

ЛИТЕРАТУРА

1. Липко В. И. Энергосберегающая вентиляция жилых и общественных зданий с наружными герметичными ограждениями: Материалы международной 53-й науч. техн. конф. профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов Белорусской государственной политехнической академии / Министерство образования Республики Беларусь. Белорусская государственная политехническая академия. - Минск, 1999. - В 4-х частях, Ч. 3. - С.136.
2. Решение о выдаче патента от 30 августа 2001 г. F 24 C 3/00. Газовая плита/ Липко В.И. - № а 19990297; Заявл. 30.03.1999.
3. Липко В.И. Основы теории расчета теплообменных процессов при вентиляции герметизированных зданий // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений: Сборник научных трудов / Под ред. Д.Н. Лазовского. - Минск: УП «Технопринт», 2001. - с. 252 – 260.
4. Липко В.И., Шакель А.А. Концепция энергосбережения в системах теплогоснабжения и вентиляции жилых и общественных зданий с наружными ограждениями повышенной герметичности // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений: Сборник научных трудов / Под ред. Д.Н. Лазовского. - Минск: УП «Технопринт», 2001. - с. 270 – 273.
5. Липко В.И. Резервы снижения энергоресурсопотребления на теплоснабжение и вентиляцию зданий // VI Белорусский энергетический и экологический конгресс: Доклад / НАН Беларуси. Минпром. Минжилкоммунхоз. Минэкономики. Минприроды. ГКНТ. Госкомэнергосбережения. Концерн «Белэнерго». Концерн «Белтопгаз». Мингорисполком. РОО «Информационное общество». ЗАО «Техника и коммуникации». - Минск, 2001. - с. 1-5. - Интернет <http://www.tc.by> E-mail: energia@t-and-c.com.by
6. Создать и внедрить эффективную беструбную систему отопления жилого здания, снижающую ресурсо- и энергопотребление при ее строительстве и эксплуатации: Отчет о НИР (промежуточный)/ Полоцкий государственный университет.; рук. темы В.И. Липко. № ГР 1.1.455.01.01. - Новополоцк, 2001. - 166 с.

УДК 697.921.47; 721.011.25

Липко В.И., Борвонов В.А., Багель А.Б.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЕНТИЛЯЦИИ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ ЗДАНИЙ

Дискомфорт, микроклимат, герметизация, тепловоздухоснабжение, энергоресурсосбережение, исследование, эффективность, строительство, эксплуатация, актуальность, востребованность, конкурентоспособность.

В новых социально-нравственных условиях современной цивилизации особую актуальность и практическую значимость приобретают устремления создать наиболее экономичными способами и техническими средствами комфортные условия проживания для большинства населения с ограниченным материальным достатком. Именно поэтому в современном типовом жилищном строительстве должны найти широкое применение системы тепловоздухоснабжения, формирующие микроклимат внутри зданий, с использованием различных приемов снижения энергоресурсопотребления на этапах проектирования, строительства и эксплуатации зданий, ибо эта расходная часть бюджета любого города является доминирующей и составляет не менее трети энергопотребляющего комплекса для экономически развитых стран, особенно ориентированных на импорт энергоресурсов, как республика Беларусь.

Предметом выполненной работы является преобразование технологии вентиляции зданий жилищнокультуртыта с управляемым воздухообменом по критериям энергоресурсосбережения и комфортности микроклимата.

Методы исследования включали: аналитическое обобщение известных научных и технических результатов; математическое и физическое моделирование; обработку экспериментальных данных методами статистики и корреляционного анализа.

Исследования проводились по двум основным направлениям: энергоресурсосбережение в градостроительстве и дальнейшее совершенствование местных и общеобменных систем тепловоздухоснабжения зданий.

