



ЖИЛИЩНОЕ

СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

www.rifsm.ru

издается с 1958 г.



Универсальная передвижная автоматическая станция мониторинга и экспертизы зданий и сооружений жилищного фонда

22 - 25 сентября

УФА-2015

Форум УРАЛСТРОЙИНДУСТРИЯ

XXV юбилейная международная выставка



Место проведения:

ВДНХ ЭКСПО

ул. Менделеева, 158

Тел./факс: (347) 246-42-29, 246-42-38, 246-42-37
e-mail: stroy@bvkeexpo.ru
www.bvkeexpo.ru

www.stroybvk.ru



БВК
БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

Учредитель журнала
ЦНИИЭП жилища

Ежемесячный научно-технический
и производственный журнал

Входит в Перечень ВАК
и государственный проект РИНЦ

Журнал зарегистрирован
Министерством РФ по делам
печати, телерадиовещания
и средств массовой информации
№ 01038

Главный редактор

ЮМАШЕВА Е.И.,
инженер-химик-технолог,
почетный строитель России

Редакционный совет:

НИКОЛАЕВ С.В.,
председатель, д-р техн. наук,
генеральный директор
ОАО «ЦНИИЭП жилища» (Москва)

БАРИНОВА Л.С.,
канд. хим. наук, вице-президент
Российского союза строителей
(Москва)

ВОЛКОВ А.А.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Москва)

ГАГАРИН В.Г.,
д-р техн. наук (Москва)

ЖУСУПБЕКОВ А.Ж.,
д-р техн. наук (Астана, Казахстан)

ЗАИГРАЕВ А.С.,
генеральный директор
ОАО «Иркутский промстройпроект»
(Иркутск)

ЗВЕЗДОВ А.И.,
д-р техн. наук, президент ассоциации
«Железобетон» (Москва)

ИЛЬИЧЕВ В.А.,
д-р техн. наук, академик РААСН
(Москва)

КОЛЧУНОВ В.И.,
д-р техн. наук, академик РААСН
(Курск)

МАНГУШЕВ Р.А.,
д-р техн. наук (Санкт-Петербург)

ФРАНИВСКИЙ А.А.,
канд. техн. наук (Киев, Украина)

Авторы

опубликованных материалов несут
ответственность за достоверность
приведенных сведений, точность
данных по цитируемой литературе
и за использование в статьях
данных, не подлежащих открытой
публикации.

Редакция

может опубликовать статьи
в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора.

Перепечатка

и воспроизведение статей,
рекламных и иллюстративных
материалов возможны лишь
с письменного разрешения
главного редактора.

**Редакция не несет
ответственности за содержание
рекламы и объявлений.**

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Издается с 1958 г.

7'2015

Общие вопросы строительства

- А.А. ВОЛКОВ, Л.А. ШИЛОВА
Определение уровня безопасности объекта жизнеобеспечения 3
- И.Л. ШУБИН, Д.А. ЛЫСОВ, А.И. КУГАЧЕВ
Мониторинг жилищного фонда и проведение экспертизы качества строительства
нового жилья в рамках ликвидации аварийного жилищного фонда 6
- Т.Ф. ЕЛЬЧИЩЕВА
Оценка количества загрязняющих веществ в воздухе
Центрально-Черноземного региона для проектирования наружных стен зданий 9

Тепловая защита зданий

- Н.П. УМНЯКОВА, И.Н. БУТОВСКИЙ, А.Г. ЧЕБОТАРЕВ, О.И. МАТВЕЕВА
Совершенствование теплотехнического проектирования зданий
в климатических условиях Республики Саха (Якутия) 12
- В.Г. ГАГАРИН, ЧЖОУ ЧЖИБО
О нормировании тепловой защиты зданий в Китае 18
- Т.А. АХМЯРОВ, А.В. СПИРИДОНОВ, И.Л. ШУБИН
Перспективы применения технологий и систем активного энергосбережения
при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых
и общественных зданий 23
- М.В. ЧЕБЫШЕВ
Конструктивные особенности вентилируемого фасада с утеплителем из пеностекла 27
- Р.А. ШЕПС, Т.В. ЩУКИНА
Теплозащитные свойства ограждений с учетом прогнозируемых условий эксплуатации 29
- С.В. КОРНИЕНКО
Предложения по корректировке СП 50.13330.2012
в части защиты от переувлажнения ограждающих конструкций 31
- Н.Г. ВОЛКОВА
Динамика знакопеременной температуры наружного воздуха в весенний период года 35
- К.С. АНДРЕЙЦЕВА, В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ, Д.З. КАДИЕВ
Влияние связей – соединителей бетонных слоев в трехслойных стеновых панелях
на теплотехническую однородность конструкции панели 38
- А. УЙМА, А. ЛИС
Уменьшение эксплуатационных расходов в школах после их термомодернизации 45
- А.Д. ЖУКОВ, Е.Ю. БОБРОВА, И.В. БЕССОНОВ
Строительные системы и особенности применения теплоизоляционных материалов 49

Звукоизоляция

- А.А. КОЧКИН, Л.А. БОРИСОВ
Исследование звукового давления в воздушном промежутке двойной
ограждающей конструкции из слоистых вибродемпфированных элементов 52
- А.С. ПОЛЕВЩИКОВ
Звукоизоляция междуэтажных перекрытий в жилых зданиях 55
- Л.Э. ШАШКОВА, А.А. КОЧКИН
Исследование влияния месторасположения и заполнения пропиллов
в вибродемпфированных элементах на их звукоизоляцию 58

Подземное строительство

- В.А. СМИРНОВ
Динамический анализ виброизолятора квазиулевого жесткости
при случайных колебаниях основания 60
- С.Д. СОКОВА, В.М. КАЛИНИН
Повышение надежности подземной гидроизоляции при эксплуатации зданий 63

Founder of the journal

«TsNIIEP zhilykh i obshchestvennykh zdaniy» (TSNIIEPzhilishcha)»

Monthly scientific-technical and industrial journal

The journal is registered by the RF Ministry of Press, Broadcasting and Mass Communications, № 01038

ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

7'2015

Editor-in-chief

YUMASHEVA E.,
chemical process engineer,
Honorary Builder of Russia

Editorial Board:

NIKOLAEV S.,
Chairman, Doctor of Sciences
(Engineering), General Director,
the Central Research and Design
Institute for Residential and Public
Buildings (Moscow)

BARINOVA L.,
Candidate of Sciences (Chemistry),
Vice-President of the Russian Union
of Builders (Moscow)

VOLKOV A.A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Moscow)

GAGARIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering)
(Moscow)

ZHUSUPBEKOV A.ZH.,
Doctor of Sciences (Engineering)
(Astana, Kazakhstan)

ZAIGRAYEV A.,
General Director, OAO «Irkutsky
promstroyproyekt» (Irkutsk)

ZVEZDOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
President, Association «Zhelezobeton»
(Moscow)

IL'ICHEV V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Academician of RAACS, Research
Supervisor of the Academic Scientific
and Creative Center of RAACS (Moscow)

KOLCHUNOV V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Academician of RAACS (Kursk)

MANGUSHEV R.,
Doctor of Sciences (Engineering)
(Saint-Petersburg)

FRANIVSKY A.,
Candidate of Sciences (Engineering)
(Kiev, Ukraine)

The authors

of published materials are responsible for the accuracy of the submitted information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public.

The Editorial Staff can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author.

Reprinting

and reproduction of articles, promotional and illustrative materials are possible only with the written permission of the editor-in-chief.

The Editorial Staff is not responsible for the content of advertisements and announcements.

General issues of construction

A.A. VOLKOV, L.A. SHILOVA
Determining the Safety Level of a Life Support Object 3

I.L. SHUBIN, D.A. LISOV, A.I. KUGACHEV
Monitoring of Housing Stock and Carrying Out Examination of Quality of Construction of New Housing Within Elimination of Emergency Housing Stock 6

T.F. EL'CHISHCHEVA
Evaluation of Pollutant Amount in the Air of Central Black Earth Region for Designing External Walls of Buildings 9

Heat protection of buildings

N.P. UMNIAKOVA, I.N. BUTOVSKY, A.G. CHEBOTAREV, O.I. MATVEEVA
Improvement of Thermotechnical Design of Buildings Under Climatic Conditions of the Sakha Republic (Yakutia) 12

V.G. GAGARIN, ZHOU ZHIBO
About Regulation of Thermal Performance of Buildings in China 18

T.A. AKHMYAROV, A.V. SPIRIDONOV, I.L. SHUBIN
Prospects of Application of Technologies and Systems of Active Energy Saving at Construction, Reconstruction and Capital Repairs Residential and Public Buildings 23

M.V. CHEBYSHEV
Structural Features of a Ventilated Façade with Foam Glass Heat Insulation 27

R.A. SHEPS, T.V. SHCHUKINA
Heat Protection Properties of Enclosing Structures with Due Regard for Operating Conditions 29

