

Т.А. АХМЯРОВ, А.В. СПИРИДОНОВ, И.Л. ШУБИН  
Научно-исследовательский институт строительной физики, Россия

## СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ С АКТИВНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА И ВЛАГИ ДЛЯ ЭНЕРГОПАССИВНЫХ ЗДАНИЙ

В статье представлены системы активного энергосбережения (САЭ). К САЭ относятся системы, которые используют вторичные энергоресурсы, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, а также авторегулирование при изменении условий снаружи и внутри зданий.

**Ключевые слова:** системы активного энергосбережения, рекуперация тепла и влаги, энергопассивные здания

Системные программы в области энергосбережения в строительстве появились после энергетического кризиса в середине 70-х годов прошлого века [1]. Через некоторое время был принят первый законодательный документ в этой области - Energy Policy Act 1992, утвержденный в том же году Конгрессом США (последняя редакция этого документа была принята в 2005 г. [2]). В этом документе была сформулирована доктрина о том, что потребление энергоресурсов на теплоснабжение и эксплуатацию зданий должно оставаться на существующем в тот период уровне при возрастающем объеме строительства. В последнем по времени энергетическом законе США (2005 г.) [2] было констатировано, что эта задача была успешно выполнена на территории этой страны, несмотря на значительное увеличение объемов строительства.

Стратегическими направлениями реализации концепции этого документа в 1992 г. были обозначены не только совершенствование инженерного оборудования зданий и внедрение в строительство новых технологий и использование возобновляемых источников энергии (к сожалению, уже через несколько лет работы в этих направлениях были приостановлены из-за несовершенства технологических решений того времени), но и существенное повышение теплозащитных характеристик ограждающих конструкций зданий.

В Российской Федерации в начале 90-х годов было принято аналогичное решение - в новой (для того времени) редакции СНиП П-3-79\* (1995 г.) «Строительная теплотехника» основное внимание было уделено повышению теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий. Если в предыдущей редакции данного нормативного документа минимальное при-

веденное сопротивление теплопередаче стен для условий г. Москвы составляло 1,0 кв.м град/Вт, то согласно первому этапу изменений оно должно было увеличиться до 1,9 кв.м град./Вт, а на втором этапе - до 3,13 кв.м град./Вт - т.е. более, чем втрое. Несмотря на то, что было довольно много оппонентов этого решения, оно было осуществлено. В дальнейшем, при разработке актуализированной редакции СНиП 23-02-2003 (СП 50.13330.2012 Свод правил «Тепловая защита зданий», 2012 г.) еще большее повышение минимально регламентируемых теплотехнических характеристик ограждающих конструкций было ограничено, что, к слову, также вызывает бурную полемику до сих пор.

В настоящее время для достижения норм по теплозащите в непрозрачных наружных ограждениях (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, которые используют вторичные энергоресурсы, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, а также авторегулирование при изменении условий - как снаружи, так и внутри зданий. Несмотря на то, что системы «активного» энергосбережения появились не так давно, уже сегодня можно привести примеры зданий, построенных с использованием ряда технологий, входящих в эту идеологию.

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



Рис. 1. Пассивный дом с термоактивными стенами в Шлезвиге (Германия), 2011 г.

Это здание было построено с участием фирмы ШУКО и задумывалось как полностью соответствующее определению «пассивного» дома. Кроме того, этот дом является частью программы ШУКО «Концепция «2 градуса».

Эта программа активно продвигается как этой фирмой для создания новых энергоэффективных решений, так и Международным энергетическим агентством и Европейским Союзом. Считается, что если среднегодовая температура атмосферы повысится еще на 2 градуса, то на Земле наступят необратимые климатические изменения. И эти решения ограждающих конструкций - один из вкладов ШУКО в недопущение подобного сценария.

В здании применена система термоактивных слоев, схема которой приведена на рисунке 2.

