет внедрения новых энергосберегающих технологий во всех секторах экономики и в отдельных технологических процессах. Мероприятия по повышению энергоэффективности, проводимые в жилищно-коммунальном секторе, обладают наибольшим потенциалом.

Современные энергосберегающие технологии чаще всего основываются на использовании возобновляемых источников энергии. Это могут быть солнечные панели, ветроустановки, тепловые насосы – любые установки для сохранения и преобразования энергии, которые позволяют хранить и использовать в дальнейшем накопленную энергию. Несмотря на достаточно высокую стоимость, такие решения действительно обеспечивают сбережение энергии.

В связи с резким ростом цен на энергоносители в Республике Беларусь проблема энергоэффективного строительства на данный момент является актуальной. Сейчас плата за коммунальные услуги в нашей стране невелика и составляет менее 30 % от реальной стоимости, но так как она постоянно повышается, то в 2016 г. население будет оплачивать энергоресурсы по их себестоимости.

Поэтому строительство энергоэффективных домов могло бы стать решением проблемы снижения стоимости электроэнергии.

Энергетика и жилищный сектор Республики Беларусь. Во всем мире здания являются самыми активными потребителями энергии. На долю строительной отрасли приходится более 40 % потребления первичной энергии. В международном масштабе потребление подведенной энергии в этом секторе за период с 1971 по 2010 г. увеличилось вдвое, в первую очередь в связи с увеличением численности населения и экономическим ростом. Количество зданий и дальше будет

увеличиваться, что еще больше повысит спрос на энергию во всем мире. Согласно прогнозам специалистов, к 2035 г. общая потребность зданий в энергии вырастет еще на 30 %.

Одной из важнейших задач развития народно-хозяйственного комплекса Республики Беларусь является сокращение энергоемкости валового внутреннего продукта (ВВП). Жилищный сектор является одним из главных потребителей тепловой энергии. По данным МЭА в 2012 г. жилищный сектор Беларуси потребил 44 % тепловой энергии (рис. 1).



Рис. 1. Потребление тепловой энергии жилищным сектором

Структура энергопотребления в жилищном секторе по данным ОЭСР свидетельствует о том, что 52 % энергопотребления приходится на отопление помещений, 18 % – на приборы и оборудование, 16 % – на подогрев воды.

Жилой сектор является самым большим потребителем конечной энергии с долей более 32 %. Жилищный сектор потребляет более 16 % электроэнергии и около 33 % тепловой энергии. В структуре потребления по видам энергоресурсов в этом секторе превалирует тепловая энергия, что объясняется высокой степенью централизованного теплоснабжения в стране.

Увеличение конечного энергопотребления этим сектором связано с ростом объемов жилищного строительства в условиях стимулирующей государственной политики; при этом разворачивается реализация работ по тепловой модернизации существующего жилого фонда и нового энергоэффективного строительства.

Доля природного газа и нефтепродуктов соответственно составляет 23 и 20 % (рис. 2).



Рис. 2. Энергопотребление в секторе жилья по видам энергоресурсов*

Следует обратить внимание на значительный рост доли биотоплива – 8 %, которая уже почти совпадает с долей электрической энергии – 9 %. Эта тенденция определена государственной энергетической политикой, направленной на максимальное использование местных и возобновляемых видов топлива.

Беларусь приступила к строительству энергоэффективных зданий по всей территории. Переход на энергоэффективное жилищное строительство позволит ежегодно получать экономию ТЭР в размере 18,48 т у.т. при эксплуатации 1 тыс. м² введенных площадей. И если в 2009 г. было построено всего 28 тыс. м² энергоэффективного жилья, то уже в 2013 г. возведено 1 265 тыс. м². Концепция развития строительного комплекса Беларуси на 2011–2020 гг. предусматривает доведение общей площади энергоэффективного жилья к 2015 г. до 6 млн м² в год (около 60 % от общей площади вводимых домов) и к 2020 г. – возведение абсолютно всего жилья по стране в энергоэффективном режиме.

В то же время выполнение намеченных планов идет низкими темпами (рис. 3).

Это зависит от ряда причин и сдерживающих факторов:

1. Слабые стимулы для бизнеса (застройщики, строители, ЖКХ) и инвесторов (арендаторы, жильцы): перекрестное субсидирование; тарифная политика (на 1 марта 2015 г. доля покрытия затрат: электроэнергии – 55 %; тепловой энергии – 21 %); не очевидны экономические показатели (ВНР, ЧДД) при малом числе примеров для анализа;

2. Недостатки нормативной базы: нехватка ТНПА и методического обеспечения; нет системы сертификации (есть паспорта, обязательные в ПСД);

*Источник: МЭА Энергетическая статистика 2012 [Электронная версия].