S.V. KORNIYENKO
Suggestions about Correction of SP 50.13330.2012 Concerning Protection of Enclosing Structures Against Overwetting 31

N.G. VOLKOVA
Dynamics of Sign-Variable Outside Temperatures of the Spring Period of Year 35

K.S. ANDREYTSOVA, V.N. YARMAKOVSKY, D.Z. KADIEV
Influence of Brace-Connectors of Concrete Layers in Three-Layer Wall Panels on Thermotechnical Homogeneity of a Panel Structure 38

A. UJMA, A. LIS
Reduction in Operating Costs in Schools after Their Thermal Modernization 45

A.D. ZHUKOV, E.Yu. BOBROVA, I.V. BESSONOV
Building Systems and Peculiarities of Using Heat Insulation Materials 49

Звукоизоляция

A.A. KOCHKIN, L.A. BORISOV
Research in Sound Pressure in Air Gap of a Double Enclosing Structure Made of Layered Vibro-Damped Elements 52

A.S. POLEVSHCHIKOV
Sound Insulation of Intermediate Floors in Residential Buildings 55

L.E. SHASHKOVA, A.A. KOCHKIN
Research in Impact of Location and Filling of Saw Notches in Vibrodamped Elements on Their Sound Insulation 58

Underground construction

V.A. SMIRNOV
Dynamic Analysis of a Vibration Isolator of Quasi-Zero Stiffness at Random Base Vibrations 60

S.D. SOKOVA, V.M. KALININ
Improving the Reliability of Underground Waterproofing During Buildings Operation 63

Editorial address: 9/3 Dmitrovskoye Hwy, 127434, Moscow, Russian Federation

Tel./fax: (499) 976-22-08, 976-20-36

Email: mail@rifsm.ru http://www.rifsm.ru/

УДК 699.8

А.А. ВОЛКОВ¹, д-р техн. наук, член-корр. РААСН;
Л.А. ШИЛОВА² (shilova@rosenergo.gov.ru), инженер

¹ Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

² Российское энергетическое агентство Министерства энергетики Российской Федерации (РЭА Минэнерго России)
(129110, г. Москва, ул. Щепкина, 40, стр. 1)

Определение уровня безопасности объекта жизнеобеспечения

На территории Российской Федерации многим объектам жизнеобеспечения присвоен статус градообразующих. Это в первую очередь объекты ТЭК: тепловые, гидроэнергетические станции и другие уникальные объекты. Инциденты и аварии на таких объектах влекут за собой материальный, социальный, а иногда и экологический ущерб. С целью снижения ущерба от чрезвычайных ситуаций предложена система критериев, определяющая уровень безопасности объекта, которая позволяет по предварительным оценкам своевременно принять решение в целях снижения затрат на ликвидацию чрезвычайных ситуаций, а в отдельных случаях полностью избежать их. В статье представлены пороговые значения предложенных критериев, а также описан возможный вариант расчета уровня безопасности объекта. В связи с тем, что представленный алгоритм является гибким в условиях обеспечения безопасности объектов жизнеобеспечения, его можно использовать на различных типах объектов.

Ключевые слова: безопасность, объект жизнеобеспечения, пороговые значения, градообразующие объекты, критерий инженерной устойчивости, критерий функциональной устойчивости, расчет безопасности объекта, чрезвычайная ситуация.

A.A. VOLKOV¹, Doctor of Sciences (Engineering), Corresponding Member of RAACS;
L.A. SHILOVA² (shilova@rosenergo.gov.ru), Engineer

¹ Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Shosse, 129337, Moscow, Russian Federation)

² Russian Energy Agency of the Energy Ministry of the Russian Federation (REA, Minenergo of Russia)
(40, p. 1, Shchepkina Street, 129110, Moscow, Russian Federation)

Determining the Safety Level of a Life Support Object

On the territory of the Russian Federation many life support objects have the status of city-forming. Primarily, these are the objects of Heat-And-Power Engineering Complex (HPEC): thermal power stations, hydroelectric stations and other unique objects. Incidents and accidents at such facilities entail physical, social, and, sometimes, environmental damage. To reduce the impact of emergencies, the system of criteria, which determines the level of safety of an object and makes it possible, according to preliminary estimates, to take timely action to reduce the cost of liquidation of emergencies and, in some cases, completely avoid them, is proposed. The article presents the threshold values of proposed criteria and also describes a possible variant of calculation of the object safety level. Due to the fact that the proposed algorithm is flexible in terms of ensuring the safety of life support objects, it can be used at various types of objects.

Keywords: safety, life support object, threshold values, city-forming objects, criterion of engineering sustainability, calculation of object safety, emergency.

Обеспечение безопасности объектов жизнеобеспечения является актуальной задачей, так как аварии на таких объектах влекут за собой крупный материальный, социальный, а иногда и экологический ущерб. В настоящее время многие авторы уделяют внимание этой проблеме [1–5], при этом безопасность принимается как система взглядов, которую с точки зрения системного подхода можно представить в виде ряда подсистем:

- правовая безопасность;
- информационная безопасность;
- финансовая безопасность;
- кадровая безопасность;
- инженерно-техническая безопасность;
- технологическая безопасность;
- экологическая безопасность и т. д.

Безопасность аккумулирует в себе организационные, правовые, инженерно-технические и другие меры, методы и средства, направленные на поддержание устойчивости объекта.

Таким образом, в качестве общего критерия безопасности объекта жизнеобеспечения принимаем его устойчивость – такое состояние объекта, при котором действительные функциональные и технические характеристики зданий и сооружений, входящих в состав объекта жизнеобеспечения, а также его элементов, соответствуют области допустимых значений [6].

Для описания пространства устойчивости используем систему критериев, представленную в табл. 1.

На основании первой стадии статистического исследования – статистического наблюдения, а также используя отчетность органов официальной статистики, сделан вывод, что каждый критерий может принимать одно из трех пороговых значений.

Первое пороговое значение «нормальное» – соответствует приемлемому состоянию безопасности объекта по рассматриваемому критерию. Численно такое пороговое значение приравнивается к единице.

Таблица 1

Критерии, определяющие уровень безопасности объекта жизнеобеспечения, и их пороговые значения

Критерий	Пороговое значение		
	«Кризисное»	«Потенциально опасное»	«Нормальное»
	-1	0	1
Критерии инженерной устойчивости			
Пожаро-безопасности	Конструкции объекта обладают IV либо V степенью огнестойкости	Конструкции объекта обладают III степенью огнестойкости	Конструкции объекта обладают I либо II степенью огнестойкости
Физической безопасности	Состояние несущих конструктивных элементов аварийное, а ненесущих – весьма ветхое; выполнение конструктивными элементами своих функций возможно лишь при проведении охранных мероприятий или полной смены конструктивного элемента	Эксплуатация конструктивных элементов возможна при условии значительного капитального ремонта	Повреждений, деформаций нет. Имеются отдельные устранимые при текущем ремонте дефекты, не влияющие на эксплуатацию конструктивного элемента. Капитальный ремонт может проводиться лишь на отдельных участках, имеющих относительный износ
Надежности инженерно-технических систем	Неустраняемый физический износ инженерных систем	Устранимый физический износ инженерных систем	Инженерные системы после ремонта – замены элементов или узлов либо ремонт не требуется
Надежности проектного решения	Проектная долговечность используемого конструктивного решения до 20 лет	Проектная долговечность используемого конструктивного решения до 50 лет	Проектная долговечность используемого конструктивного решения более 50 лет
Технологической безопасности	Неустраняемый физический износ оборудования, т. е. износ, который невозможно устранить из-за конструктивных особенностей объекта или нецелесообразно устранять по экономическим соображениям	Устранимый физический износ оборудования – износ, устранение которого физически возможно и экономически оправданно, т. е. износ, допускающий ремонт и восстановление объекта с технической точки зрения и оправданный с экономической точки зрения	Оборудование новое, либо после ремонта – замены деталей или узлов, либо ремонт не требуется
Критерии функциональной устойчивости			
Уровня автоматизации	Объект не автоматизирован	Объект частично автоматизирован	Объект полностью автоматизирован
Сырьевой безопасности	На объекте используются опасные вещества и материалы, есть нарушения при выполнении нормативных требований	На объекте используются опасные вещества и материалы, все нормативные требования соблюдены	На объекте не используются опасные вещества и материалы
Энергетической безопасности	Энергоснабжение с перебоями. На случай ЧС резервного (аварийного) энергоснабжения нет	Бесперебойное энергоснабжение. Энергоснабжение с перебоями. На случай ЧС резервного (аварийного) энергоснабжения нет	Бесперебойное энергоснабжение. На случай ЧС есть резервное (аварийное) энергоснабжение
Экологической безопасности	В результате деятельности на объекте образуются отходы I, II классов опасности. При разрушении объекта в случае ЧС возможны катастрофические экологические последствия	В результате деятельности на объекте образуются отходы III класса опасности. В случае ЧС возможны негативные экологические последствия при разрушении объекта	В результате деятельности на объекте образуются отходы IV, V классов опасности
Безопасности труда	Требования ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 не выполнены	Требования ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 выполнены частично	Требования ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 выполнены

Второе пороговое значение «*потенциально опасное*» – определяет граничное состояние безопасности объекта по рассматриваемому критерию между приемлемым («нормальным») и предкризисным состоянием («кризисным»). Такое состояние соответствует нулю.

