



## СОЗДАНИЕ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ ТЕПЛОЗАЩИТЫ

Т. А. Ахмяров, научный сотрудник

А. В. Спиридонов, канд. техн. наук, заведующий лабораторией

И. Л. Шубин, доктор техн. наук, директор Научно-исследовательского института строительной физики (НИИСФ)

Продолжая<sup>1</sup> цикл статей о новых подходах к повышению энергоэффективности зданий, подготовленный специалистами НИИСФ, расскажем, как можно минимизировать энергопотребление строящихся и реконструируемых зданий благодаря энергоэффективным вентилируемым ограждающим конструкциям (ЭВОК) с активной рекуперацией теплового потока.

### Российские нормы по теплозащите

В начале 1990-х годов в России, аналогично США (см. справку), основное внимание было уделено повышению теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий, что закреплялось в новой на тот момент редакции СНиП П-3-79\* «Строительная теплотехника» (1995 год).

<sup>1</sup> См. статью «Новый подход к повышению энергоэффективности зданий» (ж. «Энергосбережение», № 5, 2014) где описаны процессы активной рекуперации теплового потока в ЭВОК.

Если в предыдущей редакции данного нормативного документа минимальное приведенное сопротивление теплопередаче стен для условий Москвы составляло  $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ , то на первом этапе изменений оно должно было увеличиться до  $1,9 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ , а на втором – до  $3,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ , т.е. более чем в 3 раза. И это было осуществлено.

В дальнейшем при разработке актуализированной редакции СНиП 23-02-2003 (СП 50.13330.2012 «Свод правил "Тепловая защита зданий"», 2012 год) дальнейшее повышение минимально регламентируемых тепло-технических характеристик ограждающих конструкций было ограничено, что, к слову, до сих пор вызывает бурную полемику.

### Системы активного энергосбережения

В настоящее время для достижения норм по теплозащите в непрозрачных наружных ограждающих конструкциях (стенах и крышах) используется значительный слой утеплителя, что в современных условиях не всегда экономически и энергетически целесообразно [3].

Именно поэтому в последние годы все большее внимание, в том числе и в нашей стране [4], уделяется новой идеологии, которая получила общее название «системы активного энергосбережения» (САЭ).

В общем случае к САЭ относятся системы, использующие вторичные энергоресурсы, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, а также авторегулирование при изменении условий – как снаружи, так и внутри зданий.

Несмотря на то, что САЭ появились не так давно, уже сегодня можно привести примеры зданий, построенных с использованием ряда технологий, входящих в эту идеологию.

Системные программы в области энергосбережения в строительстве в США появились после энергетического кризиса в середине 70-х годов прошлого века [1]. В первом законодательном документе в этой области – Energy Policy Act 1992, утвержденном конгрессом США в 1992 году, сформулирована доктрина о том, что потребление энергоресурсов на теплоснабжение и эксплуатацию зданий должно оставаться на существующем в тот период уровне при возрастающем объеме строительства. Стратегическими направлениями реализации концепции документа были названы не только совершенствование инженерного оборудования зданий, внедрение в строительство новых технологий и использование возобновляемых источников энергии, но и существенное повышение теплозащитных характеристик ограждающих конструкций зданий.

В последней редакции данного закона (принятой в 2005 году [2]) констатируется, что поставленная задача успешно выполнена на территории страны, несмотря на значительное увеличение объемов строительства.



Рис. 1. Пассивный дом с термоактивными стенами в г. Шлезвиг (Германия)

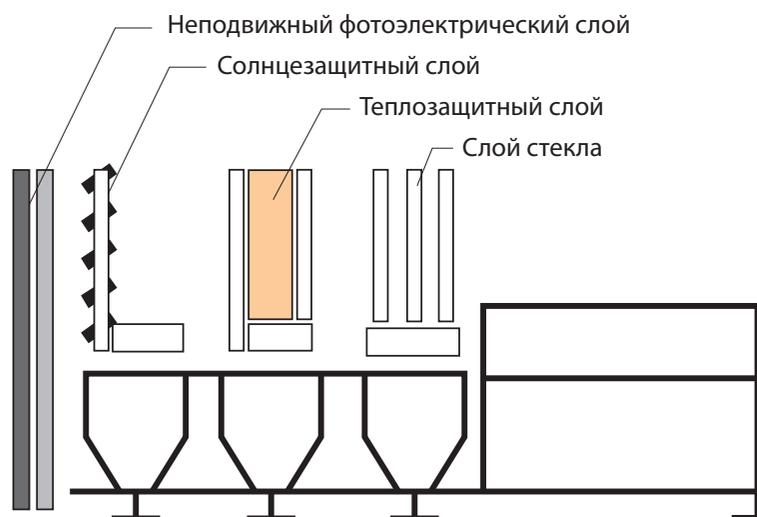


Рис. 2. Концепция сменных слоев



Рис. 3. Внешний вид: а) функциональные слои; б) неподвижный фотоэлектрический слой

