

сировать график движения каждой из частей в отдельности. Также программа производит расчёт той угловой скорости  $\omega$ , при которой теоретически происходит отрыв мотора от поверхности.

©ПГУ

## **ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И ПРИРОДНОЙ ТЕПЛОТЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

***С.В. ЛИПКО, Е.А. САМОХВАЛ, В.И. ЛИПКО, О.Н. ШИРОКОВА***

The results of scientific research in the field of technological and constructive decisions perfection for heat-and-air supplying buildings systems with external enclosurings of the raised heat-shielding and hermeticity using hinged ventilated light-transparent facades, the modernised warm attics, heat-utilizing devices for creation of vital activity favorable conditions with minimisation of material and power resources are presented

Ключевые слова: микроклимат, теплоснабжение, воздухоснабжение, утилизация

В настоящее время во всех видах преобразования энергии – до конечного ее потребления – теряется около 60 % потенциальной энергии используемых ресурсов. По некоторым оценкам, в народном хозяйстве у потребителя теряется еще не менее 25 % конечной энергии. Следовательно, полезно расходуется лишь около 20 % энергии, заключенной в используемых энергетических ресурсах. Из этих цифр следует важный вывод: уже сегодня за счет энергосберегающих мероприятий можно примерно в два раза сократить производство и потребление первичных энергетических ресурсов. Решение ключевой энергетической проблемы – энергоресурсосбережение – будет напрямую способствовать и другой жизненно важной проблеме – охраны окружающей среды. Решение первоочередных задач энергоресурсосбережения приобретает особую значимость для стран-импортеров топливно-энергетических ресурсов, к которым относится и Республика Беларусь, в связи с ростом мировых цен на энергоносители. Сегодня наша страна в расчете на единицу национального дохода продолжает слишком много расходовать топлива, электроэнергии, металла и других материальных ресурсов. Энергоемкость валового национального продукта у нас значительно выше, чем в развитых капиталистических странах, например, США – в 2,76 раза, Японии – 5,9 раза.

Положение в Республике Беларусь по обеспечению топливно-энергетическими ресурсами за последние годы стало критическим из-за многократного увеличения цен на энергоносители, что значительно опережало рост цен на производимые товары и услуги. Если всего десять лет назад затраты на энергоресурсы составляли стабильно 3 – 5 %, то в настоящее время – 20–40 %, что привело к снижению конкурентоспособности нашей продукции и дефициту платежных средств за энергоносители.

На государственном уровне в последние годы принят ряд мер по усилению режима энергосбережения. Разработана и утверждена государственная программа развития энергетики и энергосбережения на ближайшую перспективу, при Совете министров создан Комитет по энергосбережению и энергетическому надзору, принят ряд основополагающих постановлений, направленных на усиление работы в народном хозяйстве по энергосбережению.

Крупнейшими потребителями энергетических ресурсов в Республике Беларусь с ее умеренным климатом после промышленных объектов являются инженерные системы зданий и сооружений, где на теплоснабжение и вентиляцию расходуется около 35 % всех видов твердого, газообразного и жидкого топлива, что является тяжелым бременем для экономики народного хозяйства. Наметившийся в последние годы в строительстве переход на современные конструкции наружных ограждений по европейским стандартам с широким использованием для внешней отделки зданий стекла, металла, пластмасс и других воздухонепроницаемых материалов, устройство так называемой "тепловой шубы" при реконструкции зданий старой постройки с низким коэффициентом теплозащиты ограждающих конструкций, приводят к герметизации помещений жилых и общественных зданий, которая при существующей технологии энергозатратной вентиляции, основанной на инфильтрации наружного воздуха через воздухонепроницаемые ограждения и притворы оконных и дверных блоков, нарушает воздухообмен и приводит к накоплению избыточной бытовой влаги, повышению загазованности, загниванию деревянных конструкций и другим негативным последствиям, связанным с интенсивным переохлаждением зданий и разрушением конструкций.

С учетом вышеизложенных обстоятельств возникла необходимость создания новой безинфильтрационной технологии энергоресурсоэффективного тепловоздухоснабжения жилых и общественных зданий с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности, что и является предметом настоящей работы.

Широкое внедрение в масштабах градостроительства технологии вентиляции зданий жилого и общественного назначения по совмещенной с отоплением схеме сулит всему народному хозяйству страны очень значительный экономический эффект.

Для этого достаточно вообразить, что во вновь строящемся здании не возникнет необходимости прокладывать многокилометровую паутину труб разного диаметра, устанавливать дорогостоящую запорно-регулирующую арматуру, многочисленные нагревательные приборы, различные по конструкции, но очень дорогостоящие, перекачивать насосами огромные массы воды по водяным тепловым сетям, затрачивая энергоресурсы в значительном количестве при эксплуатации водяных систем отопления зданий. Если все эти расходы резко сократить за счет осуществления краткосрочного внедрения новой технологии отопления и вентиляции по предлагаемой схеме совмещенного режима работы, то станут бесспорными экономические выгоды и их масштабы для народного хозяйства страны [1].

