

It was found that conventional methods and analysis models based on the analytical processing of current data of emergency situations assessment, probabilistic assessment of the risks of emergency situations seem to be ineffective due to the standard accounting of system changes in the previous timing. The main disadvantage of the conventional approaches to risk assessment of emergency situations and the corresponding software and hardware is that the vast majority of them are designed according to the reaction to already existing situation. The problems of early prediction of emergency situations and development of preventive measures can be partially solved by means of the existing hardware and software systems for emergency situations monitoring.

The researches based on the development of multi-agent system of the analysis and assessment of risks of emergency situations are substantiated.

A block algorithm of the system functioning, taking into account the experience of building peripheral sub-systems of information monitoring is developed. In accordance with the block algorithm, structural and functional diagram of a multi-agent system of the analysis and management of risks of emergency situations was developed.

The novelty of this structural and functional diagram is defined by the modular construction of the individual agents, leading to the shifts of the realization of a particular agents A2 of the formation of emergency situations on the basis of structural-linguistic, statistical, neural and other approaches. Moreover, the composition and nomenclature of agents A1 and A3 are in the framework of given informational and control links and typical elements of the collection and final processing for those who make decisions on information concerning emergency situations.

Key words: *emergency situations, transportation facilities, multi-agent systems, risks, structural and functional diagram, technically complex transportation facilities.*

References

1. Frolov S.N., Egorov S.I., Sazonov S.Ju. Podhod k postroeniju intellektual'noj sistemy modelirovanija i upravlenija sostojaniem požaroopasnosti slozhnyh tehničkih ob#ektov // Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy. – 2013. – T. 11, № 8. – S. 50-54.

2. Ljubimov M.M., Solomanidin G.G. Regulirovanie kompleksnogo obespečenija bezopasnosti ob#ektov megapolisa // «Professionaly», Kompleksnaja bezopasnost' - M., 2005. – S. 40-42.

3. Frolov S.N. Metod, model' i algoritmy analiza i ocenki riskov voznikovenija požaroopasnyh situacij v jelektrosetjah na osnove mnogoagentnogo podhoda: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk (05.13.01). – Kursk, 2014. – 20 s.

4. PD 7974-7:2003. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Part 7: Probabilistic fire risk as-

essment, British Standards Institution (BSI). – London, UK, 2003.

5. Tarasov V.B. Iskusstvennaja zhizn' i nechetkie jevoljucionnye mnogoagentnye sistemy – osnovnye teoreticheskie podhody k postroeniju intellektual'nyh organizacij //Izvestija RAN: Teorija i sistemy upravlenija. – 1998. – №5.

6. Frolov S.N., Emel'janov S.G., Titenko E.A. Upravljajushhij algoritm raboty intellektual'noj sistemy upravlenija sostojaniem požarobezopasnosti jelektricheskikh setej // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – №5(50). – S. 79-84.

7. Mnogoagentnye sistemy v tehničkoj diagnostike slozhnyh tehničkih ob#ektov / T.A. Mirtalibov, S.N. Frolov, A.L. Hanis, E.A. Titenko // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – №3(60). – S. 18-25.

УДК 623.435.004

В.Н.Кобелев, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

В.А.Жмакин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

Н.С. Кобелев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

В.И. Зенченков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕПЛОЙ ЗАЩИТЫ ЖИЛОГО ФОНДА ГОРОДА КУРСКА И ОБЛАСТИ

Наружные ограждающие конструкции зданий и сооружений являются основными элементами, через которые преимущественно осуществляются потери тепловой энергии в отопительный период, особенно при изменяющихся погодноклиматических условиях эксплуатации с отрицательными температурами наружного воздуха. В соответствии со СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», одним из основных параметров, обеспечивающих снижение тепловых потерь наружными ограждениями, является термическое сопротивление стен, окон, пола и потолка, в конструктивное исполнение которых необходимо вводить теплоизолирующие материалы. Наиболее значительные тепловые потери в зданиях происходят через наружное ограждение в виде стен от 42 до 49 % для пяти – и девятиэтажных помещений и, соответственно, окон 32 и 35 %. Так как наружные многослойные монолитные стены многоэтажного здания, обладают значительной площадью, то и потери тепла в окружающую среду имеют максимальное значение.

