

ЭКОНОМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТЕПЛЕНИЯ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.Ф. Ельчищева

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент В.А. Езерский

Ключевые слова и фразы: дополнительное утепление; инвестиционный проект; парниковые газы; CO₂-эквивалент; тепловая энергия; экологическая и экономическая эффективность; энергетический (конечный) эквивалент.

Аннотация: Произведен расчет экономического эффекта от дополнительного утепления наружных стен кирпичных 8–12-этажных жилых зданий в г. Тамбове. Произведена оценка прогнозируемого эколого-экономического эффекта от снижения выбросов парниковых газов в CO₂-эквиваленте и продажи квот иностранным инвесторам. Дан прогноз экономии тепловой энергии при осуществлении дополнительного утепления наружных стен предприятий, организаций и жилых зданий г. Тамбова. Произведена оценка экологической эффективности некоторых полимерных утеплителей с помощью показателя энергетического эквивалента.

В 2008 г. отмечается 145-летие со дня рождения академика В.И. Вернадского и 80-летие его исторического доклада о биосфере на заседании Ленинградского общества естествоиспытателей. В учении о биосфере В.И. Вернадским были сформулированы основные принципы современной глобальной экологии, которая с того времени возникла как наука. Сейчас трудно найти сферу приложения человеческих усилий, прямо или косвенно не затрагивающую экологию. Обострение экологической ситуации в связи с усилением негативных последствий воздействия научно-технического прогресса на природную среду вызвало необходимость принятия решения по ее защите в биосферном (планетарном) масштабе. В 2005 г. 18 февраля вступил в силу Киотский протокол (г. Киото, Япония), в котором главное внимание уделено сокращению выброса парниковых газов (ПГ) в атмосферу, являющуюся составной частью биосферы, и решению связанных с этим задач энергосбережения. Необходимость энерго-

Ельчищева Т.Ф. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Архитектура, строительство зданий и сооружений» ТамбГТУ, г. Тамбов.

сбережения также диктуется снижением запасов источников для выработки энергии и повышением цен на невозобновляемые энергоресурсы (каменный уголь, нефть, газ). Экономия последних позволяет сохранить их для будущих поколений и дает возможность снизить выбросы ПГ в атмосферу при сжигании топлива. В работе [1] отмечено, что предотвращение загрязнения атмосферного воздуха способствует получению социального эффекта – снижению заболеваемости и улучшению условий жизни населения. Экологический и социальный эффекты могут быть представлены в денежном выражении через снижение платежей за загрязнение, предотвращенный экологический ущерб окружающей среде, снижение риска заболеваемости и затрат на лечение.

Главным стимулом экономии энергии в нашей стране является проводимая ценовая политика, направленная на приближение внутренних цен на энергоресурсы к мировым. В Тамбовской области расход тепла на отопление зданий может быть уменьшен примерно на 30 % [5]. Этим определяются значительные резервы энергосбережения, для реализации которых экспертами Энергетического центра Евросоюза намечено два приоритетных направления: утепление ограждающих конструкций зданий и модернизация систем теплоснабжения. Такой подход был принят во многих странах мира, в том числе и в России, где энергосбережение является государственной политикой. В стране возросли капиталовложения в организацию и технологию строительного производства, производство теплоизоляционных материалов и строительство энергоэффективных зданий. Возведение таких зданий, как правило, ведется с использованием эффективных утеплителей. Совместная работа конструктивных стеновых материалов и утеплителей позволяет сократить потери тепла и снизить затраты на отопление. В случае его отключения снижение температуры внутри зданий происходит медленнее.