### Система термоактивных слоев

Одно из последних интересных зданий, возведенных с использованием системы активного энергосбережения, построено в Германии (рис. 1) на границе с Данией в г. Шлезвиг в конце 2011 года.

Здание было построено с участием фирмы Schüco и задумывалось как полностью соответствующее определению пассивного дома. Кроме того, этот дом является частью программы Schüco «Концепция "2 градуса"»<sup>2</sup>, и применяемая в нем система термоактивных функциональных слоев (рис. 2) направлена на недо-

пущение глобального изменения климата.

Концепция здания состоит в том, что каждая из стен оборудована четырьмя функциональными слоями (рис. 3).<sup>3</sup> При этом слой с установленными фотоэлектрическими панелями является неподвижным, остальные могут перемещаться, заменяя или дополняя друг друга. Открывание и закрывание слоев происходит автоматически по заданной программе в зависимости от времени суток, погоды. Они также могут заменяться и в ручном режиме – по желанию обитателей.

Помимо указанных технологических новинок в здании применена децентрализованная система вентиляции с функцией рекуперации тепла, а также теплохладоаккумуляция с использованием материалов с фазовым переходом (рис. 4).

В системе используется встроенная вентиляция с использованием материалов, которые могут за счет фазового перехода аккумулировать и отдавать тепло или холод. В процессе охлаждения в ночное время материалы с фазовым переходом охлаждаются до более низкого уровня температур и восстанавливаются (заряжаются). Днем холодные материалы с переходом фазы забирают энергию у поступающего теплого воздуха. За счет этого воздух охлаждается, а система с использованием материалов с фазовым переходом снова разряжается.

Используемая в здании специальная система фотоэлектрических панелей ProSol TF с перфорацией помимо выработки электроэнергии может пропускать в помещение естественный свет.

<sup>2</sup> Согласно концепции считается, что если среднегодовая температура атмосферы повысится еще на 2 °С, то на Земле наступят необратимые климатические изменения. Данная программа активно продвигается для создания новых энергоэффективных решений, предотвращающих изменения климата. Программа поддерживается не только фирмой Schüco, но и Международным энергетическим агентством и Европейским союзом.

<sup>3</sup> На сегодняшний день четыре – это максимально возможное число слоев в данной конструкции.

Помимо этого предусмотрена система мониторинга, контролирующая температуру и влажность воздуха, освещенность, содержание  $\text{CO}_2$  и в соответствии с этим управляющая функциональными слоями. К сожалению, пока не опубликованы данные мониторинга эффективности этого здания. Однако представляется, что это сооружение гораздо ближе к системе активного энергосбережения, чем к классу пассивных зданий.

Пока говорить об окупаемости подобных пилотных проектов сложно, поскольку в них используются абсолютно новые концепции, технологии и материалы, которые при массовом производстве и применении становятся значительно дешевле.

### Снижение теплотерь старого жилого фонда

При реализации Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» в области строительства возникает основная проблема –

снижение теплотерь из помещений зданий, построенных в нашей стране в прошлом веке. Они и морально, и физически устарели. Эти здания, которых было построено по некоторым оценкам более 12 млрд  $\text{м}^2$  во всех климатических регионах страны, являются источником огромных энергетических потерь через ограждающие конструкции, а также за счет неэффективных инженерных систем.

В середине 2000-х годов в ряде регионов была запущена программа по реновации и санации жилых зданий, построенных в 60–70-е годы прошлого века. Основные работы предполагали повысить уровень теплозащиты стен за счет различных вариантов наружного утепления, замены или ремонта окон и некоторых коммуникаций. Предполагалось, что за счет этих мероприятий возможно снизить расходы на эксплуатацию жилых помещений на 25–30 %.