Предложена экономичная безинфильтрационная технология естественной вентиляции герметизированных помещений с организованной подачей свежего наружного воздуха в нормируемых пределах через рекуперативные приточные вентиляционные элементы РПВЭ. Один из вариантов рекомендуемой технологической схемы представлен на рис. 1, которая включает необходимый набор тех-

нических средств, обеспечивающих экономичный воздушно-тепловой режим эксплуатации герметизированных многоэтажных зданий надземного и заглубленного исполнения. На рис. 1 представлена верхняя часть высотного здания с теплым чердаком, которые в градостроительстве за последние 30 лет широко применяются и имеют проблемы вентиляции, связанные с современной герметизацией ограждающих конструкций.

Согласно новой технологии свежий приточный воздух поступает в вентилируемые помещения организованно через РПВЭ за счет перепада давлений между наружными ограждениями, создаваемого вытяжными системами вентиляции. Отработанный воздух из помещений удаляется через вентиляционные решетки 1 по каналам ответвлений 2 и ствола 3 вытяжных вентблоков в теплый чердак, а затем через обособленную шахту - в атмосферу.

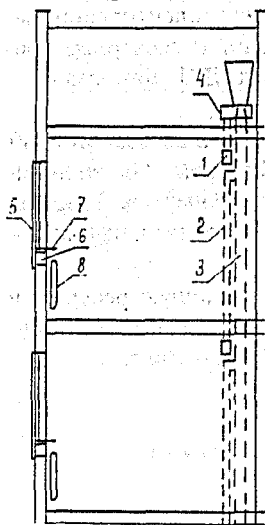


Рисунок 1

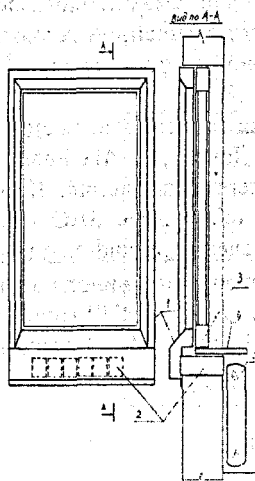


Рисунок 2

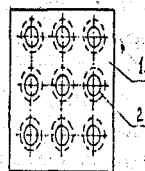


Fig. 1

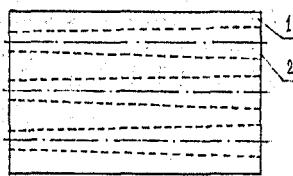


Fig. 2

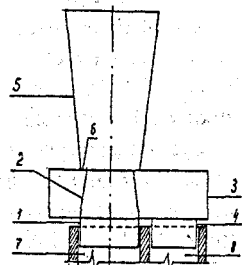


Fig. 1

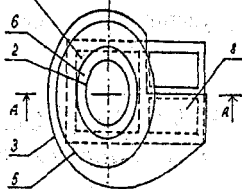


Fig. 2

Рисунок 4

При существующей технологии вентиляции жилых зданий возникают очень часто проблемы, связанные с избыточной влажностью и загазованностью в помещениях верхних этажей из-за низкой, а иногда и отрицательной тяги, возникающей в ответвлениях каналов вытяжных вентблоков, открывающихся обособленно от стволов в объемы теплых чердаков.

С целью исключения подобного явления «опрокидывания циркуляции», при котором отработанный переувлажненный воздух из теплых чердаков выдавливается через каналы ответвлений вытяжных вентблоков в жилые помещения верхних этажей, в новой технологии предусмотрена установка на вытяжные каналы оголовков 4 (рис. 1) специального конструктивного исполнения (рис. 4), в которых заложен энергоэкономичный принцип эжектирования воздуха из ответвлений 2 за счет энергии движения воздушного потока, выходящего с большой скоростью из ствола 3 вентблока, удаляющего отработанный воздух из помещений нижних этажей (рис. 1).