В работе рассматривается эффект от осуществления дополнительного утепления наружных стен кирпичных 8–12-этажных жилых зданий для климатических условий Тамбовской области. Для г. Тамбова (сухая зона влажности) с продолжительностью отопительного периода 202 суток, температурой наиболее холодной пятидневки $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$, средней температурой отопительного периода $-4,19\text{ }^{\circ}\text{C}$, температурой воздуха в помещении $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и величине ГСОП (градусо-сутки отопительного периода) 4484, требуемое сопротивление теплопередаче из условия энергосбережения $R_0^{\text{тп}}$ составляет $3\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Общая площадь муниципального жилищного фонда г. Тамбова в 2005 г. составила 3114,1 тыс. м^2 (по данным Плана развития муниципального сектора экономики Тамбовской области на 2007 г.). Почти половина его (47,8 %) приходится на 8–12-этажные кирпичные здания [3], это составляет 1489 тыс. м^2 .

Для проведения исследований была выбрана блок-секция кирпичного 10-этажного 40-квартирного жилого дома по ул. Пензенской, 1 (проект здания разработан организацией «Тамбовархпроект»). Основные характеристики здания следующие: строительный объем – 8351 м^3 ; площадь застройки – $279,3\text{ м}^2$; общая площадь – 1891 м^2 ; жилая площадь – 1087 м^2 . Наружные стены толщиной 640 мм выполнены из силикатного кирпича. Площадь наружных стен 1793 м^2 ; площадь окон – $287,3\text{ м}^2$; площадь чер-

дачного и цокольного перекрытий – 241,2 м²; отапливаемый объем – 7294 м³. Показатель компактности здания составляет 0,35. Расчет теплоэнергетических параметров жилого дома [2] выполнялся в соответствии с рекомендациями [4] в зависимости от уровня теплоизоляции наружных стен при следующих значениях сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций: заполнения светопроемов – 0,42, покрытия здания – 4,2 и перекрытия цокольного этажа – 4 м²·°C/Вт. Выявлено, что повышение сопротивления теплопередаче наружных стен за счет дополнительного утепления до уровня R_0^{TP} позволяет снизить общие теплотери Q_{ht}^y жилого дома до $2,6 \cdot 10^5$ кВт·ч, то есть на 36 % по сравнению с базовым вариантом, когда сопротивление теплопередаче наружных стен $R_w = 1$ м²·°C/Вт и $Q_{ht}^y = 4 \cdot 10^5$ кВт·ч. Дальнейшее повышение R_w выше уровня R_0^{TP} (до 5 м²·°C/Вт) позволяет получить снижение теплотерь здания на каждую термическую единицу на величину от 3 до 9 % (отн.) (рис. 1).

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление q_h^{des} в холодный и переходный периоды года составляют для базового варианта 209, а для утепленного здания – 126 кВт·ч на 1 м² общей площади, то есть ниже на 40 % (отн.).

Для всех 8–12-этажных жилых зданий общей площадью 1489 тыс. м², утепленных до уровня R_0^{TP} , общие теплотери составляли около $2,02 \times 10^5$ МВт·ч и прогнозируемая экономия энергии на отопление в масштабе города – $1,24 \cdot 10^5$ МВт·ч. В 2005 г. стоимость тепловой энергии в г. Тамбове составляла 0,41 р./кВт·ч и сэкономленные средства на отопление 8–12-этажных кирпичных зданий – 51 млн р. При возросшей до 0,75 р./кВт·ч стоимости тепловой энергии в отопительный период 2007–2008 гг. экономия средств на отопление составляет 93 млн р.

Фактическое потребление тепловой энергии по Тамбовской области в 2005 г. составило 7379 млн кВт·ч, в том числе потери энергии в сетях – 666,8 млн кВт·ч. Распределение тепловой энергии было представлено следующим образом (рис. 2): бюджетные организации – 608,6; население – 2221; прочие потребители – 1810,7; собственные нужды предприятий – 2071,9 млн кВт·ч (по данным отчета Отдела топливной политики и мониторинга энергоресурсов управления ТЭК и ЖКХ, начальник отдела Ю.В. Стрелков).

Суммарные затраты тепловой энергии в г. Тамбове на отопление предприятий, организаций и жилого фонда составляют 4640,3 млн кВт·ч. Учитывая возможность 30%-ной экономии тепловой энергии [5], дополнительное утепление зданий позволяет экономить 1392,1 млн кВт·ч и 570,8 млн р. (в ценах 2005 г.) или 1044,1 млн р. (в ценах 2007 г.).

