ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ ОКНА В СИСТЕМЕ АКТИВНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

ТАГИР АХМЯРОВ, ВЛАДИМИР БЕЛЯЕВ, АЛЕКСАНДР СПИРИДОНОВ, ИГОРЬ ШУБИН

Необходимые для энергоэффективных зданий ограждающие конструкции с использованием распространённых в мире и России технологий достигли своего предела по теплотехническим характеристикам. Следовательно, дальнейшее усовершенствование таких пассивных методов энергосбережения становится экономически нецелесообразным.

Разработаны принципиально новые конструкции окон, используемые в системе активного энергосбережения, которые могут стать одним из альтернативных решений для энергоэффективного домостроения.

Энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции (в том числе светопроницаемые), используемые в системах активного энергосбережения, дают возможность повысить уровень теплозащиты и комфортности микроклимата помещений при значительной экономии топливно-энергетических ресурсов. Работы по созданию систем активного энергосбережиня были начаты в России в последние годы на основе оригинальных исследований [1–3]. Разработка технологии ещё не окончена, тем не менее уже сейчас её можно назвать перспективным направлением в развитии энергосбережения.

В техническом решении используются методы активной рекуперации уходящей тепловой энергии (трансмиссионной и радиационной) через наружные ограждения, а также дополнительная рекуперация и утилизация низкопотенциальной тепловой энергии вентиляционных выбросов в условиях существующей вентиляции и при использовании теплообменников с обменом теплоты и влаги. Планируется повысить эффективность конструкций за счёт применения ветровых вентиляционных дефлекторов повышенной энергоэффективности и теплохладоаккумуляции на фазовых переходах с использованием солнечной энергии, поступление которой будет регулироваться специально разработанными солнцезащитными и теплоотражающими устройствами.

Как показала практика, технологию с рекуперацией тепловой энергии можно реализовать во многих существующих наружных ограждениях с минимальной реконструкцией.

Общий вид вентилируемого окна, используемого в системе активного энергосбережения (натурные испытания)

Принцип действия системы с рекуперацией

Основной принцип действия системы по рекуперации трансмиссионной и радиационной тепловой энергии (соответственно за счёт теплопередачи с конвекцией и теплового излучения) заключается в особой организации условий поступления потока наружного воздуха и дальнейшего

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

- Вентилируемые наружные ограждающие конструкции с повышенным уровнем теплозащиты.
- Децентрализованная приточно-вытяжная вентиляция с распределителями или рекуператорами, встроенными в оконную конструкцию.
- Использование вторичных энергоресурсов, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.
- Активная рекуперация теплоты и влаги вентиляционных выбросов, уходивших ранее в атмосферу через наружные ограждающие конструкции здания (коэффициент рекуперации для светопрозрачных конструкций выше 90%).
- Авторегулирование при изменении условий (как снаружи, так и внутри зданий).
- Возможность реализации в существующих наружных ограждениях с минимальной реконструкцией.

прохождения его через оконную конструкцию, а также теплоотражения с помощью специальных экранов (автономных или в виде покрывающих слоёв) (рис. 1).