Третье пороговое значение «*кризисное*» – соответствует неприемлемому либо критическому состоянию безопасности объекта по рассматриваемому направлению. Кризисному состоянию соответствует значение «-1».

Значимость выбранных в работе критериев оценивается методом определения относительного веса через анкетирование. В табл. 2 представлены данные по значениям удельных весов показателей, сформированные на основании одного из проведенных исследований.

Имея расчетные значения критериев, можно рассчитать уровень безопасности объекта.

В работе рассматриваются три уровня безопасности. Первый уровень – это такое состояние объекта, при котором возможна его эксплуатация без каких-либо ограничений. Большинство контролируемых критериев, определяющих уровень безопасности, находятся в пределах их до-

Таблица 2
Значения удельных весов критериев устойчивости ОЖ

Критерии инженерной устойчивости	Удельный вес	Критерии функциональной устойчивости	Удельный вес
1	0,0816	6	0,0783
2	0,1987	7	0,087
3	0,1493	8	0,0844
4	0,0778	9	0,0734
5	0,1111	10	0,0584

пустимых пороговых значений. Рассматриваемый объект можно дальше эксплуатировать без разработки и реализации каких-либо мер по повышению безопасности ОЖ. Уровень безопасности составляет 60% и выше*. Вероятность возникновения ЧС на объекте низкая.

Второй уровень – это состояние объекта, когда возможно возникновение какого-либо инцидента. Опираясь на Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ

* Градация безопасности объекта проведена на основании статистических исследований.

Таблица 3

Расчет уровня безопасности

Состояние объекта	Критерии безопасности объекта жизнеобеспечения										Уровень безопасности, %
	Критерии инженерной устойчивости					Критерии функциональной устойчивости					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	
	Значения удельных весов критериев безопасности объекта жизнеобеспечения										
	0,0816	0,1987	0,1493	0,0778	0,1111	0,0783	0,087	0,0844	0,0734	0,0584	
	Значения критериев безопасности объекта жизнеобеспечения										
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Низкая вероятность возникновения ЧС на объекте	0,0816	0,1987	0,1493	0,0778	0,1111	0,0783	0,087	0,0844	0,0734	0,0584	100
Средняя вероятность возникновения ЧС на объекте	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Высокая вероятность возникновения ЧС на объекте	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. ■ – зеленый уровень; ■ – желтый уровень; ■ – красный уровень.

(ред. от 31.12.2014), под инцидентом принимается отказ или повреждение технических устройств, применяемых на объекте, отклонение от установленного режима технологического процесса. Объект можно продолжать эксплуатировать при условии, что в определенные сроки будет реализован комплекс мер, направленный на нейтрализацию действия угроз. Уровень безопасности лежит в интервале от 59 до 20%. Вероятность возникновения ЧС на объекте средняя.

Третий уровень информирует о том, что вероятность возникновения ЧС на объекте высокая. Уровень безопасности оценивается в 19% и менее.

В работе приводится пример расчета. Для примера взят объект, все критерии безопасности которого находятся в состоянии «норма». Вероятность возникновения ЧС низкая, уровень безопасности соответствует 100%. В табл. 3 представлены результаты расчета.

На практике не все объекты обладают максимальными значениями выбранных критериев, поэтому разработанный алгоритм позволяет не только рассчитать безопасность объекта, но также определить его критические области, чтобы своевременно принять решение в целях снижения затрат на ликвидацию чрезвычайных ситуаций, а в отдельных случаях полностью избежать их.

Список литературы

1. Волков А.А., Муминова С.Р. Original approach to servicelife prognostication developed for residential buildings // *Вестник МГСУ*. 2013. № 3. С. 244–248.
2. Махутов Н.А. Оценки и прогнозы стратегических рисков в техногенной сфере жизнедеятельности государства // *Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования*. 2013. № 2. Т. 3. С. 179–188.
3. Мусаев В.К., Парфененков В.В., Воротников А.В., Денисенкова Н.Н., Новиков В.В. О мониторинге комплексной безопасности уникальных объектов при чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и экологического характера // *Международный журнал экспериментального образования*. 2010. № 11. С. 158–161.
6. Шилова Л.А. Информационная поддержка управления объектами жизнеобеспечения с учетом критериев инженерной и функциональной устойчивости на случай чрезвычайной ситуации // *Информационные ресурсы России*. 2014. № 6 (142). С. 24–27.
4. Volkov A. Building Intelligence Quotient mathematical description // *Applied Mechanics and Materials (Trans Tech Publications, Switzerland)*. 2013. V. 409–410. P. 392–395.
5. Kadri F., Birregah B., Chatelet E., The Impact of Natural Disasters on Critical Infrastructures: A Domino Effect-based Study // *Journal of Homeland Security and Emergency Management*. 2014. V. 11, Issue 2. P. 217–241.

References

1. Волков А.А., Муминова С.Р. Original approach to servicelife prognostication developed for residential buildings. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 3, pp. 244–248. (In Russian).
2. Maghutov N.A. Otsenki I prognozy strategicheskikh riskov v tehnogennoy sfere zhiznedeyatel'nosti gosudarstva. *Strategiya gragdanskoj zachiti: problem I issledovaniya*. 2013. No. 2. V. 3, pp. 179–188. (In Russian).
3. Musaev V.K., Parfenkov V.V., Vorotnikov A.V., Denisenkova N.N., Novikov V.V. O monitoringe kompleksnoy bezopasnosti unikalnyh obektov pri chrezvychaynyh situatsiyah prirod'nogo-tehnogennogo I ekologicheskogo haractera. *Megdunarodnii jurnal eksperemental'nogo obrazovaniya*. 2010. No. 11, pp. 158–161. (In Russian).
6. Shilova L.A. Informacionnaya podderrgka upravleniya ob'ektami gizneobespecheniya s uchetom kriteriev ingenernoy I funkcional'noi ystoichivosti na slychay ChS. *Informacionnie resursy Rossii*. 2014. No. 6 (142), pp. 24–27. (In Russian).
4. Volkov A. Building Intelligence Quotient mathematical description // *Applied Mechanics and Materials (Trans Tech Publications, Switzerland)*. 2013. V. 409–410, pp. 392–395.
5. Kadri F., Birregah B., Chatelet E., The Impact of Natural Disasters on Critical Infrastructures: A Domino Effect-based Study. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*. 2014. V. 11, Issue 2, pp. 217–241.

УДК 69.07

И.Л. ШУБИН, д-р техн. наук, Д.А. ЛЫСОВ, канд. техн. наук (i.stunts@yandex.ru), А.И. КУГАЧЕВ, инженер
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

Мониторинг жилищного фонда и проведение экспертизы качества строительства нового жилья в рамках ликвидации аварийного жилищного фонда

Рассматриваются проблемы качества проводимых обследований в сфере жилищно-коммунального хозяйства, среди которых отмечен контроль за соблюдением в ходе будущего капремонта подрядчиками технологий и использованием ими материалов, соответствующих проектным расчетным характеристикам. Обоснована необходимость организовать по единой структурной схеме на основе разработки типовых современных аппаратно-программных, геоинформационных и электронных решений работу 85 региональных жилищных инспекций. Показано, что информационные технологии необходимо применять также при экспертизе (строительному контролю) нового построенного малоэтажного жилья в рамках программы по расселению аварийного жилфонда и выполненных работ по капитальному ремонту многоквартирных жилых домов. Для решения выявленных проблем предложено использовать унифицированные подходы с использованием аппаратно-программного комплекса передвижной станции мониторинга, а также дополнить создаваемый портал ГИС ЖКХ прикладной информационной системой, содержащей полученную с помощью передвижной станции информацию о техническом состоянии строительных конструкций многоквартирных домов, их инженерных систем, данными о мероприятиях по капитальному ремонту, о мероприятиях по энергосбережению и повышению класса энергоэффективности домов, информацией о соответствии выполненного капитального ремонта разработанным проектам капитального ремонта и др.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, ЖКХ, мониторинг, контроль качества, инженерные системы, жилой фонд, капитальный ремонт, геоинформационные технологии, передвижная станция мониторинга.