Авторами разработаны конструктивные решения по созданию многоэтажной монолитной стены с дополнительной теплоизоляцией, в качестве которой используются витые пучки тонковолокнистого базальтового материала, вырабатываемого на предприятиях Курска, что существенно снижает себестоимость возведения энергосберегающих зданий и сооружений различного назначения.

Ключевые слова: тепловая энергия, энергетическое обследование, тепловая защита здания, наружное ограждение, тонковолокнистый базальтовый материал.

Известно, что деятельность промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства сопровождается весьма большими потерями теплоэнергетических ресурсов. В существующем фонде производственных и жилых помещений Российской Федерации значительную долю (в некоторых регионах до 80%) составляют дома из сборного железобетона, являющиеся по проектным данным самыми энергорасточительными сооружениями. Фактические же тепловые потери в таких домах на 20–30% выше проектных из-за низкого качества строительства и эксплуатации. Наиболее значительные тепловые потери в зданиях происходят через наружные стеновые ог-

раждения (42 и 49% для пяти- и девятиэтажных зданий) и окна (32 и 35% соответственно). Дополнительные тепловые потери вызывает также промерзание наружных ограждающих конструкций зданий. Воздухообмен помещений должен определяться не только конкретной технологией, но и характером производства и рассчитываться на единицу производственной площади, оборудования, продукции, количества людей с перспективой развития. Кроме того, возникает необходимость гигиенического нормирования в помещениях таких параметров микроклимата, как температура, влажность, подвижность воздуха, интенсивность инфракрасной радиации, и таких по-

казателей состояния воздушной среды, как газовый, пылевой и ионный состав [1,2].

В рамках законодательства с 1995 г. согласно СП 50 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» значительно ужесточились требования к термическому сопротивлению ограждающих строительных конструкций зданий. В соответствии с данным нормативным документом необходимо, чтобы теплотехнические характеристики ограждающих конструкций обеспечивали выполнение не только санитарно-гигиенических условий, условий не выпадения конденсата на их внутренней поверхности ограждающих конструкций, но и принципов энергосбережения. Для климатических условий Курска и Курской области величина термического сопротивления стен, обеспечивающая не выпадение конденсата, составляет $1,26 \text{ (м}^2\text{°C)/Вт}$, а по новым нормативам должно составлять $2,95 \text{ (м}^2\text{°C)/Вт}$, при этом ожидается снижение энергопотребления на 40% [3].

Для обеспечения данных требований по теплозащите необходима реализация

мероприятий по оптимизации строительных конструкций (использование ограждающих конструкций с эффективной теплоизоляцией и конструкцией окон с более высоким коэффициентом сопротивления теплопередачи и воздухопроницаемости). В связи с этим были проведены работы по энерготехническому обследованию существующего жилого фонда г. Курска, а именно домов серии 1-447с-11, 1-464А-9, 91-014/1.

Реализация методов по тепловой санкции дает возможность ликвидировать избыточные теплотери и сократить затраты тепла на поддержание микроклимата в зданиях рассматриваемых серий. Годовая экономия тепловой энергии после проведения мероприятий по дополнительной теплоизоляции наружных ограждений на отопление 1 м^2 жилой площади и в целом по фонду представлена в таблице. В среднем срок окупаемости работ по тепловой изоляции ограждающих конструкций составляет 20 лет, но с увеличением роста тарифов на тепловую энергию эти работы будут востребованы [4].

Технико-экономические параметры дополнительной теплоизоляции наружных ограждений жилых зданий

| Серия жилых домов | Удельная годовая экономия тепла, Гкал/м ² | Количество домов | Удельные затраты на дополнительную теплоизоляцию, тыс. руб./м ² | Экономия тепла в целом по фонду, Гкал |
|------------------------------|--|------------------|--|---------------------------------------|
| Серия 1-447с-11 3-этажные | 0,02 | 167 | 1,55 | 7092 |
| Серия 1-447с-11 4-этажные | 0,03 | 145 | 1,54 | 20453 |
| Серия 1-447с-11 5-этажные | 0,03 | 307 | 1,54 | 54130 |
| Серия 1-464А-9 | 0,06 | 226 | 1,54 | 75798 |
| Серия 91-014/1 | 0,19 | 172 | 1,6 | 184721 |

Авторами разработаны конструктивные решения по созданию многоэтажной монолитной стены с дополнительной теплоизоляцией, в качестве которой используются витые пучки тонковолокнистого базальтового материала, вырабатываемого на предприятиях Курска, что существенно снижает себестоимость возведения энергосберегающих зданий и сооружений различного назначения.