В практике градостроительства широко применяются чердачные здания. Различают чердаки по функциональным и конструктивным признакам: теплые, вентилируемые и холодные.

Теплые чердаки выполняют функции промежуточных секционных вытяжных объемных камер, в которые открываются все вытяжные каналы системы организованной вытяжной вентиляции, расположенные в пределах одной секции здания, с последующим удалением теплого вытяжного воздуха через обособленную секционную шахту в атмосферу.

В вентилируемых чердаках вытяжные каналы также открываются в секционные объемы чердаков, но вместо обособленной секционной шахты удаление воздуха в атмосферу осуществляется через вентиляционные проемы в боковых противоположных стенах чердака за счет сквозного проветривания.

В зданиях с холодными чердаками все вытяжные каналы обособленно транзитно проходят через объемы чердаков и выбрасывают теплый воздух через индивидуальные шахты непосредственно в атмосферу.

При эксплуатации чердачных зданий для теплых и вентилируемых чердаков под действием косого, пульсирующего ветрового давления из-за разности аэродинамических давлений с наветренной стороны и заветренной стороны фасадов происходит задувание чердачных объемов, повышение давления, что вызывает эффект обратной циркуляции или «опрокидывание» вентиляции, при котором вытяжная вентиляция либо полностью отключается, либо преобразуется в приточную с нарушением воздухообменов и нормируемых параметров микроклимата вентилируемых помещений. В холодных чердаках организация воздухообменов более устойчива, но для всех чердачных зданий основным недостатком является выброс теплого вытяжного воздуха в атмосферу без предварительного отбора теплоты, затраченной на подогрев наружного холодного приточного воздуха системами отопления за счет инфильтрации.

Навесные вентилируемые светопрозрачные фасадные системы с воздушным зазором обеспечивают не только прекрасный внешний вид зданий на долгие годы, защищают ограждающие конструкции от внешних климатических воздействий влаги и низких температур, но и значительно повышают их теплозащитные характеристики.

Энергоэффективность, технологичность, долговечность, надежность, респектабельность навесных вентилируемых светопрозрачных фасадных систем оценены строителями и эксплуатационниками зданий различного назначения во всех цивилизованных странах мира и, начиная с 90-х годов, активно используются в отечественном градостроительстве и реконструкции устаревших зданий [2].

Солнечная энергия [3] в виде прямой и рассеянной радиации воздействует на здание с навесными вентилируемыми светопрозрачными фасадными системами таким образом, что лучистая тепловая энергия в зоне спектра видимых лучей, соответствующая длинам волн 380–750 нм и инфракрасной зоне оптической части солнечного спектра с длиной волн в пределах 750–2500 нм, почти полностью пропускается через фасадное силикатное стекло [4]. Вся эта теплота воспринимается наружными поверхностями ограждающих конструкций, которые при нагреве сами становятся вторичными источниками тепловой энергии в виде инфракрасного излучения с длиной волны от 7,5 до 14 мкм. Для излучения с таким диапазоном длин волн обычное стекло становится экраном, так как его пропускание ограничивается длиной волн около 5 мкм.

Поэтому лучистая энергия Солнца под действием парникового эффекта трансформируемая в тепловую, аккумулируется воздухом, который находится в щелевом пространстве, ограниченном навесным вентилируемым светопрозрачным фасадом и наружными поверхностями ограждающих конструкций здания, вызывая его нагрев. При нагреве воздуха повышается его температура и уменьшается плотность, что способствует его движению за счет сил гравитации снизу вверх, обеспечивая эффект естественной циркуляции воздуха.

Наружный воздух, заполняющий щелевой канал, одновременно аккумулирует не только теплоту от солнечной радиации, поступающей через фасадную систему с внешней стороны, но и трансмиссионную теплоту, теряемую зданием через наружные ограждения с внутренней стороны щелевого канала не только в светлое время суток, а круглосуточно на протяжении всего отопительного периода.

Таким образом, можно отметить высокую энергоэффективность навесных вентилируемых светопрозрачных фасадных систем.

Лестнично-лифтовые объемы, как правило, размещаются внутри жилых зданий и занимают до 20% отапливаемого пространства, совершенно не обязательного, так как в отопительный период жильцы находятся в них в теплой одежде.