I.L. SHUBIN, Doctor of Sciences (Engineering), D.A. LISOV, Candidate of Sciences (Engineering) (i.stunts@yandex.ru), A.I. KUGACHEV, Engineer
Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Monitoring of Housing Stock and Carrying Out Examination of Quality of Construction of New Housing Within Elimination of Emergency Housing Stock

Problems of the quality of inspections conducted in the sphere of public utilities are considered; the monitoring of compliance of technologies and the use of materials corresponding to appropriate design calculated characteristics by contractors in the course of the future overhaul repair are among them. The need for organizing the operation of 85 regional housing inspections according to the single structural scheme on the basis of modern, standard hardware and software, geoinformational, and electronic solutions is substantiated. It is shown that information technologies are necessary to also use for the expertise (construction control) of the newly constructed low-rise housing within the frames of the program of failing housing stock resettlement, and the executed overhaul repair of apartment houses. To solve identified problems, it is proposed to use the unified approaches with the use of hardware and software complex of a mobile monitoring station as well as to complement the created portal of PU GIS with an application information system which contains the information about technical conditions of building structures of apartment houses, their engineering systems, data on overhaul repair measures, energy saving measures and improving the energy efficiency class of houses, the information about correspondence of the executed overhaul repair to developed overhaul repair projects and other important information obtained with the help of the mobile monitoring station.

Keywords: energy saving, energy efficiency, public utilities, monitoring, quality control, engineering systems, housing stock, overhaul repair, geoinformation technologies, mobile monitoring station.

За последнее десятилетие в области жилищно-коммунального хозяйства проведено множество преобразований и структурных решений: на постоянной основе ведется регулярный мониторинг многоквартирных жилых домов, выполняются работы по капитальному ремонту, создается современная государственная информационная система ЖКХ (ГИС ЖКХ) и др. Тем не менее остается еще много проблем, требующих решения, основной из которых является недостаточная достоверность сведений о текущем техническом состоянии жилых многоквартирных домов. По результатам переосвидетельствования некоммерческой организацией – «Фондом – регионального оператора капитального ремонта общего имущества в

многоквартирных домах» в городе Санкт-Петербурге выяснилось, что по 102 видам работ (около 5% от общего объема видов работ) вообще не требуется капитального ремонта ввиду их работоспособного состояния, по другим объемам сильно завышены. По мнению фонда, это означает, что специалисты некоторых районных администраций при подготовке предложений для включения в планы капитального ремонта руководствовались лишь техническими паспортами домов [1]. Необходимо отметить, что результаты обследования и мониторинга, полученные разными «специализированными» организациями, часто несопоставимы и противоречивы с ранее полученными и во многих случаях заказчик затрудняется их использовать для

подготовки мероприятий по текущему или капитальному ремонту многоквартирного дома [2].

Похожие проблемы, требующие контроля качества выполненных работ и соответствия использованных для этого материалов, возникают и в сфере строительства нового жилья в рамках ликвидации аварийного жилищного фонда. Фонд ЖКХ подвел итоги работы по расселению аварийного жилья в 2014 г. По данным госкорпорации, расселено 2,96 млн м² и переселено 193 тыс. человек. Анализ результатов выполнения программы показал низкое качество жилья, построенного взамен аварийного. Как отмечает НИЦ «Особое мнение» в докладе об итогах комплексного мониторинга переселения граждан из аварийного жилья, 65% новых домов в изученных экспертами 27 регионах оказались низкого качества. В 32% новостроек выявлены недостатки, исключающие проживание людей. Еще 33% построены с существенными недоделками. Качественных домов, отмечают авторы доклада, всего около 9%; 26% имеют мелкие недостатки. Печальным фактом является недобросовестное и некачественное выполнение строительными подрядчиками решений проектной документации: при проектировании объекта закладываются технические решения и материалы, определяемые действующим нормативными документами по проектированию таких объектов, а при сдаче объекта в эксплуатацию часто выявляется изменение технических решений и замена материалов.

Вместе с отмеченными проблемами при обследовании и мониторинге технического состояния жилых многоквартирных домов. Существуют и другие трудности: контроль за соблюдением в ходе будущего капремонта подрядчиками технологий и использованием ими материалов, соответствующих проектным расчетным характеристикам, чтобы в случае выявления несоответствия расчетным фактическим показателям, полученных в ходе натурного обследования, можно было привлечь подрядчика к устранению выявленных нарушений или переделке выполненных работ.

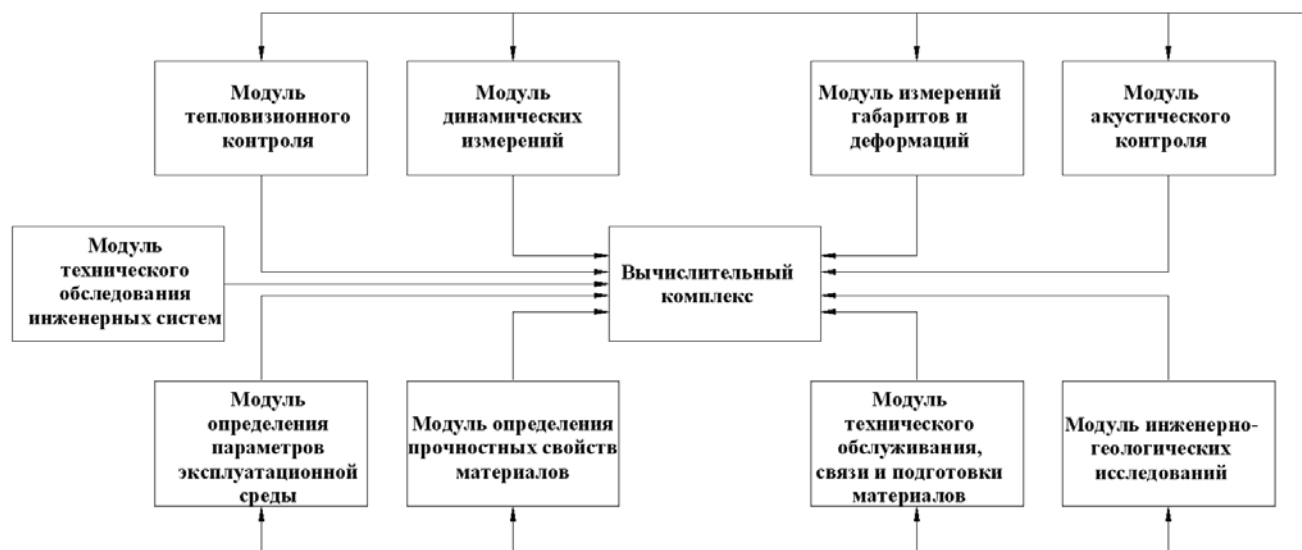
Учитывая большое количество многоквартирных жилых домов в стране, на разных уровнях аппарата управления неоднократно поднимались вопросы организации оперативного и достоверного получения информации о текущем техническом состоянии жилищного фонда в строгом соответствии с требованиями норм (в настоящее время эти требования регламентированы ГОСТ Р 31937–2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»), но единого для всех региональных жилищных инспекций научно-практического подхода, охватывающего все этапы организованного сбора, обработки, анализа, хранения и дальнейшего целенаправленного использования данных мониторинга, не предложено. В Российской Федерации существует 85 региональных жилищных инспекций, работу которых требуется и возможно организовать по единой структурной схеме на основе разработки типовых современных аппаратно-программных, геоинформационных и электронных решений для комплексных работ по мониторингу текущего состояния эксплуатируемого жилищного фонда, а также по экспертизе (строительному контролю) нового построенного малозэтажного жилья в рамках программы по расселению аварийного жилфонда и выполненных работ по капитальному ремонту многоквартирных жилых домов.

НИИ строительной физики РААСН совместно с рядом ведущих научно-исследовательских институтов и научно-технических организаций Москвы (МНИИТЭП – разработчик ГОСТ Р 31937–2011, Российская инженерная академия) много лет занимается вопросами разработки комплексных системных решений по мониторингу зданий и сооружений, включая многоквартирные жилые дома, в рамках создания передвижных (мобильных) модульных автоматизированных станций мониторинга как инструмента сбора, обработки и анализа данных о текущем техническом состоянии жилищного фонда, результатов экспертиз (строительного контроля) нового построенного малозэтажного жилья по программам расселения аварийного жилфонда и экспертиз выполненных работ по капитальному ремонту многоквартирных жилых домов.

Среди разработок отдельно необходимо выделить *Технологию автоматизированного сбора, обработки и ввода в единый электронный банк данных информации о техническом состоянии объекта мониторинга* в режиме реального времени с использованием современных геоинформационных систем, а также разработку инфологической модели данных электронного банка с присущими ей формами представления данных и формой представления отношений между данными в соответствии с действующими нормативно-техническими и методическими актами. Электронный банк данных позволит аккумулировать новые и использовать хранящиеся данные экспертных заключений о техническом состоянии объектов, результатов обследования и испытаний, мониторинга состояния зданий и сооружений как отдельно взятого города, области или региона, так и Российской Федерации в целом. Общий объем данных будет использоваться для объективного информационного обеспечения компетентных органов города, на которые возложены задачи обеспечения безопасности зданий и сооружений существующей застройки, в первую очередь жилых многоквартирных домов, при изменении инженерно-геологических свойств грунтов, возникновении техногенных воздействий, изменении несущей способности объекта во времени, изменении условий эксплуатации, при проведении капитального ремонта, реконструкции, а также задачи безопасности и соответствия жилых многоквартирных домов нового строительства.