Известно, что экономия энергоресурсов в 1 млн кВт·ч в год сокращает выбросы ПГ в СО₂-эквиваленте примерно на 269,1 т [1]. Экономия энергоресурсов от дополнительного утепления наружных стен кирпичных 8–12-этажных жилых зданий в размере $1,24 \cdot 10^5$ МВт·ч дает снижение выбросов

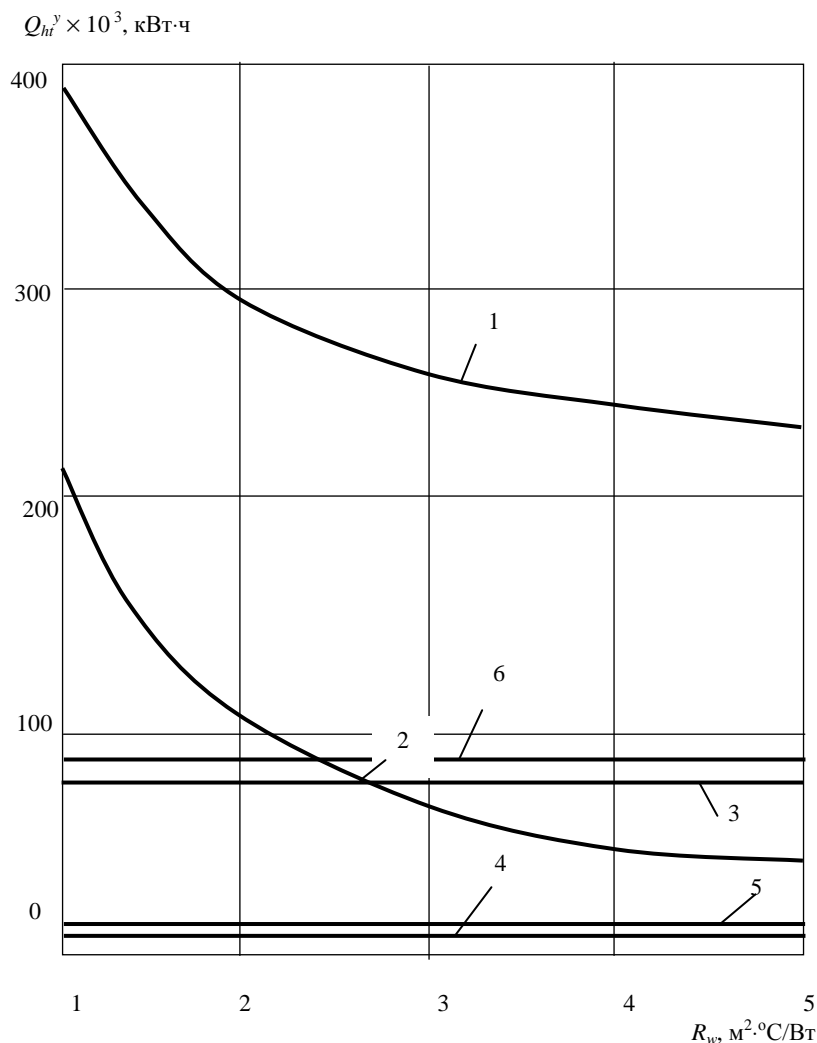


Рис. 1. Изменение годовых теплотерь здания в зависимости от уровня теплоизоляции наружных стен:
 1 – общие теплотери здания; 2 – 5 – теплотери, соответственно, через наружные стены, окна, чердачное перекрытие, цокольное перекрытие, за счет инфильтрации наружного воздуха

ПГ на 33,2 тыс. т в год по сравнению с базовым уровнем выбросов, который бы наблюдался в случае отсутствия инвестиционного проекта дополнительного утепления наружных ограждающих конструкций.