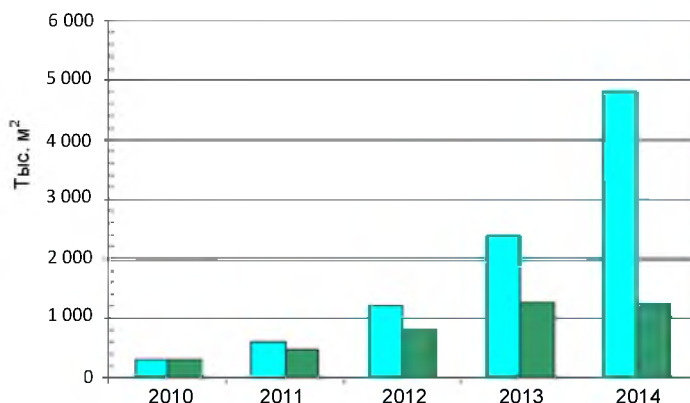


Рис. 3. Результаты и задачи строительства энергоэффективных жилых домов: ■ – план по энергоэффективному жилью; ■ – введено в эксплуатацию энергоэффективного жилья

3. Нехватка опыта и знаний: проектные организации не обладают достаточным опытом и знаниями для проектирования энергоэффективных зданий; строители не имеют навыков строительства энергоэффективных зданий;

4. Недостаточно развитая инфраструктура: отсутствует полноценная система мониторинга энергоэффективного исполнения жилых зданий, энергоаудит зданий в целом с целью контроля исполнения показателей по энергоэффективности отсутствует; существует ограниченное число отечественных производителей большинства необходимых компонентов оборудования; недостаток услуг по обслуживанию и нехватка обученного обслуживающего персонала; недостаточная работа с жителями и отсутствие практики их обучения.

Тепловая модернизация жилых домов признана важнейшим направлением энергосбережения в Беларуси и осуществляется с 2000-х гг. Правительством принимаются меры по организации и финансированию работ по тепловой модернизации жилых домов. Ежегодно в республике выполняются мероприятия по тепловой модернизации жилых домов общей площадью 450 тыс. м², в том числе в рамках реализации областных программ энергосбережения.

Кроме того, эти и другие энергоэффективные мероприятия осуществляются при проведении капитального ремонта жилищного фонда общей площадью около 500 тыс. м². Осуществляется постепенный переход к комплексному проведению работ по тепловой модернизации и капитальному ремонту жилых домов в масштабе кварталов, микрорайонов, и создание, таким образом, зон энергоэффективной эксплуатации жилья.

Основные энергосберегающие мероприятия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные энергосберегающие мероприятия в системе ЖКХ

Наименование мероприятия	Единица измерения	Количество	
		2006–2010	2011–2015
Преобразование котельных в мини-ТЭЦ	МВт	43	30,5
Замена тепловых сетей	км	3544	3576
Замена неэкономичных котлов	шт	428	500
Замена морально устаревших теплообменников	шт	1002	1500
Замена насосного оборудования и внедрение частотно-регулируемых приводов	шт	6026	7500
Тепловая модернизация ограждающих конструкций зданий	тыс. м ²	2123	2500
В 2011–2015 гг. – ввод 92 крупных энергоисточников, работающих на местных видах топлива общей мощностью 532,8 МВт			

За 2015 г. организации ЖКХ должны решить следующие задачи: сократить потери тепловой энергии при транспортировке до уровня 12–13 %; снизить удельный расход электроэнергии на подъем, подачу и очистку воды не менее чем на 15 %; довести долю местных видов топлива в общем потреблении до уровня 54,5 %; увеличить комбинированную выработку тепловой и электрической энергии на мини-ТЭЦ на 66 %; завершить оснащение мест общего пользования в жилых домах устройствами и системами автоматического управления освещения; вывести из эксплуатации все неэффективные осветительные устройства.

При разработке системы автономного теплоснабжения с применением конденсационных газовых котлов для получения максимальной экономии газа рекомендуется использовать низкотемпературную систему отопления с параметрами теплоносителя 50/30 °С. Конденсационные котлы позволяют эффективно использовать топливо даже при работе в неконденсационном режиме, в отличие от традиционных котлов, КПД которых находится на высоком уровне только при оптимальной тепловой нагрузке. Добавление к конденсационному котлу еще и солнечного коллектора обеспечит экономию топлива на горячее водоснабжение.

Расчет эффективности внедрения котла с солнечным коллектором. При расчете экономической эффективности производится сравнение двух вариантов. Для этого определяются критерии, по которым будет выполняться сравнение.

Годовой отпуск теплоты от водогрейных котлов:

- для котельной с водогрейными котельными агрегатами

$$Q_{\text{ОПТ}}^{\text{ГОД}} = Q_{\text{О}}^{\text{ГОД}} + Q_{\text{В}}^{\text{ГОД}} + Q_{\text{Г.В}}^{\text{ГОД}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{О}}^{\text{ГОД}} + Q_{\text{В}}^{\text{ГОД}} + Q_{\text{Г.В}}^{\text{ГОД}}$ – годовой отпуск теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение (определяется в соответствии со СНиП II-36-73. Тепловые сети).

