

УДК 621.311.017

НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СТЕКОЛ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Р. В. ПЕТУХОВА

ОАО «Гомельстекло», Республика Беларусь

О. М. ЗЕЛЕНСКАЯ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Важнейшим приоритетом государственной энергетической политики в Республике Беларусь наряду с устойчивым обеспечением страны энергоносителями является создание условий для функционирования и развития экономики при максимально эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Стратегическая цель энергосбережения одна и следует из его определения – это повышение энергоэффективности во всех отраслях, во всех поселениях и в стране в целом. Задача – определить, какими методами и насколько можно осуществить это повышение. Общий потенциал энергосбережения в республике оценивается на уровне 30 % валового потребления ТЭР. Основные пути его реализации: структурная перестройка экономики (около 30 %), научно-технический прогресс (около 50 %), совершенствование организационных и экономических механизмов стимулирования энергосбережения (около 20 %). Принятый «Закон об энергосбережении» [1] обязывает потребителей топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), независимо от форм собственности, рационально использовать ТЭР. Жесткий контроль со стороны государства за рациональным расходованием всех видов ТЭР определяется тем, что республика импортирует более 80 % всех энергоресурсов при высоких мировых ценах на них. Ежегодные затраты энергоресурсов достигают 2 млрд дол. США, что составляет почти 1/6 часть ВВП [2].

Основные сведения о тепловых потерях

Системой энергоснабжения зданий называется комплекс инженерных сооружений, осуществляющих задачи энергоснабжения. Наиболее высокие значения удельной тепловой характеристики q_0 , а следовательно, и наиболее высокие теплотери, имеют производственные здания – порядка $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$. Значение q_0 для гражданских зданий изменяется в пределах от 0,6 для одноэтажных зданий до 0,3 для зданий более 9 этажей. Потребление тепловой энергии зданием, а также потенциал энергосбережения представлены на рис. 1. Структура расхода тепловой энергии элементами здания, а также потенциал энергосбережения (снижение потерь тепла) следующие:

- наружные стены – 30 % (потенциал 50 %);
- окна – 35 % (до 45 %) (потенциал 50 %);
- вентиляция – 15 % (потенциал 50 %);
- горячая вода – 10 % (потенциал 30 %);
- крыша, пол – 8 % (потенциал 50 %);

– трубопровод, арматура – 2 % (потенциал 5 %).

Как мы видим, основное потребление связано с отоплением здания для компенсации тепловых потерь через окна, что является весьма актуальной проблемой энергосбережения.

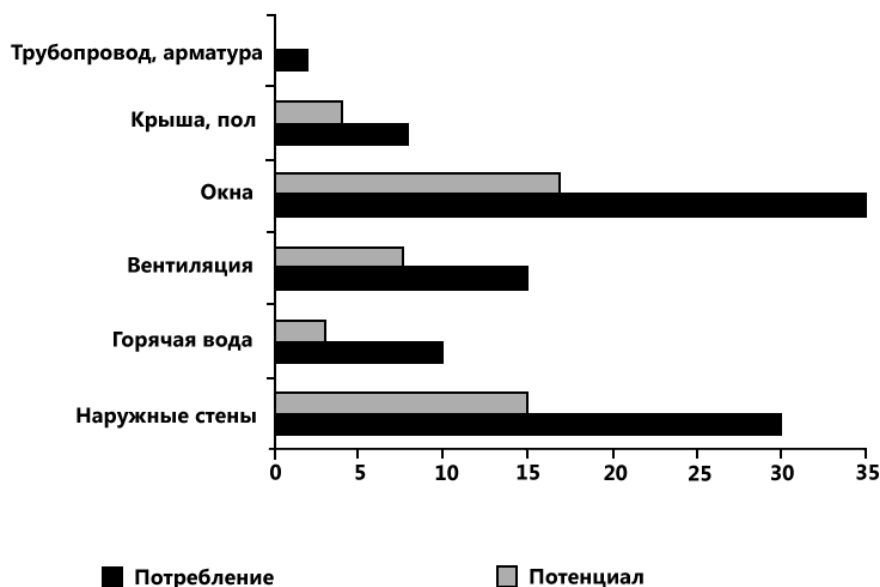


Рис. 1. Структура расхода тепловой энергии зданием и потенциал энергосбережения

Рост тепловых нагрузок в Республике Беларусь на период до 2010 г. представлен в табл. 1.

Таблица 1

Рост тепловых нагрузок в Республике Беларусь на период до 2010 г.