К сожалению, мониторинг реконструированных домов показал значительно меньший энергетиче-

ский эффект. Например по результатам обследований, проведенных Мосгосэкспертизой и другими заинтересованными организациями, снижение потребления энергии в них не превышало 10 %. Это связано как с неудачными схемами реконструкции, качеством работ, так и с неэффективными дешевыми материалами и решениями, использованными при реконструкции.

Многолетний достаточно положительный опыт строительства энергоэффективных зданий и реконструкции существующих с применением некоторых технологий активного энергосбережения имеется в Республике Беларусь [5, 6]. В последние годы в этой стране реализовано довольно много интересных проектов, а с 2014 года (на основе наработанного опыта) началось массовое строительство подобных зданий и целых районов.

### Разработка САЭ в России

Исследования, проведенные в НИИ строительной физики в 2011–2013 годах [7, 8], способствовали разработке предложений по использованию технологий и элементов САЭ в ограждающих конструкциях, которые позволят значительно повысить энергетическую эффективность и комфортность существующих зданий в процессе проведения их тепловой санации при реконструкции и ремонте.

Основой данных предложений являются энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции (ЭВОК) с активной рекуперацией теплового потока, которые могут быть широко использованы для строительства, капитального ремонта и реконструкции зданий и сооружений с минимальным энергопотреблением.

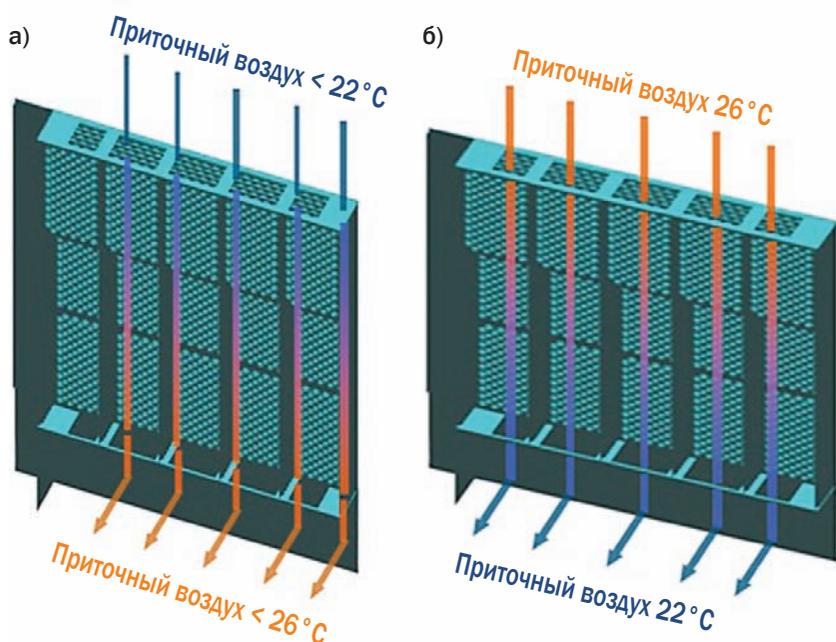


Рис. 4. Работа системы вентиляции: а) ночью; б) днем

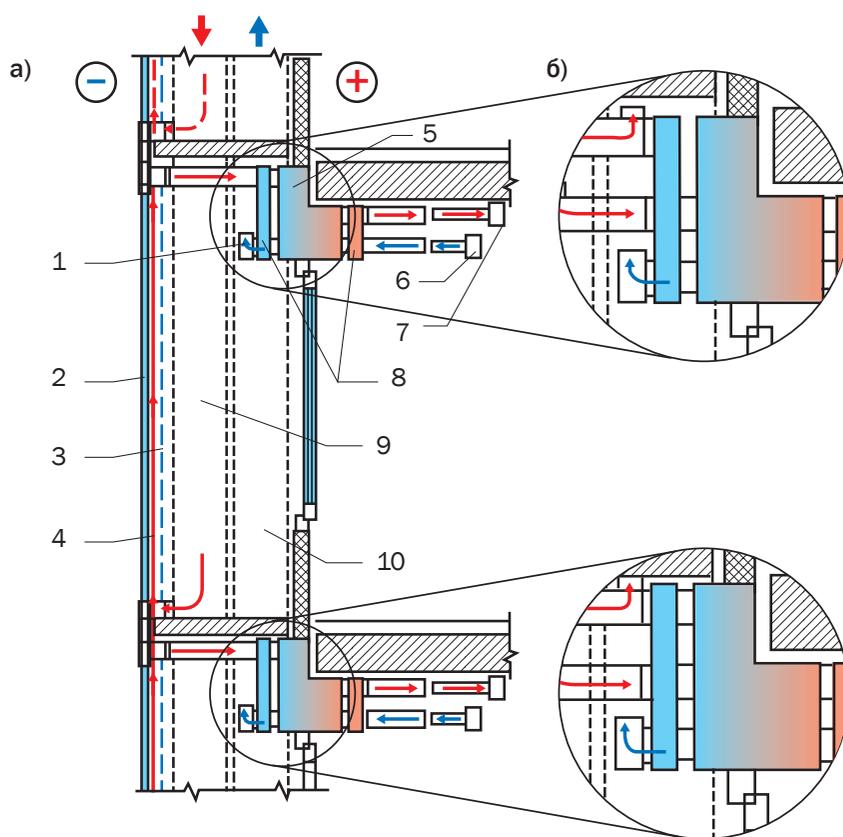
Предлагаемые ограждающие конструкции фактически становятся приточными устройствами системы вентиляции с последующей активной рекуперацией тепла, уходящего ранее в атмосферу через наружные ограждения зданий. Влажностный режим и теплотехническая однородность наружных ограждающих конструкций зданий также улучшаются.