Годовой отпуск теплоты на отопление, ГДж/год:

$$Q_{\text{ОПТ}}^{\text{ГОД}} = 24 \cdot 0,0036 \cdot Q_0^{\text{ср}} \cdot \tau_0, \quad (2)$$

где $Q_0^{\text{ср}}$ – средний расход теплоты за отопительный период на нужды отопления, кВт, определяется по формуле

$$Q_0^{\text{ср}} = Q_0^{\text{р}} \frac{(t_{\text{вн}}^{\text{р}} - t_0^{\text{ср}})}{(t_{\text{вн}}^{\text{р}} - t_{\text{р.о}})}, \quad (3)$$

где $Q_0^{\text{р}}$ – максимальный часовой расход теплоты на отопление (задан), кВт; $t_0^{\text{ср}}$ – средняя температура воздуха за отопительный период, $t_{\text{р.о}}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, принимается по климатологическим таблицам; $t_{\text{вн}}^{\text{р}}$ – расчетная температура воздуха внутри зданий; τ_0 – продолжительность отопительного периода, сут., принимается по климатологическим таблицам.

Годовой отпуск теплоты на вентиляцию, ГДж/год:

$$Q_{\text{В}}^{\text{ГОД}} = 24 \cdot 0,0036 \cdot z \cdot Q_{\text{В}}^{\text{ср}} \cdot \tau_0, \quad (4)$$

где $Q_{\text{В}}^{\text{ср}}$ – средний расход теплоты на вентиляцию, кВт, определяется по формуле

$$Q_{\text{В}}^{\text{ср}} = Q_{\text{В}}^{\text{р}} \frac{t_{\text{вн}}^{\text{р}} - t_0^{\text{ср}}}{t_{\text{вн}}^{\text{р}} - t_{\text{р.в}}}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{В}}^{\text{ср}}$ – максимальный часовой расход теплоты на вентиляцию, кВт; $t_{\text{р.в}}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции, принимается по климатологическим таблицам; z – усредненное за отопительный период число часов работы системы вентиляции в течение суток (при отсутствии данных принимается равным 16 ч).

Годовой отпуск теплоты на горячее водоснабжение:

$$Q_B^{ГОД} = 24 \cdot 0,0036 \cdot Q_{г.в}^{ср} \cdot \tau_0 + 24 \cdot 0,0036 \cdot Q_{г.в.л}^{ср} (350 - \tau_0), \quad (6)$$

где $Q_{г.в}^{ср}$ и $Q_{г.в.л}^{ср}$ – средний расход теплоты на горячее водоснабжение за отопительный период и в летний период соответственно, кВт.

Таблица 2

Расчет годового потребления тепловой энергии

Расход теплоты	Q , кВт	Годовой отпуск теплоты	$Q_{отп}^{год}$, ГДж/год
Максимальный часовой расход теплоты на отопление	20	Годовой отпуск теплоты на отопление	162,5
Максимальный часовой расход теплоты на вентиляцию	0,00	Годовой отпуск теплоты на вентиляцию	0,00
Средний расход теплоты на горячее водоснабжение за отопительный период	4,60	Годовой отпуск теплоты на горячее водоснабжение	127,3
Средний расход теплоты на горячее водоснабжение в летний период	3,70		
Итого:			289,8

При выборе газового котла для автономного отопления, как правило, интересуются, прежде всего, вопросом экономии денежных средств на работу системы. Поэтому предпочтения отдаются котлу, который работает эффективно, обеспечивая необходимую тепловую мощность, и потребляет меньше топлива. Чтобы расход газа был минимальным, котел должен иметь высокий коэффициент полезного действия (КПД). Сократить расходы на работу системы автономного теплоснабжения возможно за счет применения современных конденсационных котлов, которые имеют наивысший среди газовых котлов КПД, а также высочайшие экологические показатели безопасности по уровню выбросов вредных веществ в атмосферу. Такие эффективные режимы работы конденсационного котла обеспечиваются особенностями его конструкции и возможностью получения максимального количества теплоты от газообразного топлива, используя теплоту конденсации водяных паров, образующихся при горении. Их принцип работы основан на использовании так называемой «высшей теплоты сгорания топлива».

Эффективность использования топлива конденсационными котлами будет выше при работе в конденсационном режиме. Этот режим возможен в случае нагрева теплоносителя до температуры не выше 55 °С. Если же температура нагреваемого теплоносителя будет выше, то водяной пар не будет конденсироваться из продуктов сгорания и эффективность работы конденсационного котла снизится.

Таким образом, конденсационные котлы эффективны в полной мере при низкотемпературной системе отопления. Может показаться, что применение конденсационных котлов в традиционной системе отопления с температурами теплоносителя 95/70 °С является неэффективным, однако это не так. Температура теплоносителя в системе отопления регулируется по температурному графику в зависимости от температуры наружного воздуха и в случае установки термодатчика производится автоматически. В климатических условиях нашей страны имеются достаточно длинные переходные отопительные периоды (осень–весна), когда среднесуточная температура наружного воздуха составляет 0 °С и выше. В эти периоды работа конденсационного котла будет максимально эффективной даже при традиционной системе отопления.