Показатель	Распределение тепловых нагрузок по годам			
	1990	2000	2005	2010
1. Годовое теплопотребление, всего, млн Гкал	112	73	78	85
2. Расчетная тепловая нагрузка, всего, тыс. Гкал/ч, в том числе:	40,8	29,0	32,0	34,0
– промышленность	25,3	13,5	15,9	17,3
– жилищно-коммунальный сектор	15,5	15,5	16,1	16,7

Таким образом, анализ структуры потребления тепловой энергии в Республике Беларусь показывает, что на жилищно-коммунальный сектор приходится 49,12 % расчетной тепловой нагрузки.

Потребность в обогреве появляется в силу необходимости компенсировать потери тепла в окружающую среду для поддержания заданной температуры в помещении. Величина тепловых потерь прямо пропорциональна разности температур внутри и снаружи помещения.

Тепловые потери бывают двух видов:

– трансмиссионные потери – это потери тепла через элементы конструкций здания (потолок, стены, пол, окна, двери);

– потери с вентиляцией – это необходимость нагревать холодный воздух, поступающий в помещение. Приток воздуха может быть контролируемым (вентиляция) и неконтролируемым (неплотности, открытые окна и двери).

Тепловые потери типичных жилых домов и других зданий происходят по трем основным причинам:

– вследствие теплопроводности через стены, крыши и полы, а также вследствие (но в гораздо меньшей степени) излучения и конвекции;

– вследствие теплопроводности и меньшей степени путем излучения и конвекции через окна и иное остекление;

– путем конвекции и перетока воздуха через элементы наружного ограждения здания, который обычно происходит через открытые окна, двери и вентиляционные отверстия (принудительно или естественно) или путем инфильтрации, т. е. проникновения воздуха через щели в ограждающих конструкциях здания, например, по периметру дверных и оконных рам.

В зависимости от того, имеет здание хорошую изоляцию или нет, много в нем окон или мало, наблюдается ли через него движение воздуха или нет, каждый из этих трех факторов составляет 20–50 % общих тепловых потерь здания.

Теплопотери через окна происходят по следующим причинам [4]:

1. Теплопроводность самого стекла. Снизить потери тепла в этом случае можно увеличением количества стекол в оконной системе. Например, в некоторых 9- и 16-этажных домах, построенных в конце прошлого века, устанавливались деревянные рамы с 3 листами стекла.

2. Потери тепла, обусловленные конвекцией воздуха. Эта проблема была решена в результате создания герметичного стеклопакета.

3. Инфракрасное излучение, на долю которого приходится до 70 % потерь тепла. Решение данной проблемы заключается в применении энергосберегающих стекол.

Количество теплопотерь через сплошное ограждение характеризуется коэффициентом теплопередачи k ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ или $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{ч}$), показывающим количество теплоты в ваттах, теряемой через 1 квадратный метр ограждения при разности температур внутреннего и наружного воздуха 1°C . Применяется так же величина термического сопротивления наружных ограждений $R = 1/k$ ($\text{м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$ или $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{ч}/\text{ккал}$), показывающей разность температур внутреннего и наружного воздуха, при которой через 1 м^2 теряется 1 Вт ($\text{ккал}/\text{ч}$) тепла ($1 \text{ ккал}/\text{ч} = 1,163 \text{ Вт}$).

Энергоэффективное остекление как метод решения проблемы энергосбережения

Теплопотери через окна составляют около трети общих теплопотерь зданий. Тепло проходит через стекло благодаря разности температур воздуха снаружи и внутри. Для одинарного стекла коэффициент теплопередачи равен $5,5 \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, т. е. в 10–20 раз больше, чем для теплоизолированной стены [5]. Поэтому при большой площади остекления тепловые потери здания могут достигать значительной величины, а расходы на отопление возрастают пропорционально тепловым потерям. Для уменьшения данного эффекта применяют различные покрытия поверхности стекол, уменьшающие оптическую эмиссию теплового потока, или, иначе, низкоэмиссионные энергосберегающие стекла.

Энергосберегающее стекло (другие определения: теплосберегающее стекло, низкоэмиссионное стекло, селективное стекло) – это полированное флоат-стекло, на поверхность которого путем напыления нанесено специальное, содержащее свободные электроны, покрытие из полупроводниковых окислов металлов или цветных металлов. За счет явлений интерференции и электропроводимости стекло с таким по-

крытием отражает тепловые волны в инфракрасном диапазоне, что позволяет существенно сократить теплопотери помещения. Поскольку энергосберегающее стекло *выборочно* пропускает волны, становится понятным одно из его менее распространенных определений как *селективного стекла* (сравните: селекция, отбор).