Одно из наиболее актуальных направлений развития энергосбережения в строительной отрасли – создание ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты за счет активной рекуперации теплового потока. Производство таких изделий должно составлять основу строительной индустрии, а их применение позволит ускорить возведение объектов, снизить стоимость, повысить качество и долговечность зданий, а также комфортность микроклимата помещений.

Широкая номенклатура конструкций, выпускаемых отечественными предприятиями крупнопанельного домостроения, дает возможность проводить многовариантное проектирование, использовать в массовом строительстве конструкции с очень высокими потребительскими свойствами: надежностью, долговечностью, экологичностью, эстетичностью. То же относится и к массовому малоэтажному жилищному строительству, которое очень активно развивается в настоящее время в российских городах и других поселениях.

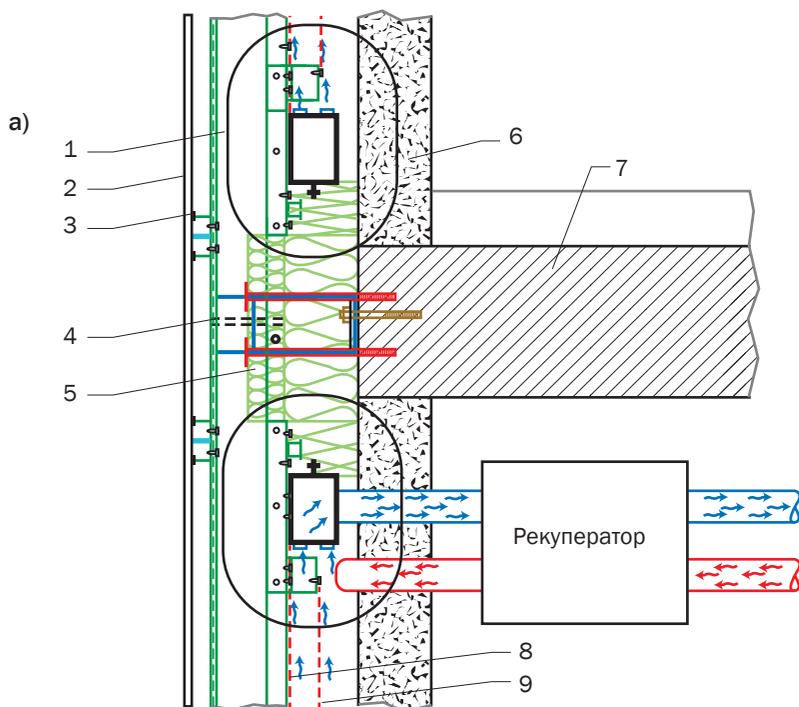
Энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции, утилизируя уходящее тепло, возвращают его в помещение, обеспечивая постоянный комфортный воздухообмен, удобны в эксплуатации и являются перспективными для обеспечения энергосбережения

**Одно из наиболее актуальных направлений развития энергосбережения в строительной отрасли – создание ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты за счет активной рекуперации теплового потока. Производство таких изделий должно составлять основу строительной индустрии, а их применение позволит ускорить возведение объектов, снизить стоимость, повысить качество и долговечность зданий, а также комфортность микроклимата помещений**