Благодаря устойчивости создаваемого вытяжными системами разрежения в каждое вентилируемое помещение поступает наружный воздух, но уже предварительно подогретый в строго нормированных количествах вне зависимости от этажности и внешних воздействий. С этой целью на окнах устанавливаются солнечные подогреватели воздуха 5 (рис. 1) коробчатого сечения (рис. 2) с селективным покрытием, в которых воздух предварительно подогревается за счет солнечной радиации, а затем поступает в рекуперативные вентиляционные приточные блоки 6 (рис. 1), выполненные из холодного цементно-песчаного бетона в виде параллелепипеда, пронизанного сквозными каналами сечением 3, 4, 5 мм (рис. 3), в которых также заложен эффект теплообменника рекуперативного действия, работающего в режиме противотока. Трансмиссионный тепловой поток, направленный через бетонное тело вентблока изнутри наружу, частично возвращается в помещение за счет рекуперативного подогрева движущегося встречным потоком по каналам вентблока наружного воздуха. А поскольку приточный вентблок 6 устанавливается под подоконником 7 в месте расположения нагревательного прибора 8 системы отопления здания, то эффективность теплообмена усиливается за счет конвективных потоков внутреннего воздуха, циркулирующего вблизи нагретых поверхностей и повышающего комфортные параметры приточного воздуха (рис. 1).

Выравнивание естественного давления в помещениях, расположенных на разных этажах высотных зданий, осуществляется за счет установки в помещениях нижних этажей приточных вентблоков с малыми сечениями каналов, характеризующихся большим аэродинамическим сопротивлением, а на верхних этажах сечения каналов увеличены из-за малых величин естественного гравитационного давления, прямопропорционального зависящего от высоты вытяжных каналов.

Ветровое давление также не оказывает существенного влияния на работу приточных вентблоков, так как из-за малости сечения каналов повышение скорости движения воздуха резко в квадратичной зависимости поднимает величину аэродинамического сопротивления на проход, что создает эффект саморегулирования расхода приточного воздуха. Нельзя не отметить еще одно положительное обстоятельство. В настоящее время свыше 60 крупных городов Европы из-за работы городского транспорта имеют повышенный уровень шума. При установке приточных вентблоков на фасадах зданий, выходящих на шумные транспортные городские магистрали, звуковые волны гасятся за счет эффекта шумоглушителя до нормативных пределов звукового давления, повышая комфортные условия внутри вентилируемых герметичных зданий.

На основе общих представлений и законов гидроаэродинамики и тепломассообмена вентиляционный процесс следует рассматривать как комплексное взаимодействие движущихся воздушных потоков в ограниченном объеме при соизмеримых скоростях, сопровождающихся термодинамическими и массообменными процессами с характерными полями скоростей, температур и концентраций, формирующими микроклимат вентилируемых помещений. При естественной вентиляции необходимый воздухообмен в помещении создается при условии превышения гравитационного давления P_r над суммарным сопротивлением приточных $S_{вх}$ и вытяжных $S_{вых}$ каналов, связывающих герметичный объем помещения с атмосферным воздухом. Для характеристики надежности естественной циркуляции вводится понятие величины остаточного давления ΔP_3 , значение которой поясняется рис. 5 и является величиной переменной, а на основании материального баланса определяется по выражению

$$\Delta P_3 = P_r - S_{вых} = h \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_v) - (R \cdot l \cdot \beta + Z) \quad (1)$$

Для разработки математической модели безинфильтрационной вентиляции зададим конкретные условия для расчета величины ΔP_3 многоэтажного здания, изображенного схематично на рис. 6, и определим по известным методикам аэродинамического расчета значения переменной величины ΔP_3 при трех первоначально заданных условиях, в которых во втором варианте изменяется величина высоты шахты с $h'_{ш} = 1$ м до $h''_{ш} = 3$ м, а в третьем варианте изменение расчетного воздухообмена с $L' = 50$ м³/ч до $L'' = 30$ м³/ч приведет к уменьшению скорости в вытяжных каналах с $V'_k = V_k = 0,5$ м/с до $V''_k = 0,3$ м/с.