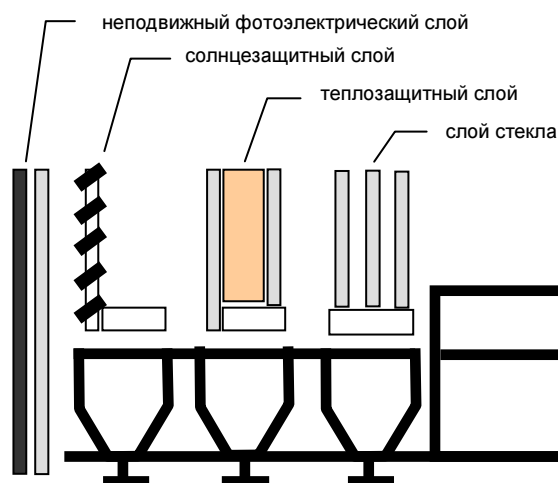


Рис. 2. Концепция сменных слоев

Концепция здания состоит в том, что каждая из стен оборудована 4-мя функциональными слоями. На сегодняшний день - четыре слоя это максимально возможное их число. При этом один слой (с установленными фотоэлектрическими панелями) является неподвижным, остальные могут перемещаться, функционально заменяя или дополняя друг друга. Открывание и закрытие слоев происходит автоматически по заданной программе в зависимости от времени суток, погоды, а также они могут заменяться и в ручном режиме - по желанию обитателей. Внешний вид системы функциональных термоактивных слоев приведен на рисунке 3.

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. В процессе охлаждения в ночное время материалы с фазовым переходом охлаждаются до более низкого уровня температур и восстанавливаются. 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».



Рис. 3. Внешний вид функциональных слоев (а) и неподвижного фотоэлектрического слоя (б)

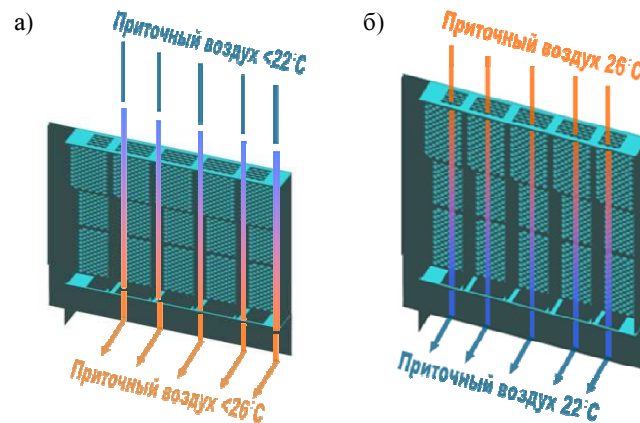


Рис. 4. Работа системы вентиляции ночью (а) и днем (б)

В здании использована специальная система фотоэлектрических панелей ProSol TF с перфорацией, которые - помимо выработки электроэнергии - пропускают в помещения естественный свет.

Также в помещениях установлена система мониторинга, которая контролирует температуру, влажность воздуха, освещенность, содержание  $\text{CO}_2$  и в соответствии с этим управляет 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.

Естественно, говорить об «окупаемости» подобных пилотных проектов невозможно - в них используются абсолютно новые концепции, технологии и материалы, которые при массовом производстве и использовании становятся значительно дешевле.

При реализации Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности ...» в области строительства возникает основная проблема - снижение теплопотерь из помещений зданий, построенных в нашей стране в прошлом веке. Они и морально, и физически устарели. Эти здания, которых было построено великое множество (по некоторым оценкам - более 12 миллиардов квадратных метров) 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-е-70-е годы прошлого века. Основные работы предполагали утепление стен за счет различных вариантов наружного утепления, замену окон и ремонт или замену 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 энергетический эффект - 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.

В то же время, имеется многолетний достаточно положительный опыт строительства энергоэффективных зданий и реконструкции существующих с применением некоторых технологий «активного» энергосбережения в Республике Беларусь [5, 6].