В соответствии с нормативными документами необходимо, чтобы теплотехнические характеристики ограждающих конструкций обеспечивали выполнение не только санитарно-гигиенических условий, условий невыпадения конденсата на их внутренней поверхности ограждающих конструкций, но и принципов энергосбережения.

Для обеспечения данных требований по теплозащите необходима реализация мероприятий по оптимизации строительных конструкций (использование ограждающих конструкций с эффективной теплоизоляцией и конструкцией окон с более высоким коэффициентом сопротивления теплопередачи и воздухопроницаемости). Наружная многослойная монолитная стена многоэтажного здания обладает значительной площадью теплоотдачи в окружающую среду тепла, затрачиваемого системой теплоснабжения для поддержания нормированного микроклимата в помещениях (рис.).

Воздух, находящийся в отверстиях 5, контактирует с внутренними поверхностями как теплоизоляционного слоя 3, так и монолитных бетонных слоев 1 и 2. При отрицательных температурах наружного воздуха процесс охлаждения по монолитным бетонным слоям 1 и 2 идет бо-

лее интенсивно, т.е. слой 2 быстро охлаждается и градиент температуры ($\text{grad}t_1$) перемещается к внутренней поверхности ее контакта с воздухом и в отверстиях 5, осуществляется энергичный отбор тепла, особенно в пограничном слое [5]. Одновременно при прогреве монолитных бетонных слоев 1 и 2 со стороны внутреннего воздуха процесс нагрева идет менее интенсивно и градиент температур ($\text{grad}t_2$) перемещается практически с незначительным смещением к внутренней поверхности отверстия 5, т.к. прогревается слой 1 и лишь частично нагревается слой 2. Осуществляется подвод теплоты в пограничный слой контактируемого воздуха, в результате в воздушной прослойке теплофизические параметры воздуха по периметру отверстия 5, т.е. в пограничных слоях при ламинарном движении, имеют различные значения по теплозащитным свойствам, что в конечном итоге существенно ухудшает теплозащиту в целом всей наружной многослойной стены.

Для устранения данного явления необходимо осуществлять турбулизацию пограничных слоев воздуха, контактирующих с внутренними поверхностями, имеющих различные температуры (разных градиентов температур $\text{grad}t_1$ и $\text{grad}t_2$) бетонных слоев 1 и 2. Это происходит при выполнении на внутренних поверхностях 10 и 11 теплоизоляционного слоя 3 криволинейных канавок 12 и 13 одной части 14 поверхности 10 теплоизоляционного слоя 3. Касательная криволинейных канавок 12 имеет направление движения по ходу часовой стрелки, а на другой части 15 касательных криволинейных канавок 13 имеется направление движения против хода часовой стрелки.