Известно, что электропроводимость связана с излучательной способностью (в физике это явление называется эмиссией) поверхности. Очевидно, что параметром, характеризующим энергосберегающие свойства стекла, будет являться его излучательная способность, под которой понимают свойство поверхности отражать длинноволновое тепловое излучение. Для сравнения, такой параметр как *эмиссионность* поверхности (E) у обычного стекла имеет числовое значение $E = 0,835$, а у селективного – уже менее 0,04, что говорит о том, что эмиссия стекла селективного на порядок ниже эмиссии стекла обычного, откуда и другое название энергосберегающего стекла – *низкоэмиссионное стекло*. В холодную погоду низкоэмиссионное стекло отражает, например, внутрь помещения тепло от отопительных приборов, а в летнее время, напротив, энергосберегающее покрытие отражает тепловую энергию в длинноволновом диапазоне наружу, создавая тем самым ощущение прохлады и комфорта. Энергосберегающее покрытие низкоэмиссионного стекла, имея толщину всего в несколько десятков нанометров, ничем не отличается от обычного прозрачного стекла визуально и абсолютно прозрачно для человеческого глаза. В настоящее время используется два типа низкоэмиссионных покрытий стекла: так называемые I-стекло (Double Low-E)-мягкое покрытие и K-стекло (Low-E)-твердое покрытие.

K-стекло – *низкоэмиссионное энергосберегающее стекло Low-E (твердое покрытие)*. Для придания флоат-стеклу энергосберегающих свойств на поверхность еще горячего стекла методом пиролиза в процессе производства на флоат-линии наносится тонкий слой специального металлооксидного покрытия. Такое покрытие, «спекаясь» со стеклом, отличается особой прочностью и поэтому называется «твердое покрытие». Величина (E) излучательной способности K-стекла обычно имеет значение около 0,2. K-стекло получило распространение благодаря своему нейтральному цвету, простоте обработки и исключительным теплоизолирующим характеристикам. K-стекло может быть ламинировано и закалено. K-стекло (Low-E) применяется там, где требуется оптимизировать энергозатраты. K-стекло обычно входит в состав стеклопакетов в качестве стекла «на помещение», а низкоэмиссионное покрытие K-стекла обращено в межстекольное пространство. Таким образом, преимущества K-стекла очевидны: K-стекло (Low-E) улучшает теплоизоляцию, существенно сокращает потери тепла, снижает затраты на отопление, на порядок уменьшает вероятность конденсации влаги на поверхностях стекла, предусматривает возможность остекления вместе с солнцезащитным стеклом. K-стекло обладает высокой светопрозрачностью и визуально практически ничем не отличается от обычного прозрачного стекла. K-стекло имеет прозрачное покрытие (Low-E) нейтрального цвета и его влияние на светопрозрачность и отражение едва заметно. Еще раз следует отметить, что K-стекло предназначено для сокращения потерь тепла, и в особенности через площади оконного остекления. Покрытие K-стекла пропускает солнечную энергию в коротковолновом диапазоне в помещение, но не пропускает тепловое излучение в длинноволновом диапазоне, например, от приборов и систем отопления.

I-стекло (и-стекло) – *энергосберегающее низкоэмиссионное стекло Double Low-E (мягкое покрытие)*. Следующим серьезным шагом в изготовлении энергосберегающих стекол стало появление на рынке стекольной промышленности I-стекла, по своим характеристикам превосходящего вышеописанное K-стекло.

Отличия между I-стеклом и K-стеклом заключаются как в технологии производства, так и в значении коэффициента излучательной способности (E). Получение I-стекла предполагает нанесение на его поверхность оптического низкоэмиссионного покрытия на основе окислов металлов с использованием высоковакуумного производственного оборудования, оснащенного системой магнетронного распыления. Низкоэмиссионное Double Low-E покрытие I-стекла толщиной в несколько десятков нанометров прозрачно, обладает великолепной светопропускающей способностью и еще более низким ($E = 0,04$) коэффициентом излучательной способности в сравнении с K-стеклом. Применение стеклопакетов с I-стеклом в составе позволяет не только добиться снижения энергозатрат, но и заметно повысить комфорт в помещении. За время отопительного сезона энергосберегающий эффект от оконной конструкции средних размеров, остекленной стеклопакетами с I-стеклом в составе эквивалентен сжиганию жидкого топлива (мазут, солярка) общей массой до 300 кг. Недостатком I-стекла в сравнении с K-стеклом является его пониженная абразивная стойкость, что представляет определенные затруднения при транспортировке. Однако, с учетом того, что энергосберегающее покрытие I-стекла всегда располагают внутри стеклопакета, данный недостаток не сказывается на эксплуатационных характеристиках I-стекла.