В последние годы в соседней стране реализовано довольно много интересных проектов (см., например, рис. 5), а с 2014 года (на основе наработанного опыта) началось массовое строительство подобных зданий и целых районов.

#### Энергоэффективный дом в минском микрорайоне Красный Бор с элементами новой системы вентиляции на фасаде здания.



Рис. 5. Реализованные проектные предложения в Республике Беларусь

Исследования, проведенные в НИИ строительной физики в 2011-2013 годах [7, 8], позволили нам разработать предложения по использованию технологий и элементов САЭ в ограждающих конструкциях, которые позволят значительно повысить энергетическую эффективность существующих зданий в процессе проведения их тепловой санации при реконструкции и ремонте.

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

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.

Одним из наиболее актуальных направлений развития энергосбережения в строительной отрасли - создание ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты. Производство таких изделий должно составлять основу строительной индустрии, а их применение позволит ускорить возведение объектов, снизить стоимость, повысить качество и долговечность зданий. 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 с использованием вторичных энерго-ресурсов и возобновляемых источников энергии.

Некоторые варианты разработанных нами 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 переработки в ЭВОК.

В частности, одной из проблемных зон в многоэтажных зданиях являются остекленные лоджии (рис. 6). На рисунке 7 предложен вариант модернизации этих элементов здания с применением ЭВОК, который обеспечивает (помимо значительного снижения теплопотерь через остекленные элементы лоджий) их использование в качестве элемента вентиляционной системы помещений.

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.



Рис. 6. Многоэтажное здание с остекленными лоджиями

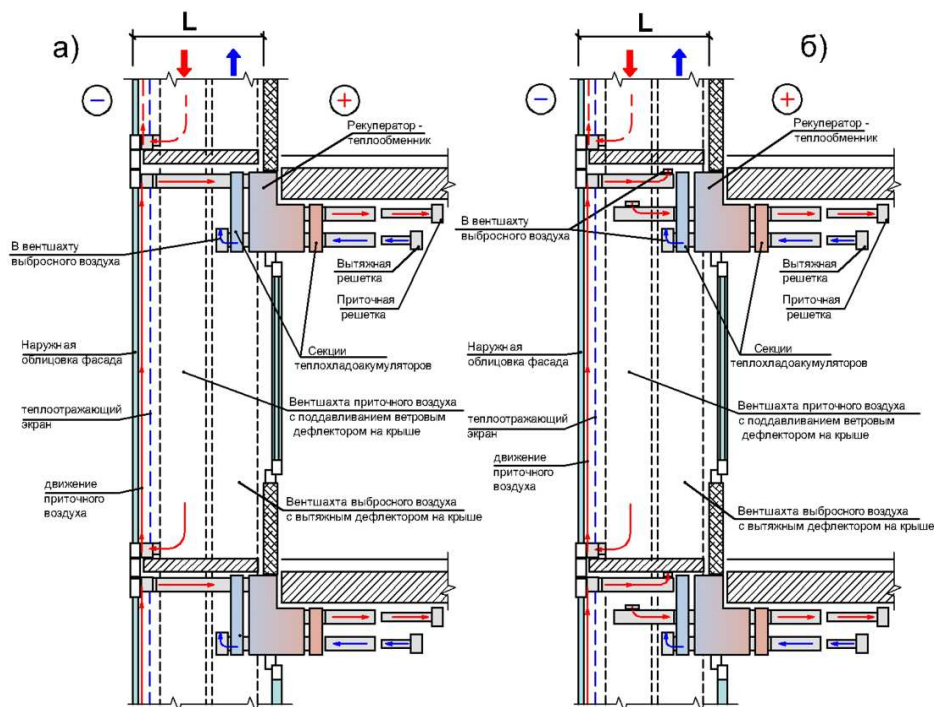


Рис. 7. Схема энергоэффективной вентилируемой ограждающей конструкции здания с децентрализованной приточно-вытяжной системой вентиляции (с использованием пространства лоджии): а) зимний режим; б) летний режим

Совместно с некоторыми фирмами - производителями НФС с ВВЗ нами разрабатываются варианты ЭВОК для использования в новом строительстве и реконструкции зданий различного назначения (рис. 8 и 9). В настоящее время институт совместно с некоторыми компаниями - производителями готовит серию лабораторных испытаний эффективности новых конструкций.