Эти изменения в условиях расчета позволяют получить аналитические зависимости величины остаточного давления ΔP_3 от этажности «n» рассчитываемого помещения вида

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_3 &= \frac{1,209 + 3,262 \cdot n + 1,96 \cdot n^2}{3,1 + 2,8 \cdot n}; \\ \Delta P_3 &= \frac{4,565 + 6,076n + 1,96n^2}{6,1 + 2,8n}; \\ \Delta P_3 &= \frac{11,88 + 13,51n + 3,836n^2}{5,1 + 2,8n} \end{aligned} \right\} (2)$$

Графически эти зависимости (2) представлены на рис. 7, из которого следует, что графики функции $\Delta P_3 = f(n)$ являют собой прямые линии. Анализ закономерностей свидетельствует о том, что изменение высоты шахты на 1 м дает параллельное смещение графика процесса на величину $\Delta P_3 = 0,25$ Па, а уменьшение скорости в вытяжном канале с $V'_k = 0,5$ м/с до $V''_k = 0,3$ м/с не только изменяет значение ΔP_3 , но и влияет на интенсивность этого изменения с увеличением угла наклона линии графика $\Delta P_3 = f(n)$.

Аэродинамические испытания РПВЭ проводились по стандартной методике на экспериментальном стенде, схема которого показана на рис. 8, а результаты обработки полученных данных представлены графически на рис. 9.

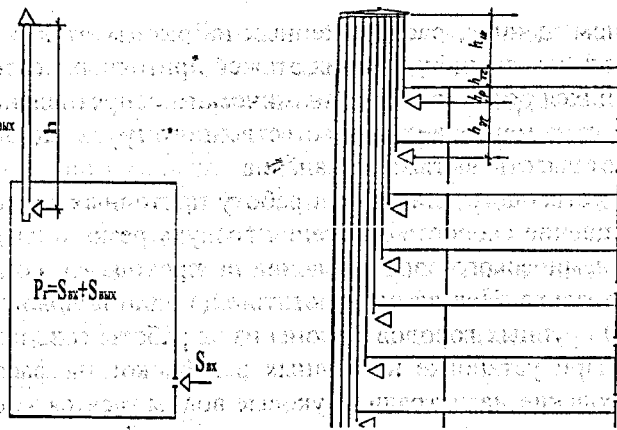


Рисунок 5

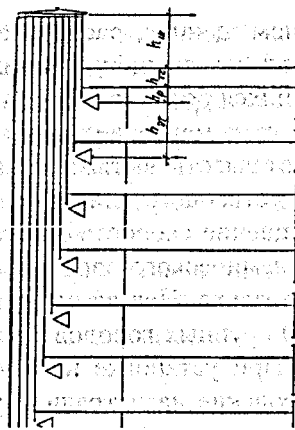


Рисунок 6

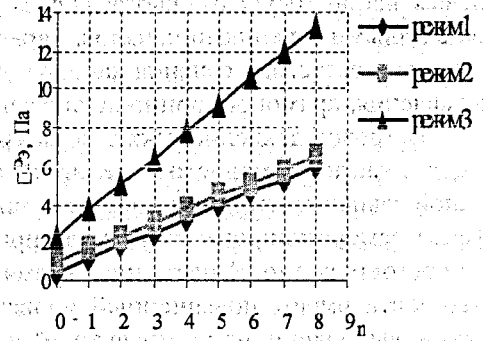


Рисунок 7

Отработка оптимальных эксплуатационных режимов работы РПВЭ выполнялись в реальных условиях отрицательных температур с переменными температурными параметрами воздушной среды на экспериментальном стенде (рис. 10). Оптимальные параметры определялись по минимальным потерям теплоты при нормируемых воздухообменах. Исследования выполнялись по комплексной методике с инструментальной фиксацией температур $t_{н}$, $t'_{н}$, $\tau_{н}$, $\tau_{к}$, $t_{патр}$, $t_{в}$, с последующими вычислениями значений $Q_{в}$, $Q_{тр}$, $Q_{э}$, $Q_{тр}^0$, Re , ΔQ , $L_{ср}$, χ , ε : Отдельные фрагменты графических зависимостей исследуемых величин, полученных при обработке результатов экспериментальных исследований, представлены на рис. 11, 12, 13.