Полученное сокращение выбросов ПГ в результате реконструкции и внедрения новых технологий, согласно Киотскому протоколу, дает возможность привлечения иностранных инвестиций в энергосберегающие проекты и продажи иностранному покупателю указанных сокращений в виде квот. При цене 10 евро на единицу снижения выбросов CO_2 на углеродных рынках мира [1], полученное сокращение ПГ в результате дополнительного утепления наружных стен кирпичных 8–12-этажных жилых зданий оценивается в 332 тыс. евро.



Рис. 2. Баланс потребления тепловой энергии в Тамбовской области в 2005 г. (в млн кВт·ч)

Продажа иностранным инвесторам квот на сокращение выбросов ПГ от прогнозируемой экономии тепловой энергии 1392,1 млн кВт·ч при осуществлении дополнительного утепления наружных ограждающих конструкций предприятий, организаций и жилого фонда составляет 374,6 тыс. т в год в CO_2 -эквиваленте, или 3746 тыс. евро.

Курс проведения мероприятий по энергосбережению напрямую связан со сферой производства теплоизоляционных материалов и технологией возведения энергоэффективных зданий. При выборе инвестиционного проекта дополнительного утепления зданий выделяются три его основные составляющие: теплоизоляционная, экономическая и экологическая.

Экономия затрат на теплоснабжение зданий напрямую зависит от теплоизолирующей способности применяемых утеплителей. Очевидно, что при одинаковой долговечности следует выбирать материалы с наименьшей теплопроводностью, тогда толщина слоя оказывается минимальной, требуется меньший объем утеплителя и сокращаются средства на грузоперевозки.

Однако, одинаковая теплопроводность и толщина слоя теплоизоляционных материалов не гарантирует их одинаковую стоимость. Очевидно, что для повышения эффективности инвестиционного проекта дополнительного утепления зданий необходимо выбирать теплоизоляционные материалы с меньшей стоимостью.

Оценку экологической эффективности утеплителя удобно проводить, используя показатель его энергетического (конечного) эквивалента, предложенный в Германии. Последний позволяет сравнить энергоемкость производства отдельных видов утеплителей на базе суммарной оценки затрат энергии на изготовление исходных материалов и полупродуктов, входящих в состав композиций конечного продукта. Соответственно, менее энергоемкое производство наносит меньший ущерб окружающей среде в связи с низким потреблением первичных топливно-энергетических ресурсов.

Расчеты показывают, что минимальную толщину для достижения R_0^{TP} имеют конструкции стен, утепленные полимерными материалами. Толщина минераловатных утеплителей больше в 1,5–2 раза. Проведено сравнение некоторых полимерных теплоизоляционных материалов: пенополиуретана, пенополистирола и пеноизола для оценки эффективности инвестиционного проекта дополнительного утепления здания из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе (толщина кладки 510 мм, плотность 1800 кг/м³). По классификационным признакам, определенными ГОСТ 16381–77* (СТ СЭВ 5069–85), все три материала по виду исходного сырья относятся к органическим; по структуре – к ячеистым; по возгораемости – пенополиуретан – сгораемый материал (группа горючести Г4), пенополистирол и пеноизол – негорючие (группа горючести Г2). Сравнивали утеплители с примерно одинаковой плотностью. Рассчитанная толщина слоя утеплителя (табл. 1) для обеспечения уровня R_0^{TP} оказалась примерно одинаковой для всех сравниваемых материалов и составляла от 90 до 110 мм в зависимости от вида утеплителя и условий эксплуатации наружных ограждающих конструкций А или Б (условий эксплуатации определялись в соответствии со СНиП II-3-79*).

Стоимость 1 м³ пенополиуретана составляет 11 тыс. р., пенополистирола – 1,2 и пеноизола – 0,6 тыс. р. (по данным компании «Новые Строительные Технологии», г. Москва). В пересчете на стоимость 1 м² утеплителя требуемой толщины для условий эксплуатации А, это составляет, соответственно, 990, 120 и 54 р. Тогда полученная экономическая эффективность от утепления наружных стен пеноизолом выше, чем пенополиуретаном и пенополистиролом, соответственно, в 18,3 и 8,3 раза.