Тем не менее, при разработке системы автономного теплоснабжения с применением конденсационных газовых котлов для получения максимальной экономии газа рекомендуется использовать низкотемпературную систему отопления с параметрами теплоносителя 50/30 °С. Однако следует отметить, что эффективность работы конденсационного и традиционного котлов в значительной степени зависит от процессов горения топлива, которые обеспечиваются горелочными устройствами. Процессы горения топлива протекают наиболее эффективно при оптимальном коэффициенте избытка воздуха, подаваемого на горение, к теоретически необходимому. При сжигании газообразного топлива оптимальный коэффициент избытка воздуха находится в пределах 1,05–1,1. Превышение оптимального значения α приводит к снижению эффективности работы котла ввиду увеличения тепловых потерь с уходящими дымовыми газами. При значении α меньше оптимального будет наблюдаться снижение КПД котла из-за химического недожога топлива. В современных конденсационных котлах используются высокоэффективные моделирующие газовые инфракрасные горелки, которые обеспечивают оптимальное значение коэффициента избытка воздуха в широком

диапазоне нагрузки котла. Таким образом, конденсационные котлы позволяют эффективно использовать топливо даже при работе в неконденсационном режиме в отличие от традиционных котлов, КПД которых находится на высоком уровне только при оптимальной тепловой нагрузке, а при добавлении к конденсационному котлу еще и солнечного коллектора обеспечат экономию топлива на горячее водоснабжение.

Основные преимущества конденсационных котлов:

- экономия газа до 20 % за сезон за счет высокой эффективности;
- глубокая модуляция (значительная экономия газа на частичных нагрузках);
- возможность каскадной установки;
- низкий уровень шума и пониженная вибрация (по сравнению с дутьевыми традиционными котлами);

Сравнение конденсационного котла с солнечным коллектором MCA45 и котла DTG X42N. Для наглядного примера эффективности использования конденсационного котла с солнечным коллектором сравним два вида котлов, а именно конденсационный котел MCA45 и котел DTG X42N. Приведем денежные затраты для приобретения котлов и всего необходимого для их эффективной работы в табл. 3.

Таблица 3

Затраты на приобретение конденсационного котла MCA45 и котла DTG X42N

Виды котлов	Затраты, €
MCA45:	3000
– бойлер BSL 300N	940
– солнечная панель Inisol Neo×3	500×3
– дополнительное оборудование для обвязки солнечных панелей	1400
Итого:	6840
DTG X42N:	1500
– бойлер BLC-300	940
– автоматика AD230	490
Итого:	2930

Далее оценим, как выбранный коллектор будет покрывать в течение года потребность по горячей воде. По нижеприведенной диаграмме видно, что выбранный коллектор почти полностью покрывает потребность

по горячей воде в летний период, когда отопление не работает. Это очень важно, так как отопительная установка не будет включаться летом для приготовления горячей воды. Летом установка стоит холодная, поэтому при получении запроса на нагрев горячей воды ей приходится тратить много лишнего тепла на свой разогрев и на разогрев теплоносителя в системе отопления. В период отопительного сезона недостающее тепло будет компенсироваться отопительной установкой. Поскольку в это время она находится в горячем состоянии, то при включении загрузки бака ГВС она потребляет только необходимое тепло. Также летом появляется «лишнее тепло», т.е. тепло, которое готовит лишнюю горячую воду. В зависимости от автоматики это тепло либо выбрасывается обратно в окружающую среду (плоские коллекторы), либо сбрасывается в систему отопления (плоские и вакуумные коллекторы).

Существуют два основных типа солнечных коллекторов: плоские и вакуумные. Используемый тип зависит от приоритетов конкретной установки (рис. 4).

Солнечное тепло...