В современном жилищном строительстве нормативной базой предусмотрено увеличение площади световых проемов в ограждающих конструкциях с 28% до 35% для повышения уровня естественного освещения, благотворно влияющего на условия проживания, но из-за многократно пониженных теплозащитных свойств заполнений световых проемов при $R_{ок} = 0,5 (m^2 \cdot C)/Вт$ и $R_{н.с} = 2,5 (m^2 \cdot C)/Вт$ значительно (почти на 20%) увеличились теплотери здания. Предлагаемая конструкция воздухоприточного рекуперативного оконного стеклопакета позволяет не только значительно снизить энергозатраты на отопление зданий, но и обеспечить нормируемые воздухообмены в каждом вентилируемом помещении, что способствует созданию комфортных условий микроклимата помещений, обеспечивая доступ в них таких ценнейших природных жизненно необходимых факторов, как теплота и свет солнечной радиации и свежий атмосферный воздух. Методика аэродинамического и теплотехнического расчета устройства изложена в работе [6].

Впервые в мировой вентиляционной практике применены вентиляционные блоки с размерами каналов от 1, 4 до 5,0 мм. На основе экспериментальной фиксации аэродинамических потерь давления в проточном контуре теплообменника РПВЭ через соотношения размеров характерных сечений каналов и бетонного тела блоков получены системы уравнений оптимизации эксплуатационных характеристик и расчета остаточных гидравлических сопротивлений как разности между потенциалами движения и торможения направленного воздушного потока, имеющего доминирующее влияние на формирование воздухообменов в герметизированных помещениях естественно вентилируемых высотных зданий. С помощью РПВЭ одинаково просто решаются проблемы гидравлической увязки как обособленных поквартирных вытяжных каналов, так и поэтажных ответвлений с общими сборными каналами, которые до настоящего времени в градостроительной практике остаются не решенными.