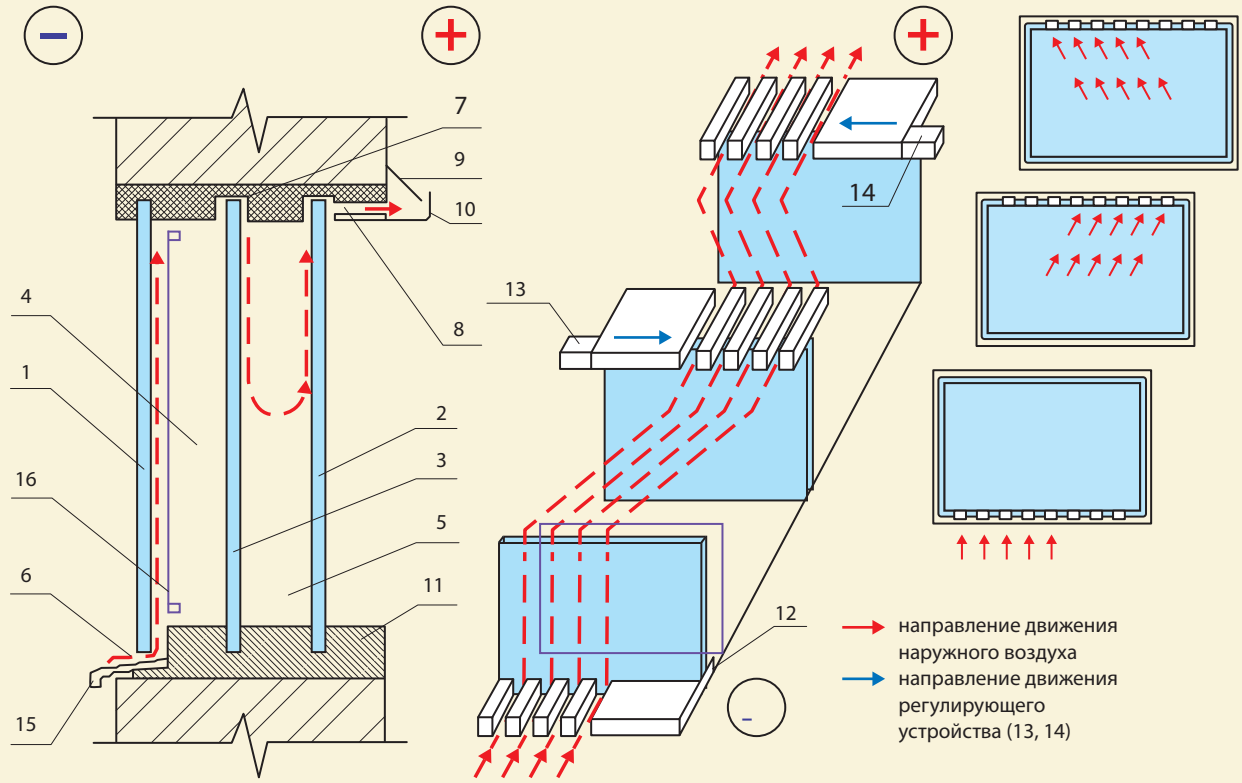
В воздушном промежутке на входе воздушного потока создаётся плоская воздушная завеса из холодного поступающего воздуха, максимально охлаждающая поверхности, слои, теплоотражающие экраны и гибкие связи, которые передают тепловую энергию в атмосферу.

Здание снаружи становится более холодным, уходившая ранее теплота передаётся приточному воздуху, который (уже подогретый) используется в дальнейшем для вентиляции в нормируемом объёме и даже больше. В этом случае отсутствуют зоны дискомфорта, что повышает комфортность помещения и позволяет интенсивно вентилировать его в присутствии людей. Теплота и влага вентиляционных выбросов могут передаваться входящему воздуху посредством эффективных малогабаритных рекуператоров, встроенных в оконную конструкцию.

Окна фактически становятся приточными устройствами системы вентиляции. При активной рекуперации теплоты поток наружного воздуха используется как удобный, безопасный и дешёвый теплоноситель, который осуществляет теплосъем со всего, что передаёт тепловая энергия в атмосферу. При этом повышается теплотехническая однородность и долговечность наружных ограждающих конструкций.

Одна из основных составляющих предлагаемого комплексного технического решения — переход на децентрализованную приточно-вытяжную вентиляцию с эффективной рекуперацией теплоты и влаги вентиляционных выбросов. Такие современные воздухо-воздушные

РИС. 1. СХЕМА РАБОТЫ ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ОКОННОЙ КОНСТРУКЦИИ [4]



1–3 – Внешнее, внутреннее и промежуточное остекление соответственно.
4, 5 – Наружное и внутреннее межстекольное пространство соответственно.
6–8 – Входные, вентиляционные и выходные отверстия соответственно.
9 – Обратный клапан.
10 – Козырёк.
11 – Оконная коробка.
12 – Регулирующее устройство входящего воздуха.
13, 14 – Устройства регулирования воздушного потока.
15 – Отлив.
16 – Теплоотражающий экран (жалюзи, светопрозрачная плёнка с покрытием К-стекло и т. п.).

ВОЗДУХ КАК УТЕПЛИТЕЛЬ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ

Поток холодного наружного воздуха, особенно интенсивный и влажный, эффективно осуществляет теплосъем с поверхностей наружных ограждений, увеличивает теплопотери и отрицательно действует на энергосбережение. Однако это происходит в случаях, когда поток после взаимодействия с тёплыми поверхностями возвращается в атмосферу.