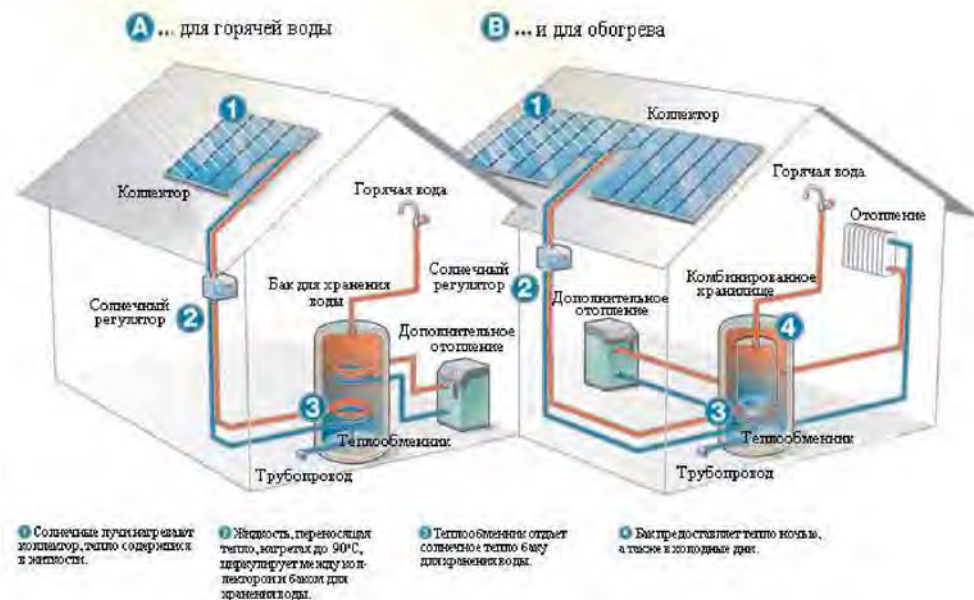


Рис .4. Солнечное тепло для горячей воды и обогрева

Покажем на рисунке покрытие потребности по горячей воде в процентах в течение года плоского и вакуумного коллектора (рис. 5, 6). За летний сезон принимаем следующие месяцы: май, июнь, июль, август,

сентябрь. А за отопительный сезон: январь, февраль, март, апрель, октябрь, ноябрь, декабрь.

Из диаграммы видно, что при приготовлении горячей воды для нужд горячего водоснабжения с использованием солнечных коллекторов 52 % от годового потребления тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения компенсируются солнечными коллекторами.

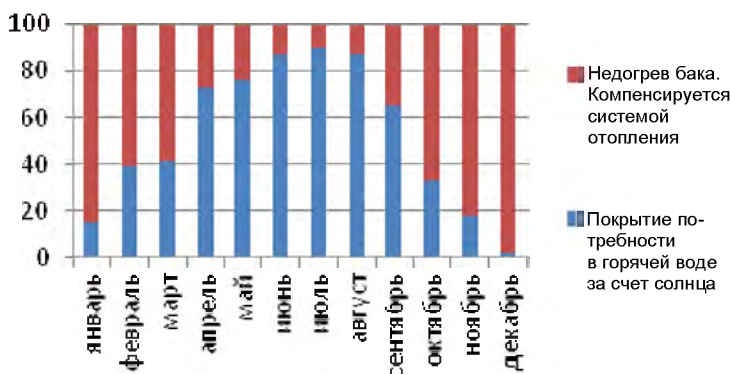


Рис. 5. Покрытие потребности по горячей воде в течение года (плоский коллектор)

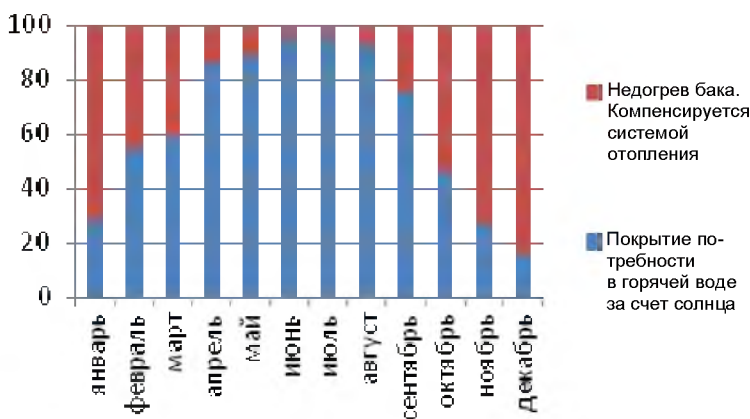


Рис. 6. Покрытие потребности по горячей воде в течение года (вакуумный коллектор)

Из табл. 2 известно, что годовой отпуск теплоты на горячее водоснабжение равняется 127,3 ГДж/год. Принимаем это значение за 100 %.

Исходя из известных нам 52 %, узнаем, сколько можно получить теплоты от солнечных коллекторов (ГДж/год).

$$Q_{\text{КОЛЛ}}^{\text{ГОД}} = (Q_{\text{ГВС}}^{\text{ГОД}} \cdot 52) / 100. \tag{7}$$

Следовательно, мы получаем теплоты 66,2 ГДж/год от солнечных коллекторов.

Для расчета годового расхода топлива, потребляемого котлом МСА45 с солнечной установкой, необходимо использовать высшую теплоту сгорания топлива, так как при работе котла будет образовываться конденсат из водяных паров, содержащихся в дымовых газах, и догревать поступающую воду в теплообменник. Высшая теплота сгорания газообразного топлива составляет 38 000 (ГОСТ 22667-82. Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе).

