

Тагир А. АХМЯРОВ, Владимир А. ЛОБАНОВ, Александр В. СПИРИДОНОВ  
Игор Л. ШУБИН

Научно-исследовательский институт строительной физики, Россия

## **МНОГОФАКТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ И СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С АКТИВНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ВЫХОДЯЩЕГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА**

Для оценки эффективности разработанных в соответствии с предложенными авторами новыми принципами проектирования ограждающих и светопрозрачных конструкций с использованием технологий активного энергосбережения с активной рекуперацией выходящего теплового потока в течение 2013-2014 г. в НИИСФ РААСН были проведены широкомасштабные экспериментальные исследования в климатических камерах. На основании результатов исследований, проведенных в 2010-2012 г. были определены основные параметры нового поколения ограждающих и светопрозрачных конструкций с активной рекуперацией теплового потока.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные конструкции, система активного энергосбережения, рекуперация теплового потока и влаги

### **ВВЕДЕНИЕ**

Основной целью представленных исследований являлась разработка методики экспериментального подтверждения эффективности новых принципов проектирования и принципиальных технических решений энергоэффективных вентилируемых ограждающих конструкций зданий на основе механизма активной рекуперации выходящего теплового потока и влаги с использованием турбулентных воздушных потоков наружного воздуха в организованной воздушной прослойке ЭВОК и ЭВСОК, обеспечении специальных граничных условий в этой прослойке, в том числе - с применением современных теплоотражающих экранов. Фактически, предлагается заменить традиционные теплоизоляционные материалы мощным теплофизическим процессом, который может работать как в стенах и крышах, так и в светопрозрачных конструкциях. При этом обеспечивается повышение уровня воздухообмена и комфортности микроклимата помещений в условиях значительного снижения удельного энергопотребления зданий. Как было показано ранее [1-3],

физические процессы, используемые в предложенных авторами ограждающих и светопрозрачных конструкциях, аналогичны.

Для удобства исследований использовалась базовая модель и экспериментальный стенд (рис. 1) на основе остекленных деревянных рам с регулируемым расстоянием между стеклами, возможностью дополнительной установки слоев непрозрачных материалов и специальных теплоотражающих экранов (автономных и в виде покрытий), изменяемым направлением воздушного потока из наружного в межстекольное пространство, а также скоростью и объемом поступающего потока наружного воздуха в широком диапазоне.

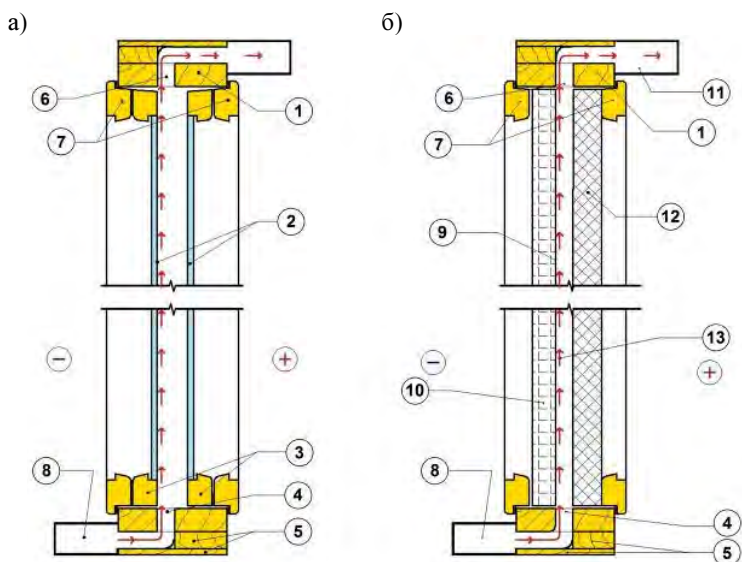


Рис. 1. Блок-схема модуля, на котором проводились исследования: а) светопрозрачная конструкция, б) вентилируемый фасад; 1 - оконная коробка (дерево); 2 - стекло; 3, 7 - рамные элементы (дерево); 4 - входная щель; 5 - доборные элементы (дерево); 6 - выходная щель; 8 - короб для входа наружного воздуха; 9 - теплоотражающий экран из алюминиевой фольги; 10 - панель вентилируемого фасада; 11 - короб для выходящего воздуха с вентилятором на торце; 12 - плита утеплителя; 13 - направление движения приточного воздуха

Для проведения испытаний был изготовлен экспериментальный стенд со съемными оконными рамами, а также вентиляционная система (вентиляторы, каналы, сопла, расходомеры) и измерительная система (оценка тепловых потоков, температур в воздухе и на поверхностях светопропускающего заполнения) (рис. 2). Испытания ЭВСОК проводились из предположения, что если бы удалось обеспечить достаточно низкие уровни теплопотерь в светопрозрачных конструкциях, те же принципиальные решения могут гарантировать значительное снижение теплопотерь и в непрозрачных ЭВОК (стенах и крышах).