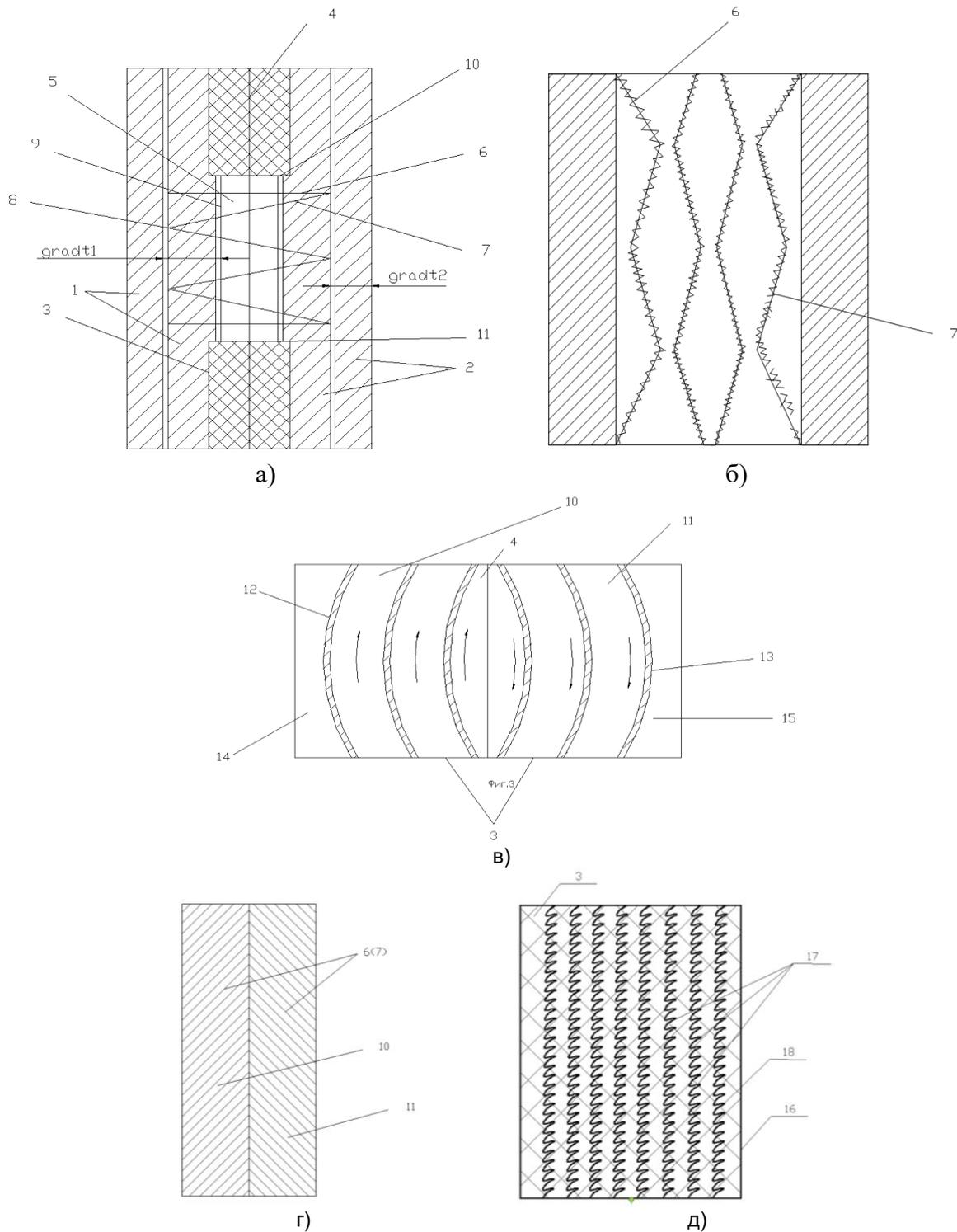


Рис. Наружная многослойная монолитная стена многоэтажного здания с заглушками, расположенными в теле теплоизоляционного слоя: а – общий вид; б – план расположения гибких связей в вертикальном канале; в – внутренняя поверхность теплоизоляционного слоя с криволинейными канавками; г – разрез элемента связи из биметалла; д – наружная поверхность теплоизоляционного слоя, покрытая тонковолокнистым базальтовым материалом в виде скручения жгутов; 1, 2 – бетонные слои; 3 – теплоизоляционный слой; 4 – разъем; 5 – отверстие; 6, 7 – гибкие связи; 8 – арматура; 9 – заглушки; 10, 11 – внутренняя и наружная поверхности слоя; 12, 13 – криволинейные канавки; 14, 15 – части поверхности; 16 – внешняя поверхность; 17 – тонковолокнистый базальтовый материал; 18 – скрученные жгуты

В этом случае пограничный слой воздуха, контактирующий с поверхностью 10, перемещаясь по криволинейным канавкам 12 части 14 теплоизоляционного слоя 3, закручивается по ходу движения часовой стрелки, образуя микрозавихрения.