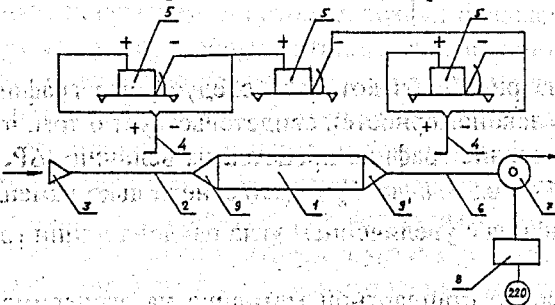


Рисунок 8

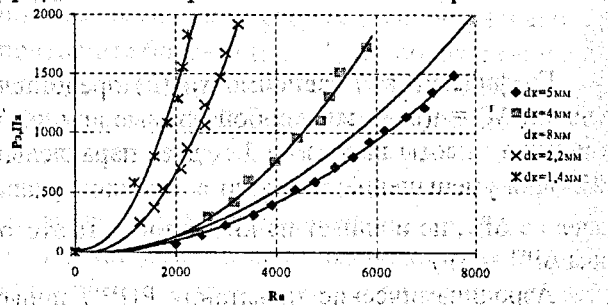


Рисунок 9

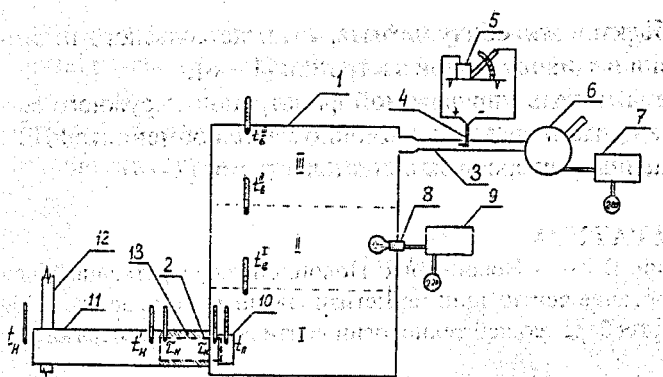


Рисунок 10

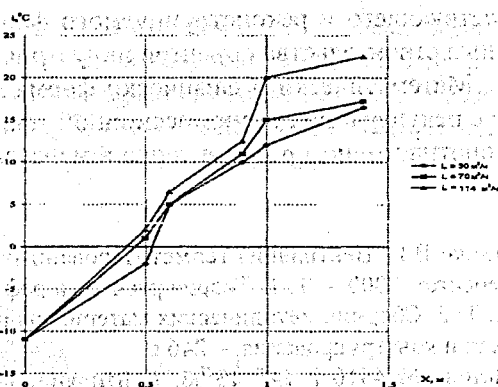


Рисунок 11

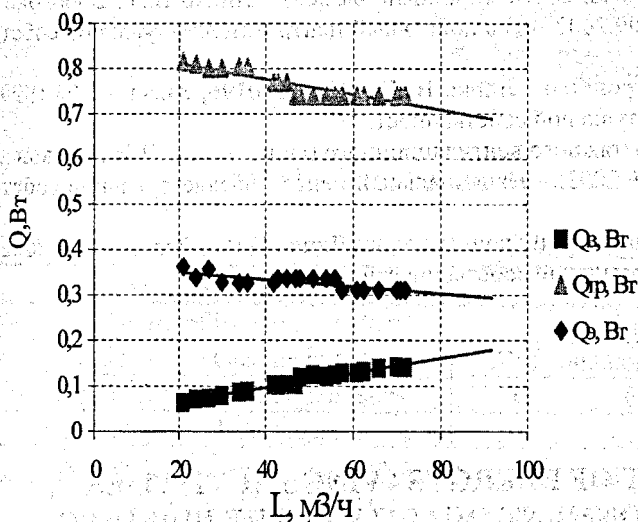


Рисунок 12

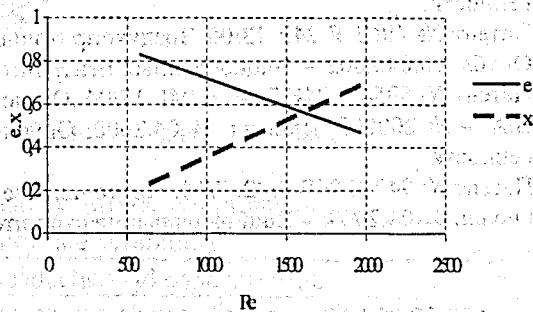
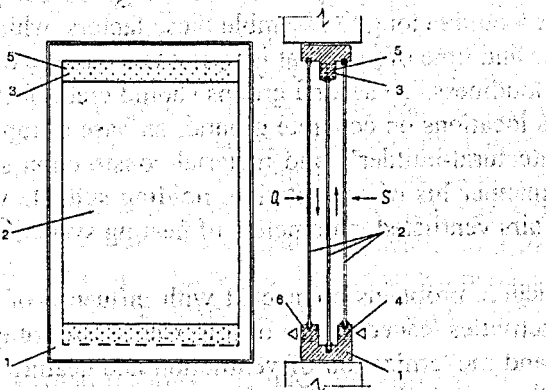


Рисунок 13



- 1 – рама; 2 – светопрозрачные перегородки;
- 3 – каналы; 4 – наружный;
- 5 – верхний промежуточный;
- 6 – нижний внутренний стеклодержатели рамы.

Рисунок 14 – Энергоэффективный многослойный светопрозрачный оконный стеклопакет

На основе сравнительного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований опровергнута ранее принятая гипотеза о возможности применения теории строительной теплофизики для фильтрационного теплообмена в пористых воздухопроницаемых ограждениях при расчете теплообмена в РПВЭ.

На основе инструментальной фиксации и анализа причин дискомфорта параметров микроклимата эксплуатируемых помещений ограждениями повышенной герметичности обоснована необходимость дальнейшего совершенствования систем тепловоздушоснабжения по критериям комфортности и энергоресурсосбережения [1].

Предложена комплексная энергоресурсосберегающая безинфильтрационная тех-

нология вентиляции жилых, общественных и специальных зданий высотного и заглубленного исполнения, которая обеспечивает получение высококачественной строительной продукции, не имеющей аналогов в мировой практике, и применима как для проектируемых и строящихся зданий, так и для

существующего и реконструируемого фонда объектов жилищнокультурного быта, а также сельского и загородного строительства объектов индустриальной и индивидуальной застройки [1 – 6].