Современные стеклопакеты позволяют уменьшить тепловые потери окон почти в 2 раза. Например, для 10 окон размером 1 м x 1,6 м экономия энергии достигнет 1 кВт, что в месяц даст 720 кВт/ч (для одинарного остекления 0,5 кВт, 360 кВт/ч). Следовательно, исходя из того, что для однокамерных стеклопакетов коэффициент $k = 2,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, $R_0 = 0,36 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, для окон из низкоэмиссионного стекла получаем экономию энергии 2,5 кВт, 1800 кВт/ч в месяц (рис. 2).

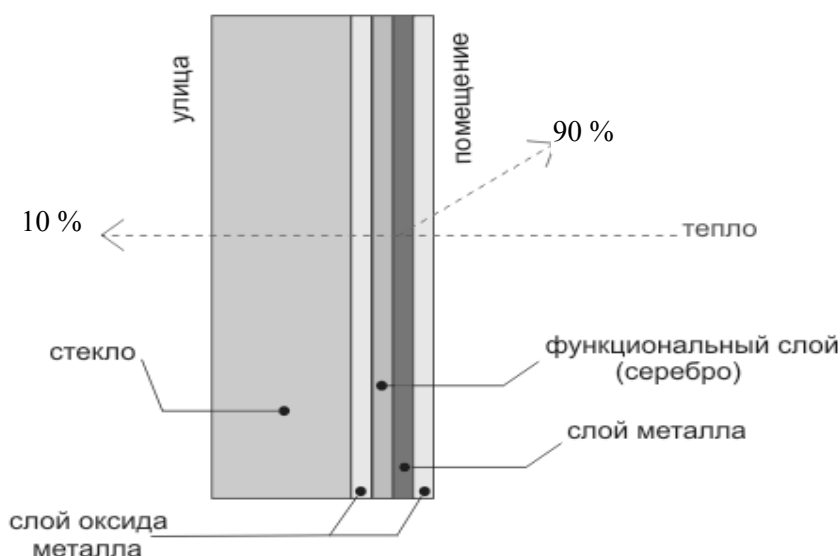


Рис. 2. Структура низкоэмиссионного стекла

Применение энергоэффективного остекления требует комплексного подхода. Необходимо учитывать:

- климатические особенности региона (от +30 до –30 °С);
- недостаточность естественного освещения в осенне-зимний период, что требует использовать стеклопакет с высоким светопропусканием;
- коэффициент поглощения солнечной энергии для предотвращения разрушения стекла;

– пропускание УФ-лучей для создания нормальных условий для здоровья и комфорта человека;

– энергоэффективность и экологичность должны сочетаться с функциональностью и комфортностью здания.

Стекла с низкой эмиссией выпускаются ведущими мировыми компаниями «AGC flat glass» (Япония), «Pilkington» (Англия), «Saint-Gobain» (Франция), «Guardian» (США). Пример использования низкоэмиссионных стекол компании AGC Flat Glass Europe при остеклении здания представлен на рис. 3.



Рис. 3. Административный офисный центр правительства Московской области

В Республике Беларусь имеются предпосылки для внедрения современных технологий производства низкоэмиссионных стекол в ОАО «Гомельстекло».

Применение энергосберегающих стеклопакетов при строительстве жилого фонда позволит снизить затраты энергетических ресурсов на отопление за счет высокого сопротивления теплопередачи. В табл. 2 приведена динамика ввода в эксплуатацию жилого фонда Республики Беларусь.

Таблица 2

Динамика ввода в эксплуатацию жилого фонда

Год	Ввод в действие общей площади жилых домов, тыс. м ²			Число построенных квартир, тыс.
	всего	в городах и поселках городского типа	в сельских населенных пунктах	
1995	1948,8	1500,5	448,3	27,3
2000	3528,5	2447,4	1081,1	39,4
2001	3008,9	2071,3	937,6	32,5
2002	2810,5	1917,3	893,2	28,8
2003	3019,2	2116	903,2	32
2004	3501,5	2286,9	1214,6	40,4

Окончание табл. 2

Год	Ввод в действие общей площади жилых домов, тыс. м ²			Число построенных квартир, тыс.
	всего	в городах и поселках городского типа	в сельских населенных пунктах	
2005	3785,5	2549,1	1236,4	43,3
2006	4087,6	2708,3	1379,3	45,6
2007	4665,1	3173,6	1491,5	53,1
2008	5140,6	3683,8	1456,8	60,6

Из табл. 2 видно, что в республике наблюдается устойчивая тенденция к росту объемов вводимого в эксплуатацию жилья. В 2008 г. площадь введенного в эксплуатацию жилья уже составила 5140 тыс. м², при этом площадь остекления световых проемов составила около 770 тыс. м².