В высокой степени проработанности находятся вопросы создания *Экспериментально-практического центра подготовки, переподготовки и повышения квалификации*, в том числе с применением современных технологий дистанционного обучения, имеющего направленность в первую очередь на специалистов региональных жилищных инспекций и инженерного состава региональных операторов. Создание экспериментальной базы центра планируется с использованием современных образцов специализированных аппаратно-программных модулей в вариантах передвижной (мобильной) и стационарной автоматизированных станций мониторинга [3], а также экспертизы (строительного контроля) технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений.

Для обеспечения специалистов региональных жилищных инспекций, служб государственного технического надзора, служб технического надзора региональных операторов ЖКХ и управляющих компаний ЖКХ эффективным инструментом оперативного и объективного контроля за техническим состоянием эксплуатируемых зданий и



Структурная схема передвижной станции мониторинга и экспертизы (строительного контроля) зданий и сооружений жилищного фонда

сооружений жилого и социального фондов, а также осуществления многопараметрической экспертизы (строительного контроля) нового построенного малоэтажного жилья в рамках программы по расселению аварийного жилфонда и зданий и сооружений жилого и социального фондов на которых проведены капитальный ремонт или реконструкция, НИИСФ РААСН с использованием описанных выше новых разработок предлагает создать универсальную специализированную передвижную (мобильную) автоматизированную станцию мониторинга и экспертизы (строительного контроля) с расширенным составом аппаратно-программных модулей для измерения параметров строительных конструкций неразрушающими методами контроля, выполненных из разных материалов (бетона, металла, дерева и др.), а также для проведения экспертиз по энергетической эффективности, акустической защите, вибродинамическим воздействиям и другим работам [4]. Универсальность предлагаемой передвижной станции заключается в возможности независимого использования каждого составляющего ее аппаратно-программного (измерительного) модуля и возможности наращивания измерительных средств в каждом из них, что позволяет применять ее для любых зданий и сооружений, используя для этого как все модули, так и отдельные, создавая необходимую передвижную станцию с конкретной функциональной комплектацией. Мобильные модульные автоматизированные станции мониторинга и строительной экспертизы позволят, с одной стороны, надежно получать достоверную информацию, а с другой – работать оперативно, с привлечением минимального числа специалистов. Такие станции, аналогичные мобильным лабораториям, которые используют автодорожные, электросетевые, теплосетевые и другие компании, станут эффективным инструментом в руках специалистов региональных жилищных инспекций, служб государственного технического надзора, служб технического надзора региональных операторов ЖКХ и управляющих компаний ЖКХ.

Аппаратурно-программный комплекс передвижной станции мониторинга монтируется на базе микроавтобуса, исполненного для соответствующего климатическо-

го района страны, и в расширенном варианте состоит из десяти функциональных модулей. На рисунке приведена структурная схема передвижной станции мониторинга и экспертизы (строительного контроля) зданий и сооружений жилищного фонда:

- вычислительного комплекса;
- модуля определения прочностных свойств материалов;
- модуля динамических измерений;
- модуля измерений габаритов и деформаций;
- модуля телевизионного контроля;
- модуля акустического контроля;
- модуля определения параметров эксплуатационной среды;
- модуля инженерно-геологических исследований;
- модуля технического обслуживания, связи и подготовки материалов;
- модуля технического обследования инженерных систем.

Вычислительный комплекс состоит из переносного персонального компьютера с установленным на него специализированным программным обеспечением и адаптера, обеспечивающего аппаратный обмен данными между модулями станции и компьютером. Математическое обеспечение станции позволяет на месте производить компьютерный анализ полученной во время измерений информации, передавать ее в стационарный офис, заносить в единый электронный банк данных, оперативно выполнять необходимую обработку данных и дальнейшие вычисления, формировать техническое (экспертное) заключение, готовить паспорт объекта, определять степень изменения контролируемых параметров.

В рамках развития ГИС ЖКХ НИИСФ РААСН предлагает дополнить создаваемый портал прикладной информационной системой, содержащей полученную с помощью передвижной станции информацию о техническом состоянии строительных конструкций многоквартирных домов, о состоянии их инженерных систем, а также данные о мероприятиях по капитальному ремонту в соответствии с результатами технических обследований, о мероприятиях по энергосбережению и повышению класса энергоэффектив-

ности домов, информацию о соответствии выполненного капитального ремонта разработанным проектам и другой важной информацией. Реализация такой прикладной информационной системы укладывается в концепцию создаваемой ГИС ЖКХ, что станет важным фактором в по-

вышении доступности жильцов к полной и объективной информации о техническом состоянии их дома, о составе, объеме и сроках планируемых к выполнению работ по капитальному ремонту с указанием статей расходов и достигнутых практических результатов.

Список литературы

1. Электронный информационный ресурс Минстроя РФ. Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/>
2. Гурьев В.В., Дорофеев В.М., Стражников А.М. О проблемах безопасной эксплуатации большепролетных зданий и сооружений // *Промышленное и гражданское строительство*. 2007. № 5. С. 35–36.
3. Гурьев В.В., Дорофеев В.М. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений // *Сборник материалов 2-ой ежегодной Международной конференции-выставки «Уникальные и специальные технологии в строительстве» (UST-Build 2005)*. Москва. 2005. С. 20–21.
4. Умнякова Н.П. Взаимосвязь экологического состояния городов и долговечности строительных материалов и конструкций // *Жилищное строительство*. 2012. № 1. С. 30–33.

References

1. Website Ministry of Construction of the Russian Federation. Access mode: <http://www.minstroyrf.ru/>
2. Guryev V.V., Dorofeev V.M., Strazhnikov A.M. About problems of safe operation of wide-span buildings and constructions. *Promishlennoe i grajdanskoe stroitel'stvo*. 2007. No. 5, pp. 35–36. (In Russian).
3. Guryev V.V., Dorofeev V.M. Monitoring of technical condition of buildings and constructions. *Collection of materials of the 2nd annual International conference exhibition «Unique and Special Technologies in Construction» (UST-Build 2005)*. Moscow. 2005, pp. 20-21. (In Russian).
4. Umnyakova N.P. Interrelation of an ecological condition of the cities and durability of construction materials and designs // *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing construction]. 2012. No. 1, pp. 30–33. (In Russian).

УДК 504.054

Т.Ф. ЕЛЬЧИЩЕВА, канд. техн. наук (elschevat@mail.ru)

Тамбовский государственный технический университет (392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106)

Оценка количества загрязняющих веществ в воздухе Центрально-Черноземного региона для проектирования наружных стен зданий

Материалы наружных стен зданий часто подвергаются воздействию неблагоприятных факторов в виде примесей загрязняющих веществ в воздухе атмосферы вследствие выбросов промышленных и топливно-энергетических предприятий, транспорта. Поэтому при выборе видов строительных материалов для наружных ограждающих конструкций, крепежных элементов навесных фасадных систем, материалов штукатурных фасадов, лакокрасочных покрытий и способов их защиты следует руководствоваться также их уровнем сопротивления агрессивному воздействию загрязняющих веществ. Выбор типов строительных материалов и методов их защиты зависит от величины загрязнения воздушного бассейна в районах массовой застройки или реконструкции. В работе выявлены уровни загрязнения воздушной среды за период с 2007 по 2011 гг. и приведена карта их распределения на территории Центрально-Черноземного региона.