Математически и физически формализована модель управляемой фильтрации наружного воздуха с рекуперацией трансмиссионной теплоты в приточном вентиляционном теплообменнике РПВЭ при противоточном режиме теплообмена, защищенные авторскими свидетельствами [2 – 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Липко В.И. Вентиляция герметизированных зданий: В 2 т. – Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2000. – Т. 1: Теория расчета и реформирование вентиляции герметизированных помещений. – 300 с.; Т. 2: Сборник методических материалов по энергосберегающей технологии вентиляции с примерами расчета и конструирования. – 246 с.
2. Патент № 4410 F 24F 13/08. Вентиляционное приточное устройство / Липко В.И., Борвонов В.А. - № а 19981165; Заявл. 23.12.1998; Оpubл. 30.03.2002. – Национальный центр интеллектуальной собственности.
3. Патент №4651 F 24F 13/08. Рекуперативный приточный вентиляционный элемент / Липко В.И., Борвонов В.А. - № а 19980753; Заявл. 12.08.1998; Оpubл. 30.09.2002. - Национальный центр интеллектуальной собственности.
4. Патент № 4963 F 24F 13/08 Воздухоприточное устройство/ Липко В.И. – № 19990196; Заявл. 02.06.1999; Оpubл. 10.04.2002. – Национальный центр интеллектуальной собственности.
5. Патент № 5954 F 24F 7/04, E 04F 17/04. Оголовок вытяжного вентиляционного блока/ Липко В.И., Борвонов В.А. – № 20000367; Заявл. 18.04.2000; Оpubл. 21.10.2003. – Национальный центр интеллектуальной собственности.
6. Патент № 947 E 06B 7/02, 7/10. Приточный вентиляционный оконный блок/ Липко В.И. – Заявл. 04.12.2002; Оpubл. 01.04.2003. – Национальный центр интеллектуальной собственности.

UDK : 693.22.004.18

Lis Anna

PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT OF ENERGYSAVINGS ACTIVITIES DETERMINING THE INDOOR ENVIRONMENT QUALITY IN THE BUILDING

Problems connected energy-saving determine of at present trends in projecting, realization and exploitation of buildings. Factors putting into influencing on character and dynamics of energy consumption for building one can divide on two groups. To first groups would belong to assemble these factors, which conditioned are location of building in definite climatic zone and time of year that is to say temperature of airs external, rose of winds, solar energy, precipitation and cloudiness. To second groups should credit factors connected with planning kind of object and with place his locations on concrete ground, on base of topical state of knowledge of projecting. These factors then architectural-builder's and material-construction solutions, energy characterization of building, destination and manner his of exploitation, holding suitable values of parameters of microclimate, quantity of exchanges of airs ventilated, parameters of heating system and technical state of building.

Energy-saving activities determine at present degree problems connected with influence of artificial environments of rooms on people. Main direction of activities leaded in aim of lowering wastes of energy to heating of buildings is sealing of building's barriers and modernization of ventilation and heating systems. Then attracts oneself change of microenvironment in the rooms. Sharpening of requirements of thermal protection of buildings leaded to height of thermal isolation of cooling barriers. In result noticed extension of participation of losses warm on ventilation in generally balance of losses. On base of analysis of structure of energy-waste in building sector one ascertained, that about 70 % happens on heating and ventilation of rooms. Energy consumption in residential building sector in Poland present Fig. 1.

Activities restrictive waste warmth on heating of airs exchanged in ventilation process caused drastic lowering quantities of exchanges of airs and worsening his qualities, what brought in effect to beginning of occurrence sick building syndrome. Sojourn in building embraced with occurrence of syndrome calls out and intensification many symptoms connected with incorrect working of organism and leading to his weaknesses or illness. Symptoms these called symptoms of syndrome this first of all irritation of eyes, of air passages and skin, dizziness and headache, bad frame of mind, irritation, fatigue and problems with concentration. It eats compactly with incorrect conditions of environment prevalent in the rooms. Main reason of occurrence of syn-