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

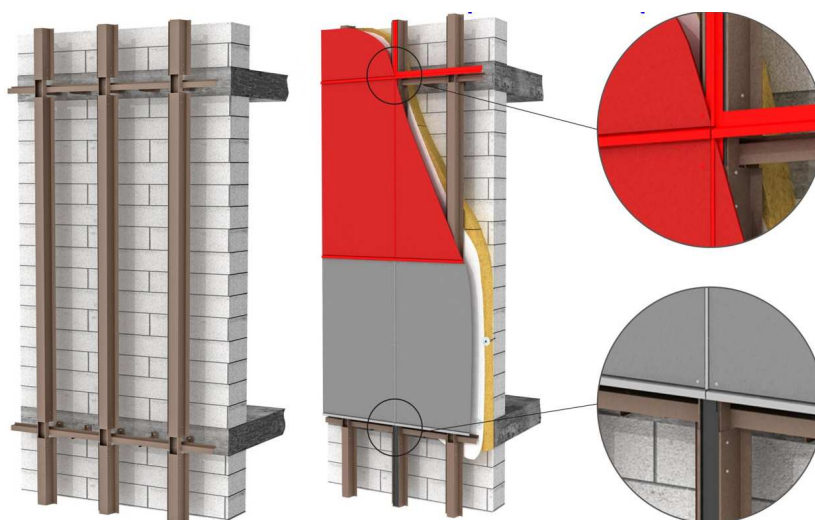


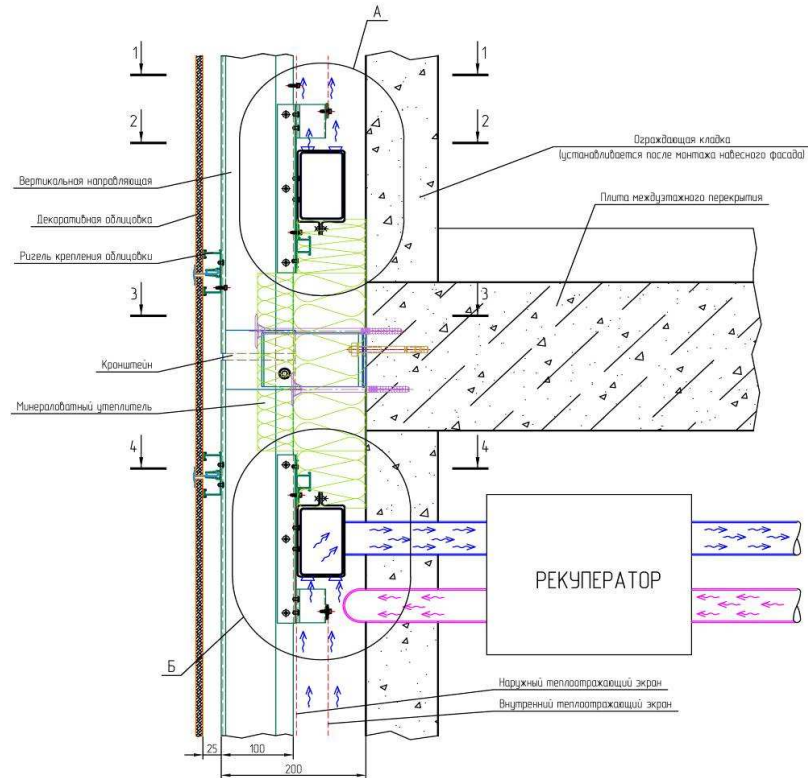
Рис. 8. Навесная фасадная система с вентилируемым воздушным зазором НФС с ВВЗ (вариант крепления в межэтажные перекрытия)

В первую очередь подходящими проектами 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 в присутствии людей.