Расход газа для котла МСА45 с солнечным коллектором определяем по формуле

$$B_1 = \frac{(Q_{\text{общ}}^{\text{ГОД}} - 0,52 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{ГОД}})1000}{Q_{\text{В}}^{\text{P}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \quad (8)$$
$$B_1 = \frac{(289,8 - 0,52 \cdot 127,3)1000}{38,022 \cdot 0,97} = 6,3 \text{ тыс. м}^3/\text{год.}$$

Расход газа для классического котла DTG X42N определяем по формуле

$$B_1 = \frac{Q_{\text{общ}}^{\text{ГОД}} \cdot 1000}{Q_{\text{В}}^{\text{P}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \quad (9)$$
$$B_1 = \frac{289,8 \cdot 1000}{33,51 \cdot 0,92} = 9,4 \text{ тыс. м}^3/\text{год.}$$

Из расчета видно, что экономия газообразного топлива достигает до 3,1 тыс. м³/год.

Принимаем стоимость газа равной 309,1 евро/тыс. м³. Тогда экономия в денежном эквиваленте равняется 957,67 евро в год.

Расчет критериев эффективности проекта. Исходя из известных данных, можно определить статический срок окупаемости (лет) проекта:

$$T_{\text{ок}}^{\text{СТ}} = \frac{I}{\text{Э}}, \quad (10)$$

где I – разница в цене двух котлов следующих марок: МСА45 и DTG X42N, евро; Э – экономия в денежном эквиваленте, если устанавливать котел типа МСА45, евро в год.

$$T_{\text{ок}}^{\text{СТ}} = \frac{3910}{957,67} = 4,08 \text{ года.}$$

Таким образом, наш проект окупится через 4,08 года.

Далее можно определить чистый дисконтированный доход, т.е. сумму дисконтированных значений потока платежей, приведенных к сегодняшнему дню. Показатель ЧДД представляет собой разницу между всеми денежными притоками и оттоками, приведенными к текущему моменту времени (моменту оценки инвестиционного проекта). Он показывает величину денежных средств, которую инвестор ожидает получить от проекта после того, как денежные притоки окупят его первоначальные инвестиционные затраты и периодические денежные оттоки, связанные с осуществлением проекта. Поскольку денежные платежи оцениваются с учетом их временной стоимости и рисков, ЧДД можно интерпретировать как стоимость, добавляемую проектом. Ее также можно интерпретировать как общую прибыль инвестора.

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T D_t / (1 + E)^t - I, \quad (11)$$

где D_t – экономия в денежном эквиваленте, т.е. эффект, евро; E – ставка дисконтирования, которую принимаем за 10 %, исходя из отрасли, к которой применяем данный расчет.

Расчетный период принимаем 5 лет.

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} &= (957,67 / (1 + 0,1)^0 + 957,67 / (1 + 0,1)^1 + 957,67 / (1 + 0,1)^2 + \\ &+ 957,67 / (1 + 0,1)^3 + 957,67 / (1 + 0,1)^4 + 957,67 / (1 + 0,1)^5) - 3910 = \\ &= (957,67 + 870,6 + 791,46 + 719,51 + 654,1) - 3910 = 83,34 \text{ евро.} \end{aligned}$$

Далее рассчитываем динамический срок окупаемости:

$$T_{\text{ОК}}^{\text{ДИН}} = T_1 + \left(I - \sum_{t=0}^T \frac{D_t}{(1 + E)^t} \right) / \left(\frac{D_{t+1}}{(1 + E)^{T+1}} \right), \quad (12)$$

$$T_{\text{ОК}}^{\text{ДИН}} = 4 + \frac{(3910 - 957,67 + 870,6 + 791,46 + 719,51)}{654,1} = 4,87 \text{ года.}$$

Рассчитаем внутреннюю норму доходности, т.е. процентную ставку, при которой ЧДД равен 0:

$$\text{ВНД} = E_1 + \frac{\text{ЧДД}_1}{\text{ЧДД}_1 + \text{ЧДД}_2} (E_2 = E_1), \quad (13)$$

где E_1 – ставка дисконтирования, при которой ЧДД_1 является положительным, %; E_2 – ставка дисконтирования, при которой ЧДД_2 является отрицательным, %.

Принимаем ставки дисконтирования E_1 и E_2 равными 11 и 12 % соответственно. Следовательно, чистые дисконтированные доходы ЧДД₁ и ЧДД₂ будут равными 18,83 и 41,15 евро соответственно.

$$\text{ВНД} = 11 + (18,83/18,83 + 41,15)(12 - 11) = 11,31 \%$$

Сведем рассчитанные критерии эффективности проекта в табл. 4.

Таблица 4

Критерии эффективности проекта

Показатель	Значение показателя
Чистый дисконтированный доход ЧДД, млн руб	83,34
Внутренняя норма доходности ВНД, %	11,31
Статический срок окупаемости, лет	4,08
Динамический срок окупаемости, лет	4,87

Для наглядности приведем график зависимости чистой дисконтированной стоимости от расчетного периода проекта.