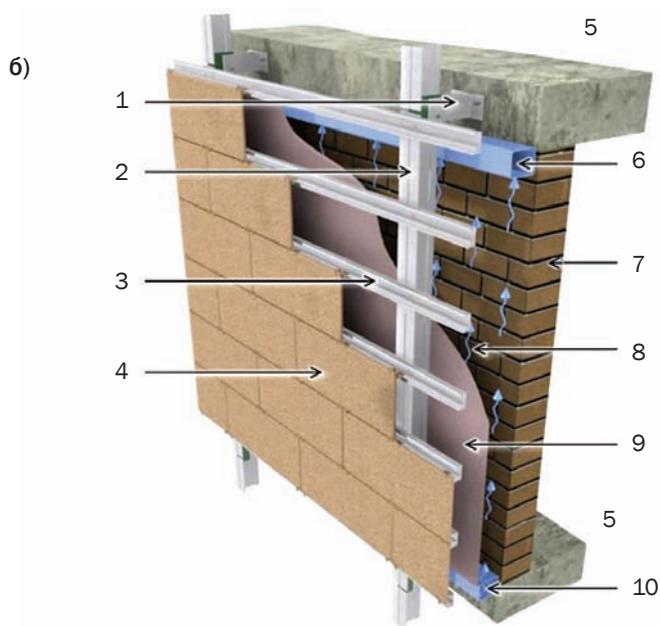


- |   |   |
|---|---|
| 1 – переход в вентиляцию выбросного воздуха | 7 – приточная решетка   |
| 2 – наружная облицовка фасада               | 8 – секции теплохладоаккумуляторов  |
| 3 – теплоотражающий экран                   | 9 – вентиляционная шахта приточного воздуха с подавлением ветровым дефлектором на крыше |
| 4 – движение приточного воздуха             | 10 – вентиляционная шахта выбросного воздуха с вытяжным дефлектором на крыше            |
| 5 – рекуператор-теплообменник               |   |
| 6 – вытяжная решетка                        |   |

**Рис. 5.** Схема энергоэффективной вентилируемой ограждающей конструкции здания с децентрализованной приточно-вытяжной системой вентиляции (с использованием пространства лоджии): а) зимний режим; б) летний режим



- |                                |                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1 – вертикальная направляющая  | 6 – ограждающая кладка               |
| 2 – декоративная облицовка     | 7 – плита межэтажного перекрытия     |
| 3 – ригель крепления облицовки | 8 – наружный теплоотражающий экран   |
| 4 – кронштейн                  | 9 – внутренний теплоотражающий экран |
| 5 – минераловатный утеплитель  |                                      |



- |   |  |
|---|--|
| 1 – кронштейны каркаса фасадной системы NORDEX  | 5 – плита межэтажного перекрытия   |
| 2 – вертикальные направляющие каркаса фасадной системы NORDEX                                     | 6 – канал сбора воздуха  |
| 3 – горизонтальные профили фасадной системы NORDEX для крепления декоративного экрана (облицовки) | 7 – основная стена ( $R$ около $1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) |
| 4 – декоративный экран (облицовка)  | 8 – активный поток воздуха   |
|   | 9 – воздухонепроницаемый теплоотражающий экран (основной, наружный)        |
|   | 10 – распределительный канал потока воздуха                                |

**Рис. 6.** Вариант ЭВОК с креплением в межэтажные перекрытия: а) навесная фасадная система NORDEX с одним теплоотражающим экраном; б) навесная фасадная система с вентилируемым воздушным зазором с двумя теплоотражающими экранами

с использованием вторичных энергоресурсов и возобновляемых источников энергии.

### Навесные фасадные системы с воздушным вентилируемым зазором и активной рекуперацией теплового потока

Некоторые варианты разработанных конструкций в рамках исследований, выполненных в НИИСФ в 2011–2012 годах, приведены в [7].

Одним из наиболее распространенных вариантов реконструкции ограждающих конструкций существующих зданий является использование навесных фасадных систем с воздушным вентилируемым зазором (НФС с ВВЗ). Именно такой вариант является необычайно удобным для преобразование в ЭВОК.

В частности, одной из проблемных зон в многоэтажных зданиях являются остекленные лоджии. Возможна модернизация этих элементов здания с применением ЭВОК, обеспечивающая (помимо значительного снижения теплопотерь через остекленные элементы лоджий) их использование в качестве элемента вентиляционной системы помещений (рис. 5).