Показатель энергетического эквивалента для пенополиуретана составляет 2950, пенополистирола – 1360, пеноизола – 480 МДж/кг (по данным ООО «Агротепстрой»). В пересчете на 1 м² утеплителя эти величины

Таблица 1

Расчетная толщина слоя утеплителя, м

Материал	Плотность материала ρ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/(м·°С)			Толщина слоя утеплителя / всей стены, м			
					при условиях эксплуатации		с учетом но- менклатуры утеплителя для условий	
		сухого материала	в условиях эксплуатации		А	Б	А	Б
А	Б							
Пенополиуретан (ТУ 67-87–75)	40	0,029	0,040	0,040	<u>0,086</u>	<u>0,089</u>	<u>0,09</u>	<u>0,09</u>
					0,596	0,599	0,60	0,60
Пенополистирол (ГОСТ 15588–86 (1987))	40	0,038	0,041	0,050	<u>0,094</u>	<u>0,111</u>	<u>0,10</u>	<u>0,11</u>
					0,604	0,621	0,61	0,62
Пеноизол (ТУ 2254-001- 33000727–2000)	25	0,031	0,038	0,041	<u>0,088</u>	<u>0,094</u>	<u>0,09</u>	<u>0,10</u>
					0,598	0,604	0,60	0,61

оказались равными соответственно 10620, 5440 и 1080 МДж. Тогда экологическая эффективность применения пеноизола по сравнению с пенополиуретаном и пенополистиролом выше соответственно в 9,8 и 2,0 раза. Очевидно, что экономическую и экологическую эффективность инвестиционного проекта дополнительного утепления наружных ограждающих конструкций обеспечивает применение пеноизола.

Проведенное исследование позволило установить высокую экономическую и экологическую эффективность от дополнительного утепления наружных стен зданий, выражающуюся в экономии тепловой энергии и снижении выбросов парниковых газов в окружающую среду, а также возможности получения прибыли от продажи иностранным инвесторам указанных снижений в CO₂-эквиваленте. Рассчитан экологический эффект от применения теплоизоляционных материалов с низким показателем энергетического эквивалента.

Список литературы

1. Ануфриев, В.П. Энергосбережение как способ решения экологических проблем города [Электронный ресурс] / В.П. Ануфриев, О.Н. Ревизцева // ОАО «Уральский центр энергосбережения и экологии». – Режим доступа : www.ucee.ru, свободный.

2. Ельчищева, Т.Ф. Анализ теплотерь жилого здания через наружные стены за отопительный период / Т.Ф. Ельчищева, М.В. Пунина // Труды ТГТУ : сб. науч. статей. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Вып. 16. – С. 34–38.

3. Информационный сборник по ценообразованию в строительстве в текущих ценах. II квартал 2001 г. Вып. 2. – Тамбов: Управление строительства и стройиндустрии Администрации Тамбовской обл., 2001. – 38 с.

4. ТСН НТП-99 МО. Нормы теплотехнического проектирования гражданских зданий с учетом энергосбережения. – М., 2000. – 35 с.

5. Экономический анализ топливно-энергетического комплекса (на примере Тамбовской области) / В.Ю. Кудрявцев, Б.И. Герасимов ; под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. Б.И. Герасимова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 88 с.

Cost-Effectiveness and Ecological Safety of Exterior Insulation in Conditions of Tambov Region

T.F. Elchishcheva

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: extra insulation; investment project; greenhouse gases; CO₂ equivalent; heat energy; cost effectiveness and ecological safety; energy (ultimate) equivalent.

Abstract: Cost-effectiveness of extra insulation of exterior walls of brick 8-12-storey blocks of flats in Tambov is calculated. Estimation of forecasted cost-effectiveness and ecological safety due to reduction in emission of greenhouse gases in CO₂ equivalent as well as selling quotas to foreign investors is made. Heat energy saving in case of extra insulation of exterior walls of industrial buildings and dwellings of Tambov is projected. Ecological safety of some polymer insulators is evaluated on the basis of energy equivalent index.

© Т.Ф. Ельчищева, 2008