Испытания, проведенные в 2013 году в климатической камере НИИСФ РААСН, 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 выше 90% для светопрозрачных и выше 95% для непрозрачных ограждающих конструкций. Доказана и возможность ступенчатого повышения эффективности за счет размещения и последовательного действия 2-х и более теплоотражающих экранов/слоев в зоне действия воздушной завесы.



## а) Вертикальный разрез по плите перекрытия



## б) общий вид с двумя теплоотражающими экранами

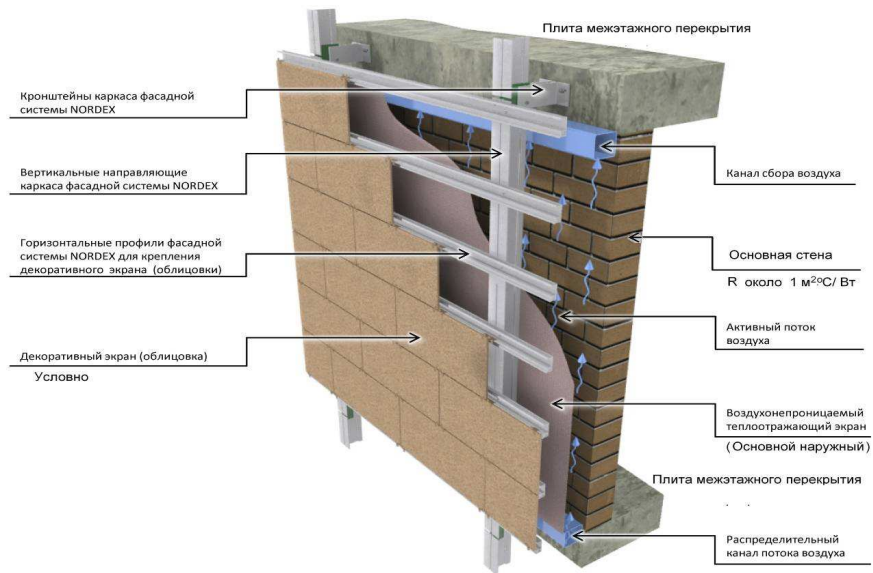


Рис. 9. Навесная фасадная система NORDEX с активным энергосбережением (вариант крепления в межэтажные перекрытия)

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.

Более подробно результаты экспериментов будут представлены в последующих публикациях.

В настоящее время НИИСФ проводит многочисленные работы по подготовке разработанных энергоэффективных вентилируемых ограждающих конструкций к опытному внедрению на различных объектах г. Москвы, Московской области, республики Башкортостан.

Институт готов к сотрудничеству с региональными инвесторами, проектными организациями и промышленными партнерами по внедрению энергоэффективных вентилируемых ограждающих конструкций с активной рекуперацией потока тепла для строительства и реконструкции зданий и сооружений с минимальным энергопотреблением.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Шубин И.Л., Спиридонов А.В., Законодательство по энергосбережению в США, Европе и России. Пути решения, Вестник МГСУ 2011, № 3, т. 1, с. 4-14.
- [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, с. 15-21.
- [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. Москва, 21 февраля 2014.
- [5] Данилевский Л.Н., Принципы проектирования и инженерное оборудование энергоэффективных жилых зданий, Бизнес Софсет, Минск 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 г., Москва 2012, с. 151-154.
- [7] Ахмяров Т.А., Беляев В.С., Спиридонов А.В., Шубин И.Л., Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла, Энергосбережение 2013, № 4, с. 36-46.
- [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 (в печати).

## **ENERGY SAVING SYSTEMS WITH ACTIVE RECOVERY HEAT AND MOISTURE FOR PASSIVE BUILDINGS**

**The paper presents the active power system. This system include secondary energy resources, alternative and renewable energy sources, as well as autoregulation conditions change on the outside and inside buildings**

**Keywords: active energy saving systems, recovery heat and moisture passive buildings**