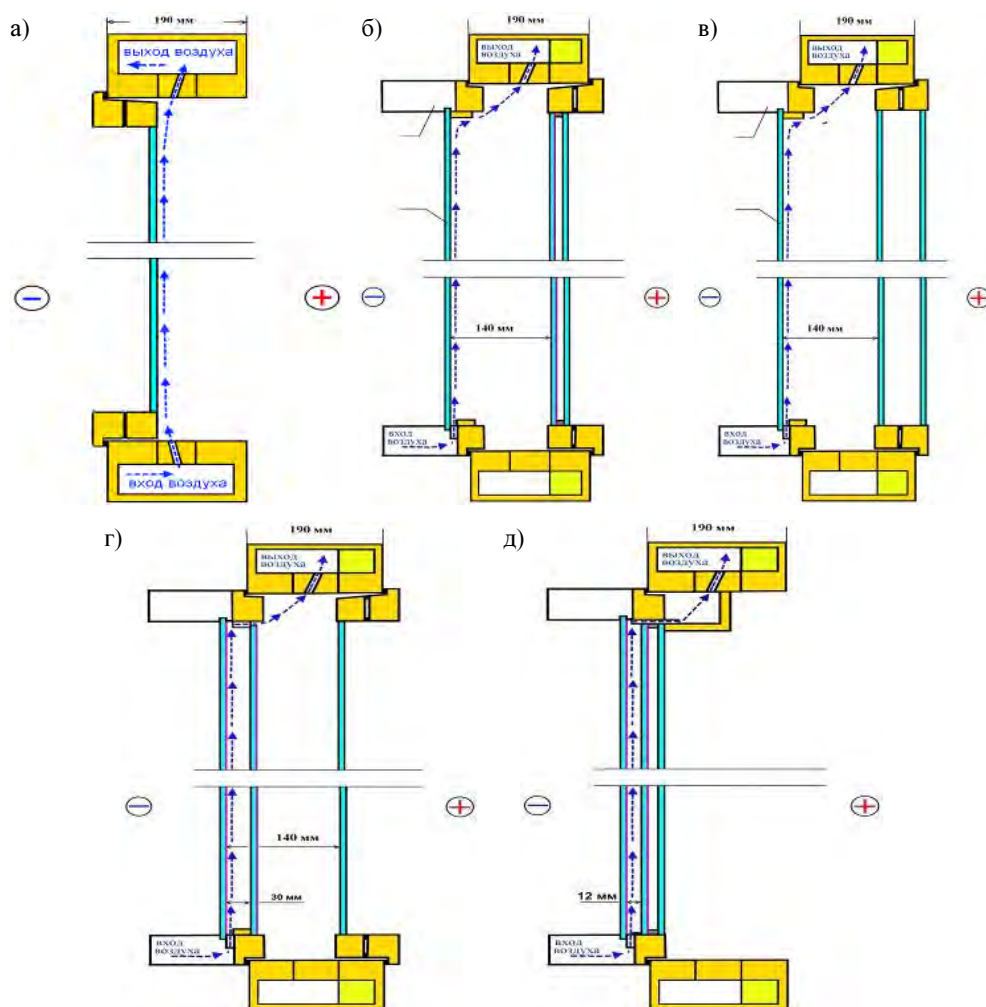


Рис. 2. Основные варианты экспериментальных стендов: а) экспериментальный стенд № 1, б) экспериментальный стенд № 2, в) экспериментальный стенд № 3, г) экспериментальный стенд № 4, д) экспериментальный стенд № 5

Подробная детализация особенностей первоначальных конструкций экспериментальных стендов приведена ниже:

- Стенд № 1 - одно простое стекло М1 в спаренной деревянной раме ОС по ГОСТ 11214-86. Воздушный поток направляется снизу, установлено два вентилятора, которые работают на приток и вытяжку. Подача и сбор воздуха происходили из вентиляционных каналов внутренним сечением 58x150 мм, которые были размещены в нижней и верхней частях конструкции. Приток и вытяжка могли меняться местами;
- Стенд № 2 - наружное простое стекло М1 и отнесенный на 140 мм однокамерный стеклопакет 4Их16х4 (внешнее И-стекло с теплоотражающим покрытием, направленным в теплую сторону, внутреннее простое стекло,

- в межстекольном пространстве - воздух). Два вентилятора установлены для работы на приток и вытяжку с регулируемым расходом воздуха;
- Стенд № 3 - наружное простое стекло М1 и отнесенная на 140 мм спаренная рама с двумя простыми стеклами М1. Два вентилятора установлены для работы на приток и на вытяжку с изменяемым расходом воздуха. В ряде испытаний использовались стекла с теплоотражающими покрытиями;
  - Стенд № 4 - наружное К-стекло с теплоотражающим покрытием, обращенным в теплую сторону, а также отнесенная на 140 мм спаренная рама с одним внешним простым стеклом М1. На расстоянии 30 мм от наружного стекла установлен светопрозрачный теплоотражающий экран из К-стекла (по бокам щели шириной 30 мм, сверху - регулируемое распределительное сопло и щель с изменяемой шириной). Два вентилятора установлены для работы на приток и вытяжку с регулируемым расходом воздуха;
  - Стенд № 5 - наружное К-стекло с теплоотражающим покрытием, обращенным в теплую сторону, а также на расстоянии 12 мм от наружного стекла установлен стеклопакет 4Их16х4 (боковые стороны и низ заделаны герметиком, сверху имеется распределительное сопло толщиной 5 мм). Два вентилятора установлены для работы на приток и на вытяжку с регулируемым расходом воздуха по приточному и по вытяжному расходомеру.

На входе воздушного потока установлено было регулируемое распределительное сопло и щель с изменяемой шириной, на выходе - также регулируемое распределительное сопло.

Испытания были проведены в модернизированной климатической камере ЭК-10 НИИСФ РААСН, позволявшей моделировать процесс активной рекуперации выходящего теплового потока посредством одновременного создания перепада температуры и давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях экспериментального образца, а также специальных условий для активной рекуперации наружным воздухом теплового потока и влаги, выходящих из помещения, за счет использования свойств турбулентных воздушных потоков в воздушной среде и условий для теплоотражения.

Измерения оконного блока проводились в соответствии с ГОСТ 26602.1-99 «Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче». Температурные условия при испытаниях составляли:

- в холодной части климатической камеры -  $-28^{\circ}\text{C}$ ;
- в теплой части климатической камеры -  $+19-20^{\circ}\text{C}$ .

В исследованиях использовались канальные радиальные вентиляторы 100 VKO VENTS малой мощности (9-14 Вт), расход воздуха в экспериментах изменялся в диапазоне от 56 до  $9\text{ м}^3/\text{ч}$ . Размеры входных и выходных распределительных сопел могли варьироваться от 0 до 10 мм, ширина входных щелей могла меняться от 3 до 10 мм. Датчики температуры и теплового потока размещались на поверхностях остекления оконного блока и в межстекольном пространстве по вертикальной и горизонтальной осям в центрах однородных температурных зон. Для получения более полной информации о теплопередаче в ЭВОК и ЭВСОК дополнительно устанавливались датчики температуры

внутри конструкции и датчики на наружной поверхности остекления оконного блока, откалиброванные для проведения измерений в зоне отрицательной температуры.

В последующих расчетах энергетической эффективности исследуемой конструкции использовались результаты измерений в областях оконного блока, свободных от влияния краевых эффектов. Результаты измерений в области краевых эффектов использовались при анализе процессов в целом. Для измерения расхода воздуха через ЭВОК и ЭВСОК использовались расходомеры с диаметром входного канала 100 мм. В ходе исследований экспериментальные стенды совершенствовались и модернизировались (рис. 3, 4). Установленные в климатической камере вентиляторы моделировали ветровую нагрузку и вытяжную тягу системы вентиляции в здании в целом.