Расчет годовой экономии тепловой энергии при установке энергосберегающих стеклопакетов производится по выражению

$$\Delta Q = \frac{(K_2 - K_1) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) \cdot F \cdot T}{1163}, \text{ Гкал,}$$

где K_1, K_2 – коэффициенты теплопередачи обыкновенного и энергосберегающего стеклопакета соответственно, Вт/м² · °С; $t_{\text{вн}}$ – температура воздуха внутри помещений, °С; $t_{\text{нар}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С; F – общая площадь остекления, тыс. м²; T – продолжительность отопительного периода, ч.

В табл. 3 приведен расчет годовой экономии тепловой энергии за счет применения энергосберегающих стеклопакетов при строительстве жилья. В расчет взяты климатические условия г. Минска.

Таблица 3

Расчет годовой экономии тепловой энергии

Параметр	Значение
Площадь остекления, тыс. м ²	770
Коэффициент теплопередачи с учетом нормативного сопротивления остекления световых проемов, Вт/м ² · °С	1,32
Коэффициент теплопередачи с учетом сопротивления энергосберегающего остекления световых проемов, Вт/м ² · °С	0,97
Температура воздуха внутри помещений, °С	18
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С	-0,9
Продолжительность отопительного периода, сут	198
Экономия тепловой энергии, Гкал/год	20568

Среднереспубликанский расход топлива на отпуск тепловой энергии составляет 175 кг у. т./Гкал. Годовая экономия первичного топлива за счет установки энергосберегающих стеклопакетов при строительстве жилья составит соответственно 3,6 тыс. т у. т./год.

Годовой экономический эффект от применения энергосберегающих стеклопакетов при строительстве жилья превысит 1,6 млрд р./год. При этом он будет увеличиваться с ростом объема ввода жилого фонда Республики Беларусь.

Заключение

Наибольшее снижение тепловых потерь дают мероприятия, направленные на использование энергосберегающих низкоэмиссионных стекол:

- стеклопакеты с энергосберегающим стеклом способны сократить потери тепловой энергии, идущей на отопление здания, практически в 2 раза;
- важным аспектом применения энергосберегающих стекол является решение экологических проблем за счет снижения выброса вредных веществ в атмосферу при производстве электрической и тепловой энергии.

Преимущества применения стеклопакетов с низкоэмиссионными стеклами:

- однокамерный стеклопакет с любым (К-стекло, I-стекло) низкоэмиссионным стеклом обладает большим эффектом энергосбережения, чем двухкамерный стеклопакет с обычными стеклами;

- однокамерный стеклопакет с энергосберегающим стеклом легче двухкамерного на 10 кг/м² (при толщине стекла – 4 мм), что обеспечивает более продолжительный срок эксплуатации оконного переплета и уменьшает нагрузку на оконную фурнитуру;

- однокамерный стеклопакет с низкоэмиссионным стеклом имеет большее светопропускание, чем двухкамерный с обычными стеклами;

- при массовом производстве цена однокамерного стеклопакета с энергосберегающим стеклом в составе практически не отличается от цены двухкамерного с обычными стеклами.

Опыт ведущих производителей мира показывает, что активное использование низкоэмиссионных стекол в выпуске окон и строительстве, а также государственное финансирование данного проекта позволит сделать существенный шаг вперед в программе энергосбережения в Республике Беларусь.

Литература

1. Об энергосбережении : Закон Респ. Беларусь, 15 июля 1998 г., № 190-3 : в ред. Закона Респ. Беларусь от 20.07.2006 г. // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2006.
2. Токочакова, Н. В. Анализ показателей энергоэффективности промышленных потребителей / Н. В. Токочакова, Д. Р. Мороз // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2006. – № 3. – С. 66–76.
3. <http://www.ucpb.org/rus/documents/estref/04.shtml>.
4. http://okna.ua/library/art-nizkoemissionnoe_steklo_sovremennyj.
5. <http://uteplimsteni.ru/steklo.php>.

Получено 13.10.2009 г.