Одновременно пограничный слой воздуха, контактирующий с поверхностью 10, перемещаясь по криволинейным канавкам 13 части 15 теплоизоляционного слоя 3, закручивается против хода движения часовой стрелки, образуя микрозавихрения, вращающиеся в данном направлении. При этом на разъеме 4 встречаются микрозавихрения с противоположно направленным вращательным движением. Это приводит к образованию микровзрывов [2] с резко выраженной турбулизацией пограничного слоя, находящегося как на внутренней поверхности 10 теплоизоляционного слоя 3, так и частично на внутренней поверхности монолитного бетонного слоя 2. Аналогичные процессы происходят и на поверхности 11 теплоизоляционного слоя 3 с турбулизацией пограничного слоя воздуха.

В результате турбулизация режимов движения воздуха в пограничных слоях по всему периметру отверстия 5 усредняет теплообменные процессы как нагрева слоев 1 и 2 внутренним воздухом здания, так и охлаждения их наружным воздухом, поддерживая заданную теплоизоляционную способность воздуха в отверстиях 5.

На внешней поверхности 16 теплоизоляционного слоя 3, со стороны воздействия солнечной радиации и наружного воздуха, расположен тонковолокнистый базальтовый материал 17, выполненный в виде скрученных жгутов 18, продольно вытянутых по высоте тепло-

изоляционного слоя 3. Тогда, при воздействии солнечной радиации с отрицательными температурами окружающей среды, наружный слой 2 монолитного бетона пропускает посредством теплопроводности тепловой поток, который на скрученных жгутах 18 тонковолокнистого базальтового материала 17 аккумулируется [5]. При этом процесс накопления тепловой энергии в связи с продольно вытянутым расположением скрученных жгутов 18 осуществляется сверху вниз по мере прогрева наружной стены многоэтажного здания. В результате поступления тепла во внутрь помещений, благодаря теплоизоляционному слою 3 из пенополистирола и тонковолокнистого базальтового материала 16, практически не происходит. Следовательно, отсутствует «перетоп» системой отопления многоэтажного здания, что приводило к дискомфортным условиям нахождения людей, и обеспечивается поддержание нормированных параметров внутреннего воздуха.

В дневное время суток при воздействии солнечной радиации через бетонный слой 2 теплота излучения воздействует на внешнюю поверхность 16 и в месте контакта теплоизоляционного слоя 3 и бетонного слоя 2 образуется зона перегрева. В результате изменяется температурный режим наружной многослойной монолитной стены, т.к. в это же время бетонный слой 2 конденсирует с наружным воздухом окружающей среды, имеющим более низкую температуру, что и способствует разрушению конструктивных элементов наружной стены и, как следствие снижению эксплуатационной надёжности.

В тёмное время суток и/или когда отсутствует солнечная радиация, наружный слой 2 монолитного бетона контактирует

с воздухом окружающей среды, имеющим отрицательную температуру, что интенсифицирует отвод тепла через стену многоэтажного здания от внутреннего воздуха помещений с положительной температурой. Наличие не только дополнительного теплоизолирующего, как у плитного утеплителя из пенополистирола, но и аккумулирующего тепло свойства тонковолокнистого базальтового материала 17 приводит к отводу теплоты от теплоизоляционного слоя 3 через монолитный бетонный слой 2 к окружающей среде, устраняя передачу теплоты от внутреннего воздуха помещения к наружному воздуху. Следовательно, наличие теплоизолирующего базальтового материала 17 значительно уменьшает тепловые потери наружных многослойных стен многоэтажного здания. При этом ожидается снижение энергопотребления на 40%. Новизна технических решений защищена патентами РФ на изобретения [6, 7, 8].

Выводы

1. Выявлены, на основании экспериментального обследования, основные потери тепловой энергии в системах теплоснабжения существующего жилого фонда г. Курска по серии домов более 20-летней давности застройки.

2. Предложены мероприятия по снижению тепловых потерь как реконструируемых зданий, так и проектируемых на основании использования дополнительной теплоизоляции в виде вырабатываемых на предприятиях г. Курска витых пучков тонковолокнистого базальтового материала

3. Новизна разработанных технических решений по дополнительной теплоизоляции наружных ограждений зданий и

сооружений защищена патентами РФ на изобретения и полезные модели.

Список литературы

1. Мелькумов В.Н., Кузнецов И.С., Кобелев В.Н. Метод построения оптимальной структуры тепловых сетей // Вестник МГСУ. – 2011. – № 7. – С. 549–553.