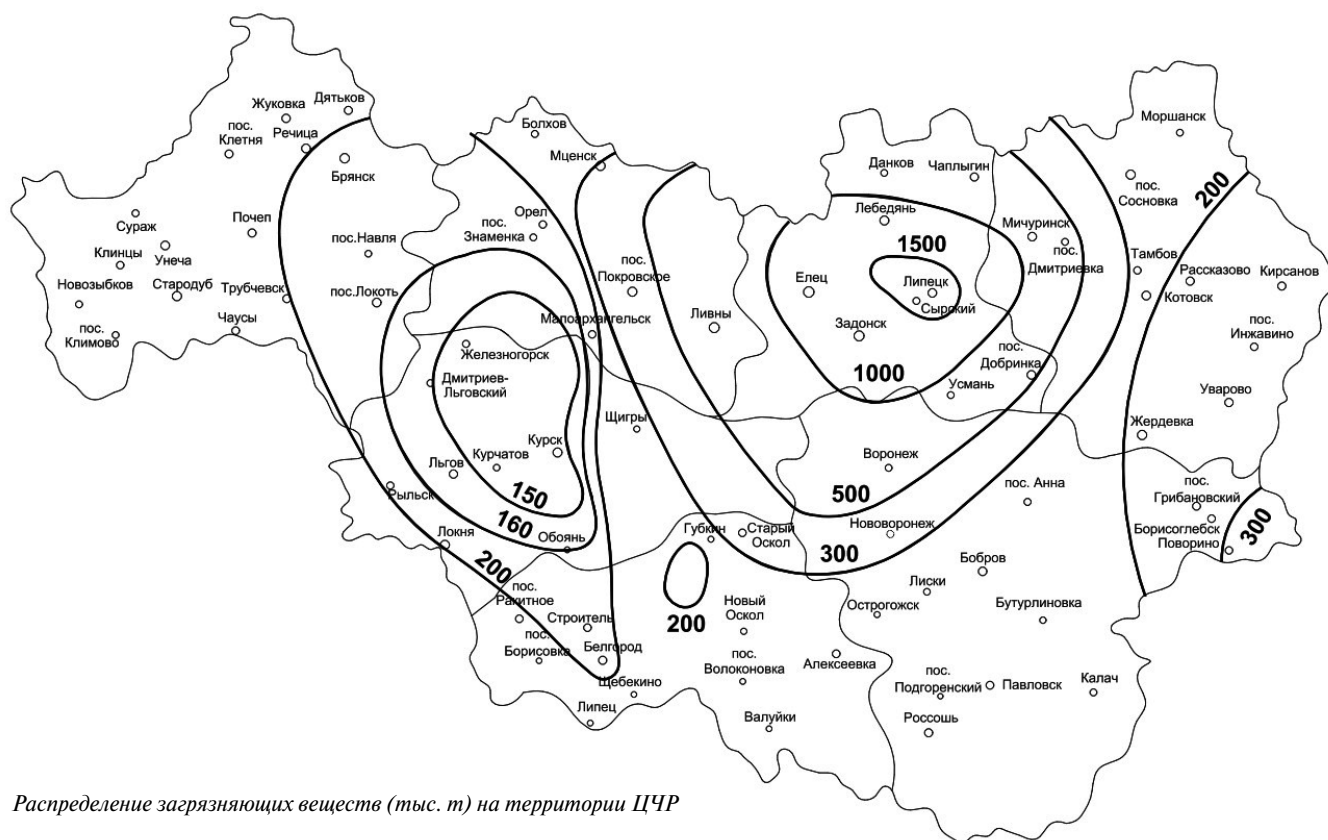
Ключевые слова: воздушная среда, загрязняющие вещества, наружные стены, строительные материалы, уровни загрязнения.

T.F. EL'CHISHCHEVA, Candidate of Sciences (engineering) (elschevat@mail.ru)
Tambov State Technical University (106, Sovetskaya Street, 392000, Tambov, Russian Federation)

Evaluation of Pollutant Amount in the Air of Central Black Earth Region for Designing External Walls of Buildings

Materials of external walls of building are often subjected to the impact of unfavorable factors such as pollutant impurities in the air due to emissions of industrial, fuel and energy enterprises, and transport. Therefore, when selecting building materials for external enclosing structures, fasteners of suspended facade systems, materials of plaster facades, varnish coats and their protection methods, it is necessary to be guided by their resistance level to the aggressive impact of pollutants. The selection of building materials types and methods for their protection depends on the level of the air basin pollution in the areas of mass construction or reconstruction. The work presents the levels of air pollution for the period from 2007 to 2011 and the map of their distribution on the territory of the Central Black Earth Region.

Keywords: air environment, pollutants, external walls, building materials, pollution levels.



Распределение загрязняющих веществ (тыс. т) на территории ЦФР

Материалы наружных ограждающих конструкций часто подвергаются воздействию различных неблагоприятных факторов – загрязняющих веществ и взвешенных веществ (пыли) [1]. Это касается в основном наружных стен зданий, непосредственно находящихся в зоне воздействия загрязняющих веществ, выбрасываемых промышленными и топливно-энергетическими предприятиями, транспортом.

Сейчас практически повсеместно ведется массовое строительство и реконструкция жилых и общественных зданий, предприятий промышленности и агропромышленного комплекса, термомодернизация опорного (сохраняемого на перспективу) жилого фонда городов. Подбор типов материалов для наружных стен указанных групп зданий является ответственной задачей, решение которой влияет не только на целостность внешнего вида, архитектурно-художественное восприятие зданий, но также на долговечность и межремонтные сроки для фасадов зданий. Кроме того, применение строительных материалов с низкими первичными энергетическими затратами на их производство приводит к уменьшению расходов на топливно-энергетические ресурсы и, как следствие, к снижению негативного воздействия на окружающую среду за счет уменьшения выбросов в атмосферу [2].

Для использования навесных фасадных систем и крепежных элементов [1], материалов штукатурных фасадов и лакокрасочных покрытий, а также выбора штучных изделий для облицовки фасадов и способов их защиты необходимо руководствоваться не только физическими свойствами материалов, но и уровнем их способности сопротивлению агрессивному воздействию загрязняющих веществ, ограничению проникновения в узлы кре-

пления и теплоизоляционные материалы при устройстве навесных фасадов, а также во внутрипоровое пространство облицовочных материалов.

Известно, что распределение уровней загрязнения различными взвешенными веществами и газами неравномерно по территории отдельных городов [3] и регионов. Поэтому выбор типов строительных материалов и методов их защиты зависит от величины загрязнения воздушного бассейна в районах массовой застройки или реконструкции. В связи с этим в работе была поставлена задача оценки уровней загрязнения воздушной среды на территории Центрально-Черноземного региона (ЦЧР).

Площадь ЦЧР составляет 227,3 тыс. км². Регион входит в состав Центрального федерального округа России. В составе ЦЧР семь областей: Белгородская, Брянская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская, Тамбовская. Во всех областных центрах ЦЧР созданы управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). УГМС организуют наблюдения на созданных станциях за состоянием воздушного бассейна. На всей территории региона работают 39 метеорологических станций, на которых ведутся регулярные наблюдения. Станции входят в российскую сеть Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Наблюдения ведутся, помимо областных центров, также в городах Губкин и Старый Оскол [4]. В ЦЧР на указанных станциях производится регулярная оценка количества загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе.

ЗВ могут иметь различное происхождение: антропогенное – их источниками служат промышленные производства (предприятия цветной и черной металлургии,

энергетики, строительной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, химической и нефтехимической промышленности, сельскохозяйственного комплекса); продукты сгорания всех видов топлива на тепло- и электростанциях, в котельных, на транспорте. Также ЗВ могут иметь природное происхождение и образовываться в результате эрозии почвы.

Гигиенические нормативы, введенные Минздравсоцразвития России, утверждают предельно допустимые концентрации (ПДК) примесей в воздухе населенных мест, позволяющие оценить качество атмосферного воздуха на территории каждого города и региона в целом, учитывая воздействие каждого ЗВ. Анализ содержания ЗВ в воздухе на территории ЦЧР по данным, приведенным в [4] для крупных городов региона за пятилетний период с 2007 по 2011 г. показал состав ЗВ и их количество. Примеси в атмосфере крупных городов составляли: твердые взвешенные вещества (ВВ), включающие пыль, золу, сажу, дым, сульфаты, нитраты и другие соли; бензопирен $C_{20}H_{12}$ (БП); оксид азота NO_2 ; формальдегид CH_2O (Ф); фенол CH_5OH ; оксид углерода CO . Всем ЗВ соответствуют определенные уровни ПДК (предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.6.1338–03. с дополнениями и изменениями № 2: ГН 2.1.6.1983–05 и ГН 2.1.6.1984–05), имеют свои особенности воздействия на животных, человека, биосферу в целом, включая ограждающие конструкции зданий и сооружений.

Период исследования количества выбросов ЗВ составлял пять лет – с 2007 по 2011 г. За указанный период наблюдалась неравномерность выбросов ЗВ, а также их увеличение на величину до 36,3% к концу периода. За указанный временной интервал была произведена оценка суммарных выбросов ЗВ в воздух в девяти вышеназванных городах. Полученные данные позволили построить

изолинии, т. е. линии равного влияния (см. рисунок), распределения ЗВ на территории ЦЧР. На рисунке также обозначены границы областей и крупные города, входящие в их состав. Кроме того, для точности построения изолиний на границах ЦЧР учитывалось влияние загрязнений воздуха от источников выброса в соседних областях, граничащих с ЦЧР – Смоленской, Калужской, Рязанской, Тульской, Пензенской и Волгоградской, по данным [4, 5].

По результатам исследований установлено, что максимальный уровень загрязнения в ЦЧР приходится на территорию Липецкой области. Здесь он составляет в среднем 1000–1700 тыс. т. Примерно в три раза ниже уровень загрязнения в западной части Тамбовской, а также северной и центральной части Воронежской областей и составляет около 500 тыс. т. Уровень загрязнения территории Курской области самый низкий – до 130 тыс. т, который, однако, повышается до 200 тыс. т при удалении от областного центра г. Курска в направлениях к Орловской, Брянской, Белгородской и Воронежской областям.

Установлено, что по территориальному признаку наиболее загрязненной являются центральная и северо-восточная части ЦЧР, а наибольшее влияние на загрязнение ЦЧР в целом оказывает промышленное производство г. Липецка.