Если воздушный поток, который осуществил эффективный теплосъем с нужных поверхностей, направляется внутрь помещения путём переключения пути следования, получается также значительный тепловой эффект, но уже с положительным знаком.

Характер описываемых процессов зависит от геометрии прослойки, теплофизических характеристик материалов, температуры внутреннего и наружного воздуха, расхода фильтрующегося воздуха, конструкции приёмных и выводящих клапанов.

Следует отметить, что в этих условиях совместное действие теплоотражающего экрана в воздушном промежутке и вентилирования через этот промежуток с активной рекуперацией выходящего теплового потока внутрь помещения повышает тепловой эффект в 5–10 раз, что доказано экспериментально в постановочных экспериментах. Этот эффект в дальнейшем будет повышен в результате оптимизации. Очень важно и место размещения экрана, его характеристики и то, куда идёт теплота от нагретого теплоотражающего экрана, расположенного в воздушной прослойке, – в атмосферу или рекуперируется внутрь помещения.

При правильной организации поступления и прохождения наружного воздуха через конструкцию возможно снизить теплопотери из помещения практически до минимума, что также было доказано экспериментально. В предлагаемом техническом решении холодный наружный воздух становится внутренним воздухом конструкции сразу после прохождения входной щели. В зимнем режиме он уже не может выйти в атмосферу, а проходит дальше внутрь конструкции, нагреваясь за счёт теплоты, выходящей из помещения через вентилируемую оконную конструкцию. Входная щель расположена в нижней внешней части модуля ограждения.

При направлении потока на внутреннюю поверхность наружного экрана происходит срывание воздушной завесой из холодного входящего воздуха естественного конвекционного потока, который ранее (при отсутствии воздушной завесы) опускался по внутренней поверхности наружного экрана (оболочки) здания.

Сразу на начальном этапе воздушная завеса охлаждает практически до наружной температуры наружную оболочку изнутри, а также другие слои, включая теплоотражающие экраны, и гибкие связи, которые передают теплоту в атмосферу. Происходит выгодное использование «зоны дискомфорта с температурой наружного воздуха» до входа вентиляционного воздуха в помещение с применением установившегося режима с активным обдуванием поверхностей теплосъема большой площади экономичной затопленной полуограниченной плоской струёй поступающего холодного воздуха. Соответственно, здание с наружной оболочкой и внешними теплоотражающими экранами, охлаждёнными практически до температуры наружного воздуха, практически не будет терять теплоту в атмосферу через наружные ограждающие конструкции.

установки сегодня достаточно распространены, имеют стабилизированный регулируемый приток и вытяжку воздуха, а также очень высокий коэффициент полезного действия.

Аналогичный принцип может быть применён и для других наружных ограждающих конструкций.

Эффективность вентилируемых окон

В 2010–2012 годах были проведены серии экспериментов по определению эффективности системы с активной рекуперацией. Опытный образец представлял собой вентилируемое деревянное окно с тройным остеклением из листового стекла и съёмным теплоотражающим экраном. Исследователи провели три серии испытаний в климатических камерах. Результаты экспериментов для 10 различных вариантов исполнения опытного образца при разных режимах вентиляции (см. таблицу) представлены на рис. 2 [5].

Максимальное значение теплотехнической эффективности такого довольно несложного окна с обеспечением вентиляции межстекольного пространства составило 6,7 м²•°С/Вт, что в несколько раз выше показателей наиболее эффективных современных светопрозрачных конструкций.

Задача разработки приточного устройства с частичным подогревом наружного воздуха за счёт теплового потока через оконное заполнение (экономайзерный эффект) требует решения комплекса вопросов. Необходимы следующие процедуры:

1. Расчёт температуры приточного воздуха на выходе из устройства во всём реальном диапазоне температуры наружного воздуха и нормируемых расходов воздуха (от 25 до 60 м3/ч), подкреплённого результатами лабораторных или натурных испытаний.