По конструктивному исполнению лестнично-лифтовые объемы высотных зданий представляют собой огромные шахты, вертикально проходящие насквозь через все здание, постоянно открывающиеся через наружные входные двери снизу в атмосферу, а сверху также связаны с атмосферой через машинные помещения лифтов и усиленные вентиляционными трубами диаметром 500 мм с дефлекторами от систем мусороудаления. Такие конструктивные решения зданий нарушают аэродинамический режим, а мощный восходящий воздушный поток, возникающий под действием сил гравитации, не только выходит из здания, но и нарушает работу систем вентиляции, вызывая ее «опрокидывание».

В целях снижения материальных средств и энергоресурсов, расходуемых на теплоэнергообеспечение жилищного сектора и чердачных зданий общественного назначения с использованием навесных вентилируемых светопрозрачных систем необходима функциональная модернизация теплых чердаков с превращением их из промежуточных объемных секционных вытяжных вентиляционных камер для удаления теплого вытяжного воздуха в атмосферу через секционные вытяжные шахты в технологические объемные приточные вентиляционные камеры для сбора предварительно подогретого в щелевых воздухопроводящих каналах, образованных навесными вентилируемыми светопрозрачными фасадными системами и наружными ограждающими вертикальными конструкциями, наружного приточного вентиляционного воздуха с последующей подачей его через рекуператоры внутрь вентилируемых помещений здания.

Технологическая схема энергоэффективного тепловоздухоснабжения чердачных зданий с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности, навесными вентилируемыми светопрозрачными системами и модернизированными теплыми чердаками представлена на рисунке 1, на котором изображен фрагмент чердачного здания с рекуперативным устройством приточно-вытяжной вентиляции, предлагаемым к реализации в градостроительной практике.

Рекуперативное устройство приточно-вытяжной вентиляции здания включает вертикальный воздухопроводящий канал 1, образованный светопрозрачным навесным фасадом 2 и наружной поверхностью наружной ограждающей конструкции 3 и имеющий снизу щелевое отверстие 4 по всей ширине фасада 2 для забора приточного наружного воздуха, а в верхней части открыт в объем теплого чердака 5. В объеме теплого чердака 5 расположен централизованный пластинчатый теплоутилизатор 6 с четырьмя патрубками: первый входной патрубок 7 открыт в объем теплого чердака 5; другой патрубок 8 соединен с вертикальным приточным воздуховодом 9, к которому присоединены поэтажные квартирные горизонтальные приточные воздуховоды 10 с регулируемыми воздухоприточными решетками 11; третий патрубок 12 соединен с вертикальным вытяжным воздуховодом 13, к которому присоединены поэтажные квартирные горизонтальные вытяжные воздуховоды 14 с регулируемыми решетками 15 для удаления воздуха из вентилируемых помещений; четвертый патрубок 16 соединен с шахтой 17, которая сверху сообщается с атмосферой через крышный вентилятор 18 или воздушный клапан 19.

Работает рекуперативное устройство приточно-вытяжной вентиляции следующим образом. Свежий наружный приточный воздух под действием есте-