Большинство производителей навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором имеют различные варианты использования наружных облицовочных фасадных панелей (фиброцементные и асбестоцементные плиты с декоративным покрытием, алюминиевые панели, многие другие материалы) достаточно большого размера, с небольшим весом и внутренним теплоотражающим слоем из легированной алюминиевой фольги.

Совместно с некоторыми фирмами - производителями НФС с ВВЗ специалистами НИИСФ разрабатываются варианты ЭВОК для использования в новом строительстве, капитальном ремонте и реконструкции зданий различного назначения (рис. 6). В настоящее время институт совместно с некоторыми компаниями – производителями готовит серию лабораторных испытаний эффективности новых конструкций.

### Результаты испытаний сегментов вентилируемых ограждающих конструкций зданий

Разработан универсальный стенд для аэродинамических и теплотехнических испытаний сегментов вентилируемых ограждающих конструкций зданий, который значительно упрощает юстировку параметров воздушного потока в ЭВОК, а также последующие теплотехнические испытания.

В первую очередь подходящими объектами для внедрения энергоэффективных вентилируемых ограждающих конструкций, по нашему мнению, являются детсады, школы, поликлиники, культурно-массовые и общественные здания, где, помимо повышения теплозащитных качеств ограждающих конструкций, необходимо обеспечить комфортное интенсивное вентилирование помещений во время постоянного присутствия людей.

Испытания<sup>4</sup>, проведенные в 2013 году в климатической камере НИИСФ, показали, что для ЭВОК возможно **повысить энергетическую эффективность в несколько раз относительно существующих современных ограждающих конструкций и действующих норм.** Были получены коэффициенты рекуперации теплового потока:

- для светопрозрачных ограждающих конструкций выше 90 %,

- для непрозрачных ограждающих конструкций выше 95 %.

Доказана и возможность ступенчатого повышения эффективности за счет размещения и последовательного действия двух и более теплоотражающих экранов/слоев в зоне действия воздушной завесы.

Это позволяет предположить возможность практически полной рекуперации теплового потока через ЭВОК, включая светопрозрачные конструкции. А это, соответственно, открывает новые перспективы для строительства и реконструкции зданий (сооружений, теплиц) с большим коэффициентом остекления.

В настоящее время НИИСФ проводит многочисленные работы по подготовке разработанных энергоэффективных вентилируемых ограждающих конструкций к опытному внедрению на различных объектах Москвы, Московской области, Республики Башкортостан. Институт готов к сотрудничеству с региональными инвесторами, проектными организациями и индустриальными партнерами по внедрению энергоэффективных вентилируемых ограждающих конструкций с активной рекуперацией теплового потока для строительства и реконструкции зданий и сооружений с минимальным энергопотреблением.

#### Литература

1. Шубин И. Л., Спиридонов А. В. Законодательство по энергосбережению в США, Европе и России. Пути решения // Вестник МГСУ. 2011. № 3. Т. 1.
2. The Energy Policy Act of 2005 (Pub. L. 109-58), the United States Congress, July 29, 2005.

3. Шубин И. Л., Спиридонов А. В. Проблемы энергосбережения в российской строительной отрасли // «Энергосбережение». 2013. № 1.».

4. Протокол № 1/2014 расширенного заседания Объединенного научно-технического совета по вопросам градостроительной политики и строительства города Москвы (совместно с Межведомственным экспертным советом по энергосбережению в строительстве на территории города Москвы) по теме: «Градостроительная политика города Москвы в области повышения энергетической эффективности городского строительства». г. М., 21 февраля 2014.

5. Данилевский Л. Н. Принципы проектирования и инженерное оборудование энергоэффективных жилых зданий. Минск: БизнесСофсет, 2011. 374 с.

6. Данилевский Л. Н. Опыт строительства энергоэффективных зданий в Республике Беларусь. Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий Passive House: Материалы 7-й конференции по пассивным домам и зданиям с низким энергопотреблением 11-12 апреля 2012 года М., 2012.

7. Ахмяров Т. А., Беляев В. С., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла // Энергосбережение. 2013. № 4.

8. Ахмяров Т. А., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Новые принципы проектирования и оценки наружных ограждающих конструкций с использованием рекуперации тепла и других технологий «активного» энергосбережения // Жилищное строительство. 2014. № 6. ■

<sup>4</sup> Более подробно результаты экспериментов будут представлены в последующих публикациях.