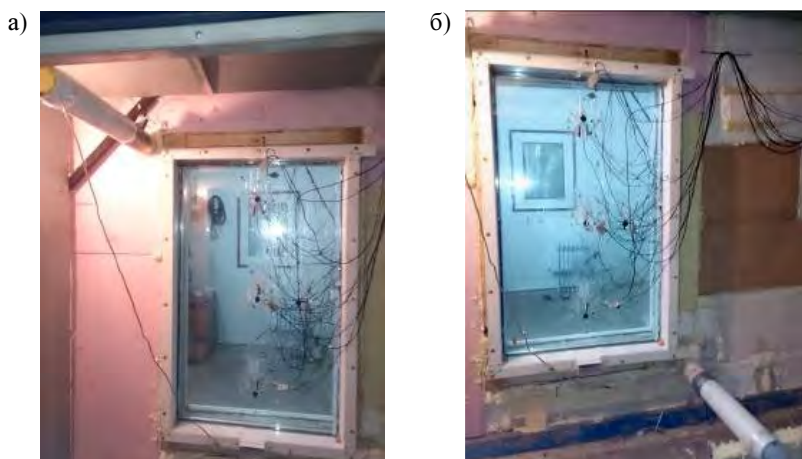


Рис. 3. Вид экспериментального стенда в НИИСФ с холодной стороны:  
а) вентилятор и расходомер на выходе, б) вентилятор на притоке (внизу)

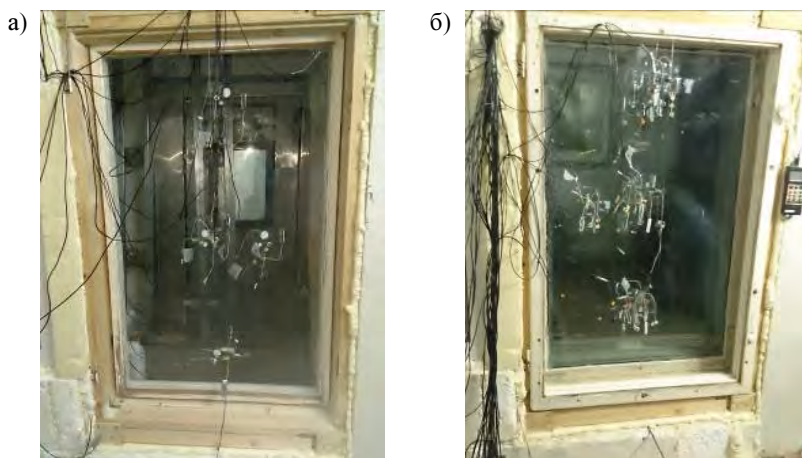


Рис. 4. Экспериментальный стенд в НИИСФ (вид с теплой стороны):  
а) одиночное стекло, б) два стекла и экран из К-стекла на отnose в 30 мм

Для определения общего характера движения воздушного потока устанавливались датчики визуализации потока. Направление воздушных потоков корректировалось соплами, установленными на щелях, а также вентиляторами, установленными на притоке и вытяжке воздушного потока.

## РЕЗЮМЕ

Всего в ходе экспериментов было исследовано более 100 различных ситуаций. В каждом из экспериментальных модулей была обеспечена возможность установки дополнительных теплоотражающих экранов, изменения расстояния между экранами и светопропускающим заполнением, объема приточного воздуха, размеров распределительных сопел и щелей, а также других параметров испытываемой конструкции.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л., Принципы проектирования и оценки наружных ограждающих конструкций с использованием современных технологий «активного» энергосбережения и рекуперации теплового потока, Жилищное строительство 2014, № 6.
- [2] Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л., Энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции с активной рекуперацией выходящего теплового потока, Жилищное Строительство 2014, № 10.
- [3] Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л., Энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающие конструкции, Энергосбережение 2014, № 8.

## MULTI FUNCTIONAL RESEARCHES OF EFFICIENCY OF THE VENTILATED ENVELOPES AND FENESTRATION WITH ACTIVE RECOVERY OF THE LEAVING THERMAL STREAM

For an assessment of efficiency developed according to the new principles of envelopes and fenestration offered by authors with use of technologies of active energy saving with active recovery of the leaving thermal stream during 2013-2014 in NIISF RAASN large-scale pilot studies in climatic cameras of institute were conducted. On the basis of results of the preliminary researches conducted in 2010-2012 key parameters of new generation of the envelopes and fenestration with active recovery of a thermal stream were determined.

**Keywords:** energy saving, energy-efficient ventilated translucent structures, system of active energy efficiency, heat recovery heat flow and moisture