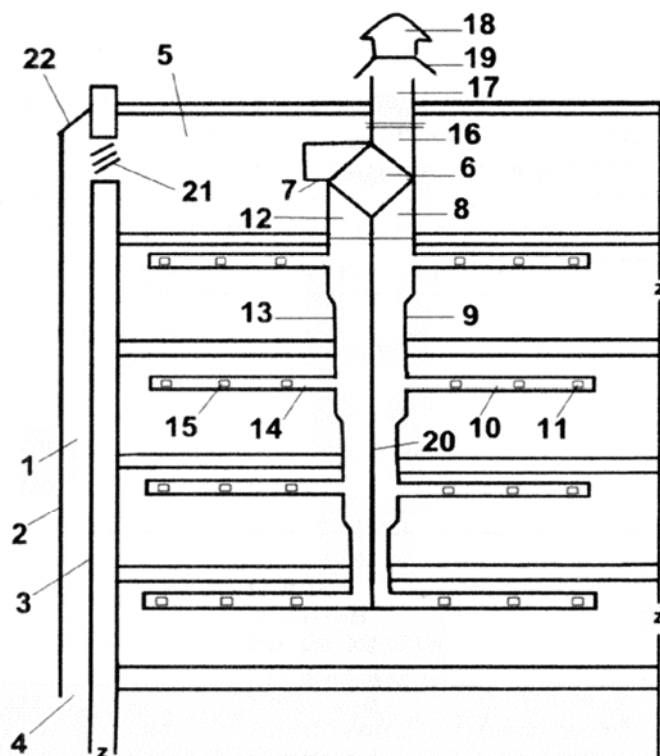


Рис.1 – Рекуперативное устройство приточно-вытяжной вентиляции здания

ственного гравитационного давления или под действием принудительной циркуляции поступает снаружи снизу через щелевое отверстие 4 в воздухопроводящий канал 1, в котором происходит предварительный его подогрев через навесной вентилируемый светопрозрачный фасад 2 за счет прямой и рассеянной солнечной радиации в дневное время и через наружные поверхности ограждающих конструкций 3 постоянно и днем, и ночью в течении всего отопительного периода за счет теряемой зданием трансмиссионной теплоты. Наружный воздух в воздухопроводящий канал 1 входит снизу через щелевое отверстие 4, а сверху открывается в объем теплого чердака 5, где также воспринимает теряемую зданием трансмиссионную теплоту через перекрытие потолка верхнего этажа, а также прямую и рассеянную солнечную радиацию через верхнее покрытие теплого чердака 5. В объеме теплого чердака 5 предварительно подогретый приточный вентиляционный воздух через входной патрубок 7 проходит централизованный пластинчатый теплоутилизатор 6, в котором отбирает теплоту удаляемого вытяжного вентиляционного воздуха, и входит через патрубок 8 в вертикальный приточный воздуховод 9 и далее по квартирным горизонтальным приточным воздуховодам 10 через регулируемые воздухоприточные решетки 11 поступает в вентилируемые помещения, из которых теплый вытяжной воздух удаляется через регулируемые решетки 15 поэтажных квартирных горизонтальных вытяжных воздуховодов 14, вертикальный вытяжной воздуховод 13, патрубок 12 теплоутилизатора 6, патрубок 16, шахту 17, вентилятор 18 или воздушный клапан 19 в атмосферу.

Вертикальный приточный воздуховод 9 и вертикальный вытяжной воздуховод 13 конструктивно имеют общую стенку 20, через которую происходит транзитный теплообмен между приточным и вытяжным воздухом, увеличивая эффект рекуперации и повышая тепловую эффективность всей системы тепловоздухоснабжения зданий повышенной теплозащиты и герметичности.

Для обеспечения эффективного летнего режима эксплуатации с целью исключения перегрева здания под действием солнечной радиации в верхней части воздухопроводящего канала 1 предусмотрено регулирующее устройство 21, которое закрывается, а воздушный клапан 22 приоткрывается, что создает режим воздушного охлаждения облучаемых солнцем поверхностей наружных ограждений, оборудованных навесными вентилируемыми светопрозрачными фасадными системами.

В целях создания благоприятного комфортного микроклимата жилых зданий с минимальными затратами материальных средств и энергоресурсов, достижения существенного снижения теплоэнергопотребления в градостроительном секторе экономики необходимы следующие преобразования для зданий с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности, используемых для массовой типовой жилищной застройки:

1. Лестнично-лифтовый пространственный объем здания необходимо вынести изнутри здания и расположить примыкающим к северному торцевому фасаду без отопления, так как жильцы в отопительный период находятся в нем в теплой одежде и функционально используют его как тамбур.

2. Теплый чердак целесообразно функционально модернизировать с превращением его из объемной вытяжной камеры для удаления теплого воздуха в атмосферу в объемную приточную секционную камеру для сбора предварительно подогретого наружного приточного воздуха с последующим его догревом в рекуператоре с отбором теплоты вытяжного воздуха.

3. Использовать для внешней отделки здания рекомендуется навесные вентилируемые светопрозрачные фасадные системы, которые не только повышают эстетический вид зданий, но на долгие годы минимизируют теплоэнергетические затраты при их эксплуатации за счет парникового эффекта.

4. В целях значительного снижения теплоэнергопотребления при эксплуатации зданий целесообразно рекомендовать для широкого внедрения в практику градостроительства авторскую разработку рекуперативного устройства приточно-вытяжные вентиляции по патенту Республики Беларусь с использованием новейших энергоресурсоэффективных технологий, трехступенчатой схемой рекуперации вторичных энергоресурсов, утилизацией низкопотенциальных тепловых выбросов и использованием природной теплоты солнечной энергии.

#### Литература

1. Липко В.И., Липко С.В., Самохвал Е.А., Широкова О.Н. «Воздушное отопление малоэтажных зданий, совмещенное с вентиляцией и индивидуальным источником теплоснабжения». «Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета». Выпуск 60. Строительство. Новополоцк 2012 г. С.[187-189].
2. Липко В.И., Липко С.В., Самохвал Е.А., Широкова О.Н. «Основные положения теории расчета рекуперативного теплообменника-утилизатора». «Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета». Выпуск 60. Строительство. Новополоцк 2012г. С.[190-192].
3. Липко В.И., Липко С.В., Самохвал Е.А., Широкова О.Н. «Результаты экспериментальных исследований аэродинамических и теплотехнических режимов работы рекуперативного теплообменника-утилизатора». «Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета». Выпуск 60. Строительство. Новополоцк 2012 г. С.[192-195].
4. Патент № 8381 «Рекуперативное устройство приточно-вытяжной вентиляции здания» 04.03.2012г.