Проведенная оценка уровней загрязнения атмосферы в ЦЧР позволит выбирать материалы облицовки для наружных стен зданий различного назначения, а также способов их защиты с учетом воздействия техногенной среды на качество воздушного бассейна. Такой подход позволит провести весь комплекс защитных мероприятий с учетом степени агрессивности воздействия окружающей среды и не допустить либо максимально уменьшить это влияние на снижение качества и ухудшение внешнего вида стеновых материалов.

Список литературы

1. Умнякова Н.П. Влияние загрязнений воздушной среды города на конструкции вентилируемых фасадов // *Вестник МГСУ*. 2011. № 3. Т. 1. С. 221–227.
2. Умнякова Н.П. Возведение энергоэффективных зданий в целях уменьшения негативного воздействия на окружающую среду // *Вестник МГСУ*. 2011. № 3. Т. 1. С. 459–464.
3. Ельчищева Т.Ф. Оценка влияния качества воздушного бассейна в г. Тамбове на наружные ограждающие конструкции зданий // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2014. № 3. С. 43–49.
4. Ежегодники состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2007–2011 гг. СПб.: Д'Арт. 2012. 234 с.
5. Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет. 1998–2007 гг. СПб.: ГУ «ГГО», Росгидромет. 2009. 133 с.

References

1. Umnyakova N.P. Influence of urban air pollution on the construction of ventilated facades. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3. Vol. 1, pp. 221–227. (In Russian).
2. Umnyakova N.P. The construction of energy efficient buildings in order to reduce the negative impact on the environment. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3. Vol. 1, pp. 459–464. (In Russian).
3. El'chishcheva T.F. Assessing the impact of the quality of air pool in Tambov on the exterior building envelope. *Biosfernaya sovvestimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2014. No. 3, pp. 43–49. (In Russian).
4. Ezhegodniki sostojanija zagraznenija atmosfery v gorodah na terri-to-rii Rossii za 2007-2011 gg. [Yearbooks state of air pollution in the cities of Russia in 2007-2011]. Sankt-Peterburg: D'Art. 2012. 234 p.
5. Kachestvo vozduha v krupnejshih gorodah Rossii za desjat' let. 1998-2007 [Air quality in major cities of Russia for ten years. 1998-2007 years]. Sankt-Peterburg: GU «GGO», Rosgidromet. 2009. 133 p.

УДК 699.86

Н.П. УМНЯКОВА¹, канд. техн. наук (n.umniakova@mail.ru), И.Н. БУТОВСКИЙ¹, канд. техн. наук,
А.Г. ЧЕБОТАРЕВ¹, инженер; О.И. МАТВЕЕВА², канд. техн. наук

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

² ОАО «ЯкутПНИИС» (677000, г. Якутск, ул. Дзержинского, 20)

Совершенствование теплотехнического проектирования зданий в климатических условиях Республики Саха (Якутия)

Приведены основные расчетные климатические параметры в соответствии с СП 131.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-01–99* Строительная климатология» для Республики Саха (Якутия). На основании проведенных расчетов основных теплотехнических характеристик в соответствии с СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02–2003 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция» для наиболее распространенных серий жилых зданий, эксплуатирующихся в условиях Якутии, предложены рекомендации по снижению расхода теплоты на их отопление.

Ключевые слова: суровые климатические условия, низкие температуры, приведенное сопротивление теплопередаче, удельная теплозащитная характеристика.

N.P. UMNYAKOVA¹, Candidate of Sciences (Engineering) (n.umniakova@mail.ru), I.N. BUTOVSKY¹, Candidate of Sciences (Engineering),
A.G. CHEBOTAREV¹, Engineer, O.I. MATVEEVA², Candidate of Sciences (Engineering)

¹ Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² ОАО «YakutPNIIS» (20, Dzerzhinskogo Street, 677000, Yakutsk, Russian Federation)

Improvement of Thermotechnical Design of Buildings Under Climatic Conditions of the Sakha Republic (Yakutia)

The main climatic parameters of the Sakha Republic (Yakutia) for the calculation of heat losses of buildings in accordance with the Building Code 131.13330.2012 «The Updated Edition of SNIP 23-01–99* Building Climatology» are presented in the article. On the basis of calculations of the main thermotechnical characteristics for the most common series of residential buildings operated in the conditions of Yakutia in accordance with the Building Code 50.13330.2012 «The Updated Edition of SNIP 23-02–2012. Heat Protection of Buildings», recommendations on reducing the heat consumption for their heating are proposed.

Keywords: severe climatic conditions, low temperatures, reduced resistance to heat transfer, specific heat protection characteristic.

Якутия является самым холодным регионом России, имеющим резко континентальный климат, продолжительную холодную зиму и короткое лето. В течение зимы, которая длится с октября по апрель, температура наружного воздуха опускается ниже 65°C, а коротким летом в дневные часы температура может превышать отметку 30°C (табл. 1). Низкие зимние температуры способствуют развитию толщи многолетнемерзлых пород, и практически все здания в Якутии строятся на вечномерзлых грунтах. Благодаря большой продолжительности дня в весенне-летний период, прозрачности и сухости воздуха отдельные районы Центральной Якутии по количеству солнечной радиации, получаемой в июне, июле, напоминают район Ташкента, однако от заморозков в летние месяцы не гарантирован ни один из районов республики. В населенном пункте Чайанда, расположенном на реке Нюя в зоне впадения ее в реку Лена, берет начало крупнейший российский газопровод «Сила Сибири» (рисунок).

В 2013 г. в НИИСФ РААСН проведены исследования и анализ типовых конструктивных решений жилых зданий на территории Якутии в соответствии с нормативными требованиями СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий», который Постановлением Правительства РФ № 1521 от 26.12.2014 г. вводится в действие с 1 июля 2015 г.

При этом учитывались следующие требования к наружным ограждениям и оболочке здания:

1) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций R_o^{np} , м²·°C/Вт, должно быть для ГСОП= 8000–12000 градусо-суток не меньше базового нормируемого значения R_o^{tp} (табл. 2);

2) удельная теплозащитная характеристика здания $k_{оф}$, Вт/(м³·°C), должна быть не больше нормируемого значения $k_{оф}^{tp}$ для ГСОП=800–1200 градусо-суток (табл. 3);

3) температура на внутренней поверхности непрозрачных ограждающих конструкций и зенитных фонарей должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха t_p , °C, а для остекления светопрозрачных вертикальных конструкций не ниже 3°C;

4) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания $q_{от}^{tp}$, Вт/(м³·°C), должна быть не более нормируемой величины $q_{от}^{tp}$, Вт/(м³·°C). Для регионов, имеющих значение ГСОП более 8000 градусо-суток, нормируемые значения $q_{от}^{tp}$ должны быть снижены на 5% (табл. 4).

Преобладающая территория Якутии по влажностным характеристикам климата относится к условиям эксплуатации А. Только прибрежная часть Северного Ледовитого океана (море Лаптевых, Восточно-Сибирское море) – улусы Анабарский (с. Саскылах), Булунский (п. Тикси), Усть-Янский – относятся к условиям эксплуатации Б.

Таблица 1

Климатические параметры холодного и теплого периода года для городов Якутии (СП 131.13330.2012)

Представительные города Якутии	Абсолютная минимальная температура наружного воздуха, °С	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 ($t_{вн}$), °С	Средняя месячная температура воздуха января, °С	Средняя температура воздуха отопительного периода ($t_{от}$), °С	Продолжительность отопительного периода ($Z_{от}$), сут	Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, градусо-сутки	Абсолютная максимальная температура воздуха, °С	Средняя месячная температура воздуха июля, °С	Средняя годовая температура, °С	Примечания
Алдан	-51	-41	-26,7	-13,6	263	9100	35	16,4	-5,7	
Верхоянск	-68	-58	-46	-25	272	12512	37	16,0	-14,8	Полюс холода России
Ленск	-57	-50	-29	-14,3	258	9107	39	17,6	-5,6	
Нюя (Чаянда)	-61	-50	-30	-14,2	253	8906	38	18,1	-5,7	Начало газопровода «Сила Сибири»
Мирный		-50		-15,8	264	9715			-6,7	
Нерюнгри		-45		-16,5	270	10125				Юг Якутии
Оймякон	-68	-59	-46,6	-25,4	277	12853	35	14,5	-15,9	Полюс холода России
Тикси		-44		-13,4	365	12556			-12,9	Населенный пункт на побережье Северного Ледовитого океана (Север Якутии)
Якутск	-64	-52	-39,6	-20,9	252	10559	38	19,1	-9,3	Столица Якутии
Москва	-43	-25	-7,8	-2,2	205		38	18,7	5,4	Столица РФ

Таблица 2

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций для Республики Саха (Якутия)

Здания и помещения, коэффициенты а и b	Градусо-сутки отопительного периода, градусо-сут/год	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче R_o^{TP} , м ² ·°С/Вт, ограждающих конструкций				
		Наружных стен	Покрытый и перекрытый над проездами	Перекрытый чердачных над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	–	0,00035	0,0005	0,00045	0,000025	0,000025
b	–	1,4	2,2	1,9	0,5	0,25
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
a	–	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
b	–	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25

Для анализа теплозащитных характеристик наружных ограждений Якутским государственным проектным, научно-исследовательским институтом строительства (ЯкутГНИИС) были предложены проекты следующих жилых зданий: 9-этажного трехсекционного панельного дома серии 112, двухэтажного 12-квартирного панельного дома серии 139 и 5-этажного шестисекционного панельного дома с уширенным корпусом, выполненного в конструкциях серии 1-464 ВМ.