2. Кобелев В.Н. Ресурсосберегающие технологии в системах теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства: монография / Н.С. Кобелев, А.В. Моржавин, В.Н. Кобелев [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2013. – 106 с.

3. Кобелев В.Н., Федоров С.С., Титов Д.В. Автоматизация как один из путей энергосбережения на тепловых пунктах // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы междунар. акад. чтений. – Курск, 2005. – С. 119–123.

4. Кобелев Н.С., Крыгина А.И., Котенко Э.В. Вопросы тепловой санации зданий существующего жилого фонда // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – №5(38). – С. 335-340.

5. Тепловлажностной режим вентилируемой воздушной прослойки / Н.С. Кобелев, Т.В. Алябьева, В.Н. Кобелев [и др.] // Известия Курского государственного технического университета. – 2010. – № 1(30). – С. 73–77.

6. Трехслойная сейсмостойкая ресурсосберегающая панель / Н.С. Кобелев, Е.Г. Пахомова, В.М. Толмачева [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – №1(64). – С.106-109.

7. Пат. 2087831 Российская Федерация, МПК⁷ Н 01 L 21/66.. Устройство для регулирования температуры воздуха в

помещении / Кобелев В.Н., Емельянов С.Г., Кобелев Н.С. [и др.]; заявитель и патентообладатель Юго-Зап. гос.ун-т. №2009114608/22; заявл. 27.12.2009; опубл. 20.10.2011, Бюл. № 11.

8. Пат.126 725 Российская Федерация, МПК⁷ F 24 F 7/06. Панель для дополнительной теплоизоляции / Кобелев Н.С., Кобелев В.Н., Крыгина А.И. [и др.]; заявитель и патентообладатель Курск. гос.

техн. ун-т. №2009114608/22; заявл. 17.04.2012; опубл. 20.10.2013 Бюл. № 10

9. Методика расчёта автоматизированного конденсатоотводчика в системах вентиляции внешних строительных конструкций / Н.С. Кобелев [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – №1. – С. 26 – 31.

Получено 20.04.16

V. N. Kobelev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

V. A. Zhmakin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

N. S. Kobelev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

V. I. Zenchenkov, Postgraduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING HEAT INSULATION FOR HOUSING STOCK IN KURSK AND KURSK REGION

Exterior wall envelopes of buildings and structures are the main elements through which heat loss mainly occurs during the heating season, especially in case of changeable weather conditions and subzero ambient temperatures. In compliance with SNiP23-02-2003 «Heat insulation of buildings», one of the main parameters providing reduction of heat losses through envelopes of enclosure is heat transfer resistance of walls, windows, floors and ceilings. It is necessary to involve heat insulating materials in their design. The greatest heat loss in buildings takes place through walls (42-49% for five-nine-storey buildings) and windows (32-35%). Since the surface of exterior multi-layer in situ walls of a multi-storey building is quite big, heat loss into the environment is of a maximum value.

The authors have developed design solutions for a multi-storey in situ wall with extra heat insulation. Twisted fine-fibred basalt bundles produced by Kursk enterprises are used for such heat insulation, which reduces costs of constructing of buildings and facilities of different purposes

Key words: heat energy, energy inspection, building heat insulation, exterior wall envelopes, fine-fibred basalt material.

1. Mel'kumov V.N., Kuznecov I.S., Kobelev V.N. Metod postroenija optimal'noj struktury teplovyh setej // Vestnik MGSU. – 2011. – № 7. – С. 549–553.

2. Kobelev V.N. Resursosberegajushhie tehnologii v sistemah teplosnabzhenija zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva: monografija / N.S. Kobelev, A.V. Morzhavin, V.N. Kobelev [i dr.]; Jugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2013. – 106 s.

3. Kobelev V.N., Fedorov S.S., Titov D.V. Avtomatizacija kak odin iz putej jenergosberezhenija na teplovyh punktah // Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii. Problemy i reshenija: materialy mezhdunar. akad. chtenij. – Kursk, 2005. – S. 119–123.

4. Kobelev N.S., Krygina A.I., Ko-tenko Je.V. Voprosy teplovoj sanacii zdaniy sushhestvujushhego zhilogo fonda // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2011. – №5(38). – S. 335-340.