2. Аэродинамический расчёт сопротивлений отдельных участков воздушного тракта с нахождением требуемой площади отверстий для поступления и выпуска воздуха.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА

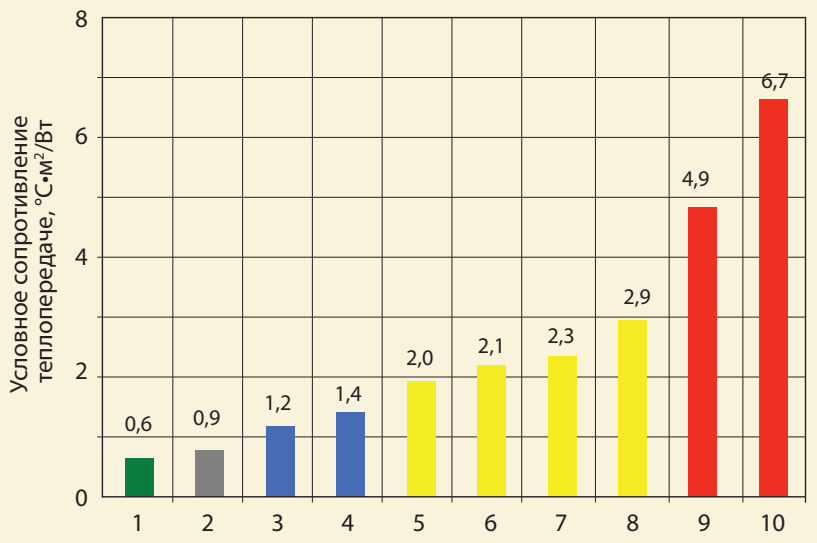
Номер образца	Вариант исполнения		Параметры исследования		Вид вентиляции
	Наличие теплоотражающего экрана	Наличие вентилятора	Приток воздуха, м³/ч	Температура приточного воздуха, °С	
1	Нет	Нет	–	–	Вентиляции нет
2	Жалюзи из алюминиевой фольги	Нет	–	–	Вентиляции нет
3	Нет	На притоке	22,0	–6,6	Принудительный приток воздуха
4	Нет	На притоке	20,5	–8,9	Принудительный приток воздуха
5	Жалюзи с горизонтальными алюминиевыми ламелями	На притоке и вытяжке	30,8	–11,3	Принудительный приток и вытяжка воздуха
6	Жалюзи с горизонтальными алюминиевыми ламелями	На вытяжке	16,3	–1,2	Принудительная вытяжка воздуха
7	Жалюзи с горизонтальными алюминиевыми ламелями	На притоке	19,1	–5,5	Принудительный приток воздуха
8	Жалюзи с горизонтальными алюминиевыми ламелями	На вытяжке	19,7	–4,4	Принудительная вытяжка воздуха
9	Жалюзи из алюминиевой фольги	На притоке	22,0	–7,0	Принудительный приток воздуха
10	Жалюзи из алюминиевой фольги	На притоке	20,6	–6,8	Принудительный приток воздуха

3. Определение параметров воздушной струи в помещении в диапазоне изменения температур и количества наружного воздуха по п. 1, которыми характеризуется приемлемость и эффективность рассматриваемого решения.

На основе проведённых испытаний и исследований были разработаны различные схемы светопрозрачных конструкций, которые возможно использовать в системах активного энергосбережения. В частности, на рис. 3 представлен вариант светопрозрачной конструкции из ПВХ-профиля. Окно состоит из двух автономных оконных коробок с различными вариантами светопрозрачных заполнений, в том числе теплоотражающими. Воздушный поток проходит между коробками с регулированием заслонками и выходит в помещение через распределитель или рекуператор.

Стоит отметить, что в мире накоплен многолетний достаточно положительный опыт строительства и реконструкции зданий с применением некоторых технологий активного энергосбережения. Одно из новых интересных зданий построено в городе Шлезвиг (Германии, 2011). Дом с системой термоактивных функциональных слоев является частью программы Schüco

РИС. 2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ 10 ВАРИАНТОВ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ



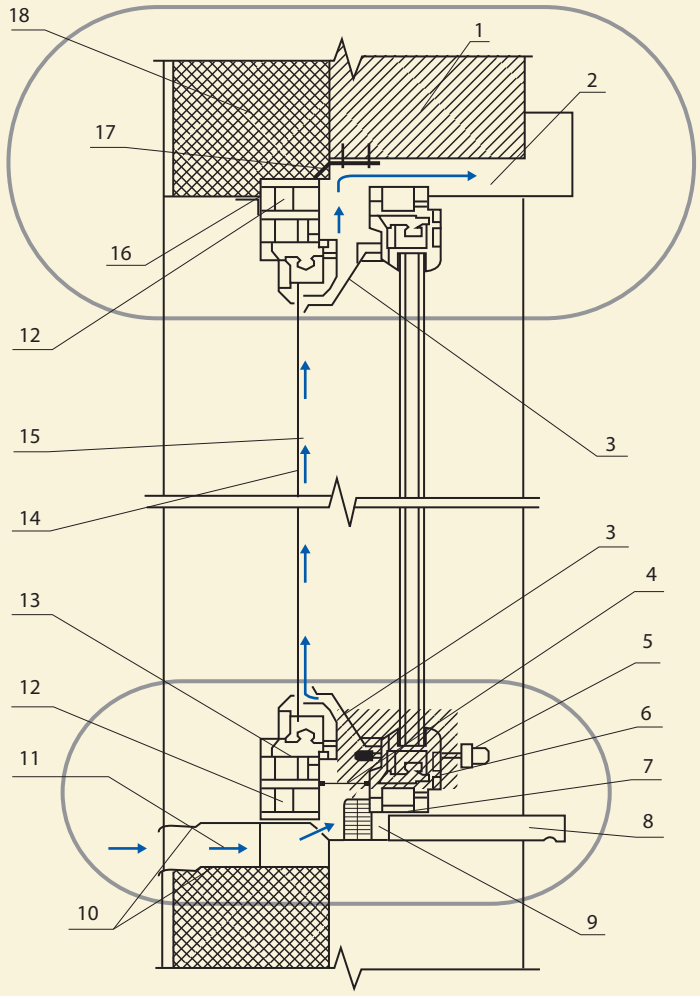
«Концепция "2 градуса"». В последние годы и в Республике Беларусь реализовано довольно много интересных проектов, а с 2014 года (на основе наработанного опыта) началось массовое строительство подобных зданий и целых районов [6].

В России начиная с 2010 года, в двухкомнатной квартире площадью 57 м2, расположенной на 10-м этаже московского 22 этажного дома, проводится натурный эксперимент по применению и оценке эффективности системы активного энергосбережения: верхняя часть окна работает на приток воздуха в помещение, а нижняя — на вытяжку. Мониторинг работы смонтированной системы показывает, что светопрозрачная конструкция обеспечивает комфортный режим микроклимата во всей квартире.

Литература

1. Беляев В., Хохлова Л. Проектирование энергоэкономичных и энергоэффективных зданий. М. : Высшая школа, 1992. 255 с.
2. Беляев В., Граник Ю., Матросов Ю. Энергоэффективность и теплозащита зданий. М. : АСВ, 2012. 400 с.
3. Беляев В., Лобанов В., Ахмяров Т. Децентрализованная приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла // Жилищное строительство. 2011. № 3. С. 73–77.
4. Патент РФ2295622. Вентилируемое окно / Ахмяров Т. А.; Заявл. 14.03.2005. Опубл. 20.03.07. Бюл. № 8.
5. Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла / Т. А. Ахмяров и др. // Энергосбережение. 2013. № 4. С. 36–46.
6. Ахмяров Т. А., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Создание наружных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты // Энергосбережение. 2014. № 6. С. 26–33.

СХЕМА ВЕНТИЛИРУЕМОГО ОКНА НА ОСНОВЕ ПВХ-ПРОФИЛЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ АКТИВНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ



1 – Стена.
2 – Распределить входного воздуха (вариант 1) или рекуператор (вариант 2).
3 – Регулируемая заслонка.
4 – Входной фильтр приточного воздуха.
5 – Ручка для регулирования заслонки.
6 – Внутренний оконный блок.
7 – Утеплитель.
8 – Подоконник.
9 – Дополнительный профиль.
10 – Отлив.
11 – Вход наружного воздуха.
12 – Расширительный профиль.
13 – Наружный оконный блок.
14 – Обычное стекло (вариант 1) или К-стекло (вариант 2).
15 – Направление движения приточного воздуха
16 – Нащельник.
17 – Анкерная пластина.
18 – Утеплитель.

ОБ АВТОРАХ

Тагир Ахмяров – инженер-физик, научный сотрудник лаборатории «Энергосберегающие технологии в строительстве» НИИСФ РААСН.
Владимир Беляев – ОАО «ЦНИИЭП жилища», НИИСФ РААСН.
Александр Спиридонов – заведующий лабораторией НИИСФ РААСН.
Игорь Шубин – директор НИИСФ РААСН