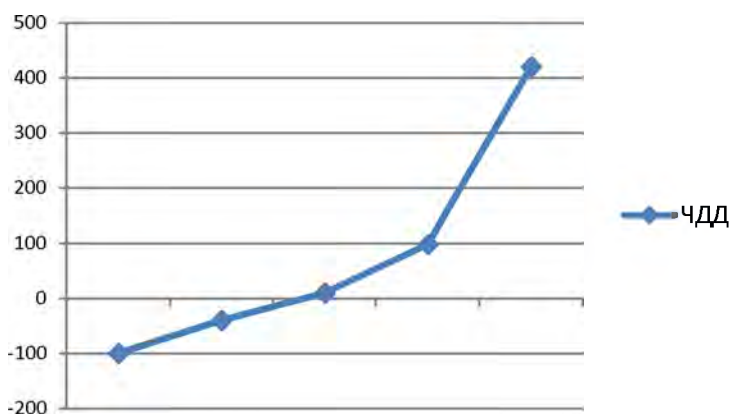


Рис. 7. Зависимость чистой дисконтированной стоимости от расчетного периода проекта

Исходя из вышеприведенных расчетов, можно сделать следующие выводы. Имея запас в 1,31 %, нельзя назвать проект устойчивым к изменениям внешней среды. Однако величина окупаемости в 4,87 года является хорошим показателем для технологических проектов. Приняв во внимание относительную стабильность евро как валюты, можно назвать проект успешным капиталовложением.

Выводы

В перспективе в стране предполагается возведение жилья в стране в энергоэффективном режиме. В настоящее время известны следующие технические решения, обеспечивающие снижение потребления тепловой энергии при эксплуатации зданий:

1) снижение потерь тепла:

- через ограждающие конструкции здания путем использования архитектурных решений;
- через непрозрачные ограждающие конструкции здания;
- через оконные конструкции;
- с воздухообменом путем перехода к системам управляемой приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией тепла вентиляционных выбросов;
- при доставке потребителю путем использования индивидуальных источников теплоты в каждом здании;

2) снижение затрат тепловой энергии:

- на горячее водоснабжение путем использования системы утилизации тепла сточных вод;
- путем использования гелиоводонагревателей;
- путем использования тепловых насосов.

При строительстве энергоэффективного жилья экономия электроэнергии может быть достигнута за счет использования солнечных панелей (батареи); экономия тепла – за счет теплоизоляции (каменная вата, термолента и т.д.) и тепловых насосов (грунтовый тепловой насос скважинного типа, грунтовый тепловой насос горизонтального типа, тепловой насос воздушного типа, тепловой насос водного типа). Повышение экологической безопасности может быть достигнуто при внедрении новых систем вентиляции и рекуперации, которые позволяют сохранить до 25 % тепла.

Одним из направлений совершенствования энергосберегающей политики в строительстве является использование солнечных и вакуумных коллекторов. Расчет критериев эффективности проекта по установке котла с солнечным коллектором свидетельствует о следующем. С запасом в 1,31 % проект не является устойчивым к изменениям внешней среды. Однако окупаемость в 4,87 года является хорошим показателем для тех-

нологических проектов. Учитывая относительную стабильность евро как валюты, проект может быть успешным капиталовложением.

Библиографический список

1. Углубленный обзор политики и программ в сфере энергоэффективности: Республика Беларусь. Секретариат энергетической хартии 2013 г. [Электронный ресурс]. – URL: www.encharter.org (дата обращения: 20.10.2015).

2. Статистический ежегодник Республики Беларусь. 2014 год. Национальный статистический комитет [Электронный ресурс]. – URL: http://www.minsk.belstat.gov.by/bgd/public_compilation/index_44 (дата обращения: 20.10.2015).

3. Голубова О.С., Щуровская Т.В. Экономические критерии выбора варианта теплоснабжения жилья // Потенциал науки – развитию промышленности, экономики, культуры, личности: материалы междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т. Т. II / под ред. Б.М. Хрусталева. – Минск: УП «Технопринт», 2001. – 169 с.

4. Международное энергетическое агентство [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iea.org/> (дата обращения: 20.10.2015).

5. Проект ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.effbuild.by/> (дата обращения: 20.10.2015).

6. Официальный сайт ГПО «Белэнерго» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.energo.by/sbyt/p81.htm> (дата обращения: 20.10.2015).

7. Официальный сайт РУП «Минскэнерго», филиал «Энергосбыт» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.energobyt.by/index.php> (дата обращения: 20.10.2015).

8. Постановление Совета министров Республики Беларусь 1 июня 2009 г. № 706 «Об утверждении комплексной программы по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 гг. и на перспективу до 2020 года». – URL: <http://www.mas.by/ru/energoeffektivnost/> (дата обращения: 20.10.2015).

9. Чиж Е.П. Оценка экономической эффективности активного дома // Двенадцатая Всерос. науч.-практ. конф. студ. и аспирантов: сб. науч. и науч.-практ. докл. – Старый Оскол: Изд-во СТИ НИТУ «МИСиС», 2015. – С. 669–670.

10. Чиж Е.П. Внедрение энергоэффективных технологий в жилищно-коммунальном секторе Республики Беларусь // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: материалы III Рос. молодеж. науч. шк.-конф. / Томск. политехн. ун-т. – Томск: СКАН, 2015. – 234 с.

References

1. Uglublenniy obzor politiki i programm v sfere energoeffektivnosti: Respublika Belarus'. Sekretariat energeticheskoi khartii 2013 god [In-depth review of policy and programs in the field of energy saving: Republic of Belarus. Energy Charter Secretariat, 2013], available at: www.encharter.org (accessed 20 October 2015).

2. Statisticheskii ezhegodnik Respubliki Belarus'. 2014 god. Natsional'nyi statisticheskii komitet [Statistical yearbook of the Republic of Belarus, 2014. The National Statistical Committee], available at: http://www.minsk.belstat.gov.by/bgd/public_compilation/index_44 (accessed 20 October 2015).

3. Golubova O.S., Shchurovskaia T.V. Ekonomicheskie kriterii vybora varianta teplosnabzheniia zhil'ia [Economic criteria for the house heating alternatives]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Potentsial nauki – razvitiuu promyshlennosti, ekonomiki, kul'tury, lichnosti"*. Minsk: UP "Tekhnoprint", 2001. 169 p.

4. Mezhdunarodnoe energeticheskoe agentstvo [The International Energy Agency], available at: <http://www.iea.org/> (accessed 20 October 2015).

5. Proekt PROON/GEF «Povyshenie energeticheskoi effektivnostizhilykh zdaniy v Respublike Belarus'» [UNDP/GEF Project "Improving the energy efficiency of residential buildings in the Republic of Belarus"], available at: <http://www.effbuild.by/> (accessed 20 October 2015).

6. Ofitsial'nyi sait GPO "Belenergo" ["Belenergo" official website], available at: <http://www.energo.by/sbyt/p81.htm> (accessed 20 October 2015).

7. Ofitsial'nyi sait RUP «Minskenergo», filial «Energosbyt» [Official site of RUE "Minskenergo", branch "Energosbyt"], available at: <http://www.energosityt.by/index.php> (accessed 20 October 2015).

8. Postanovlenie Soveta ministrov Respubliki Belarus' 1 iyunia 2009 goda № 706 "Ob utverzhdenii kompleksnoi programmy po proektirovaniu, stroitel'stvu i rekonstruktsii energoeffektivnykh zhi-lykh domov v Respublike Belarus' na 2009–2010 gody i na perspektivu do 2020 goda" [Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus № 706

on the "Comprehensive Programme on Design, Construction and Reconstruction of Energy Efficient Houses in the Republic of Belarus for 2009-2010 and up to 2020"], available at: <http://www.mas.by/ru/energoeffektivnost/> (accessed 20 October 2015).

9. Chizh E.P. Otsenka ekonomicheskoi effektivnosti aktivnogo doma [Estimation of economic efficiency of the active house]. *Sbornik nauchnykh i nauchno-prakticheskikh dokladov dvenadtsatoi Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i aspirantov*. Stary Oskol: Starooskol'skii tekhnologicheskii institut imeni A.A. Ugarova (filial) federal'nogo gosudarstvennogo avtonomnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia vysshego obrazovaniia "Natsional'nyi issledovatel'skii tekhnologicheskii universitet "MISiS"", 2015, pp. 669-670.

10. Chizh E.P. Vnedrenie energoeffektivnykh tekhnologii v zhilishchno-kommunal'nom sektore Respubliki Belarus' [Energy-efficient technologies implementation in housing and utilities sector of the Republic of Belarus]. *Materialy III Rossiiskoi molodezhnoi nauchnoi shkoly-konferentsii "Energetika, elektromekhanika i energoeffektivnye tekhnologii glazami molodezhi"*. Tomsk: SKAN, 2015. 234 p.

Сведения об авторах

Самосюк Наталья Александровна (Минск, Республика Беларусь) – аспирантка кафедры экономики и организации энергетики Белорусского национального технического университета (220013, Минск, пр. Независимости, 65, e-mail: tasha712@tut.by).

Чиж Екатерина Павловна (Минск, Республика Беларусь) – студентка Белорусского национального технического университета (220013, Минск, пр. Независимости, 65, e-mail: kotyal@yandex.ru).

About the authors

Samasiuk Natallia Alexandrovna (Minsk, Republic of Belarus) is a Graduate Student at the Department of Economics and Organization of Energy Belarusian National Technical University (22013, Minsk, 65, Nezavisimosty pr., e-mail: tasha712@tut.by).

Chyzh Katsiaryna Pavlovna (Minsk, Republic of Belarus) is a Student Belarusian National Technical University (22013, Minsk, 65, Nezavisimosty pr., e-mail: kotyal@yandex.ru).

Получено 20.02.2016