Жилой дом серии 112. Наружные стеновые панели толщиной 450 мм запроектированы в трехслойном исполнении с жесткими связями из конструкционного керамзитобетона плотностью 1400 кг/м³, средний слой из плитного пенополистирола марки ПСБ-С. Толщина внутреннего слоя из керамзитобетона 120 мм, наружного из керамзитобетона – 80 мм, среднего из ПСБ-С – 250 мм. Понизу панели запроектирован ограниченной высоты «зуб», поверху – противодождевой барьер в виде гребня. Торцевые фа-

сады выполнены из глухих трехслойных керамзитобетонных панелей.

Оконные и балконные проемы заполнены блоками из ПВХ профилей с двухкамерным стеклопакетом. Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных заполнений с трехслойным остеклением равно $R_{ок}=0,63$ м²·°С/Вт. Лоджии снаружи дополнительно остеклены блоками из ПВХ профилей с одинарным остеклением, что повышает теплозащиту оболочки здания. Входные двери в подъезды здания металлические с эффективным утеплителем с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_{дв}=1,5$ м²·°С/Вт.

Здание запроектировано с теплым чердаком, покрытие которого выполнено из железобетонных панелей с утеплителем из пенополистирола ПСБ-С толщиной 250 мм; цокольное перекрытие из железобетонных плит, утепленных пенополистиролом ПСБ-С толщиной 300 мм.

На основе проведенных исследований (ГОСТ Р 54853–2011 «Здания и сооружения. Метод определения сопротивле-



Карта Республики Саха (Якутия)

Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики для климатических условий Республики Саха (Якутия)

Отапливаемый объем здания $V_{от}$, м ³	Значения $k_{оо}^{тр}$, Вт/(м ³ ·°С), при значениях ГСОП, градусо-сутки/год	
	8000	12000
150	0,541	0,418
300	0,429	0,326
600	0,341	0,259
1200	0,272	0,207
2500	0,218	0,166
6000	0,175	0,133
15000	0,146	0,111
50000	0,124	0,094
200000	0,111	0,084

ния теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера»; ГОСТ Р 54861–2011 «Окна и наружные двери. Методы определения сопротивления теплопередаче»; ТСН 23-343–2002 «Республика Саха (Якутия). Теплозащита и энергопотребление жилых и общественных зданий») установлено, что расчетная удельная теплозащитная характеристика оболочки $k_{оо}^{тр}=0,118$, а это больше нормируемого значения $k_{оо}^{тр}=0,114$ на 3,5% и не удовлетворяет нормативным требованиям СП 50.13330.2012 (табл. 4).

Для снижения величины удельной теплозащитной характеристики в здании целесообразно заменить существующие оконные заполнения на оконные блоки в отдельных деревянных (или ПВХ) переплетах, заполненных обычным стеклом, и двухмерными стеклопакетами с мягким селективным покрытием (I-стекло**) 4M1+СПД4M1-10-4M1-10-I** $R_{ок}^{пр}=0,87$ м²·°С/Вт (табл. 5).

В результате замены в здании типа окон расчетная удельная теплозащитная характеристика составит $k_{оо}=0,107$, что меньше нормируемого значения $k_{оо}^{тр}=0,114$ и удовлетворяет нормативным требованиям СП 50.13330.2012.

В результате проведенных мероприятий расчетная удельная характеристика тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания серии 112 за отопительный период равна $q_{от}^p=0,255$ Вт/(м³·°С), что меньше нормируемой величины, равной $q_{от}^{тр}=0,319$ Вт/(м³·°С), на 20%.

Следовательно, для здания серии 112 достаточно провести повышение уровня тепловой защиты оконных заполнений для обеспечения необходимого класса энергосбережения

Жилой дом серии 1-464. Наружные стены жилых этажей выполнены из трехслойных керамзитобетонных панелей ($\rho_o=1400$ кг/м³; $\lambda_A=0,56$ Вт/(м·°С)) толщиной 500 мм, утепленных пенополистиролом ПСБ ($\rho_o=40$ кг/м³; $\lambda_A=0,04$ Вт/(м·°С)) толщиной 250 мм; в световые проемы установлены деревянные оконные с тройным остеклением в раздельно-спаренных деревянных переплетах с $R_{ок}=0,55$ м²·°С/Вт. Дверные проемы наружных входов на лестничные клетки имеют $R_{дв}=0,83$ м²·°С/Вт.

Лестничные клетки освещаются через световые фонари в покрытии. Покрытия лестничных клеток выполнены из керамзитобетонных панелей ($\rho_o=1400$ кг/м³; $\lambda_A=0,56$ Вт/(м·°С)) с утеплителем из пенополистирола ($\rho_o=40$ кг/м³; $\lambda_A=0,04$ Вт/(м·°С)) толщиной 100 мм. Под зданием запроектировано проветриваемое подполье высотой 1,44 м. Технический этаж, находящийся под первым этажом, предназначен для прокладки инженерных коммуникаций. Теплозащитные характеристики наружных ограждений приведены в табл. 6.

Расчетное значение $k_{оо}=0,246$ превышает нормируемое значение $k_{оо}^{тр}=0,114$ на 116%. Как видно из табл. 6, наибольший вклад в тепловые потери здания вносят окна и наружные стены жилой части здания. В связи с этим необходимо провести теплоизоляцию фасадов жилой части здания и замену оконных блоков, а также утепление чердачного перекрытия, наружного перекрытия технического этажа и дополнительное утепление стен технического этажа и наружных стен световых фонарей лестничных клеток. Оконные блоки в жилой части меняются на блоки в раздельных деревянных (или ПВХ) переплетах, один из которых с обычным стеклом, а другой с двухкамерными стеклопакетом с мягким селективным покрытием (I-стекло**) 4M1+СПД4M1-10-4M1-10-I**4 $R_{ок}^{ск}=0,87$ м²·°С/Вт, в технических помещениях и на лестничных клетках – на оконные

Таблица 4
Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию для зданий Якутии $q_{от}^{TP}$, Вт/(м³·°С)

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4-5	6-7	8-9	10-11	12 и выше
1. Жилые многоквартирные гостиницы, общежития	0,432	0,393	0,353	0,341	0,319	0,303	0,286	0,276
2. Общественные, кроме перечисленных в строках 3-6	0,463	0,418	0,396	0,352	0,341	0,325	0,308	0,295
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,374	0,363	0,352	0,341	0,331	0,319	0,308	0,295
4. Дошкольные учреждения, хосписы	0,495	0,495	0,495	–	–	–	–	–
5. Предприятия сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,253	0,242	0,231	0,22	0,22	–		
6. Административного назначения (офисы)	0,396	0,374	0,363	0,297	0,264	0,242	0,22	0,22

Таблица 5
Параметры теплозащиты наружной оболочки жилого здания серии 112

Наименование фрагмента	$n_{t,j}$	$A_{ф,j}$, м ²	До утепления и замены элементов наружных ограждений			После утепления и замены элементов наружных ограждений			
			$R_{o,j}^{np}$, м ² ·°С/Вт	$n_{t,j} \cdot A_{ф,j} / R_{o,j}^{np}$	%	$R_{o,j}^{np}$, м ² ·°С/Вт	$n_{t,j} \cdot A_{ф,j} / R_{o,j}^{np}$	%	
Стены из трехслойных керамзитобетонных панелей со средним слоем из пенополистирола ПСБ-С	1	3234	3,51	921,4	32,36	3,51	921,4	40,59	
Теплый чердак над жилыми помещениями и покрытие над лестничными и лифтовыми шахтами	1	845	5,92	142,7	5,32	5,92	142,7	6,29	
Цокольное перекрытие из железобетонных плит, утепленных сверху пенополистирольными плитами ПСБ-С	1	845	7,03	120,2	4,22	7,03	120,2	5,3	
Окна	1	941	0,63	1493,7	52,47	0,87	1081,6	47,65	
Входные двери	1	6	1,5	4	0,14	1,5	4	0,18	
Сумма	1	5871	–	2847	100			100	
Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики $k_{об}^{TP}$				0,114			0,114		
Расчетное значение удельной теплозащитной характеристики $k_{об}$				0,118			0,107		

Таблица 6
Параметры теплозащиты наружной оболочки жилого здания серии 1-464

Наименование фрагмента	$n_{t,j}$	$A_{ф,j}$, м ²	До утепления и замены элементов наружных ограждений			После утепления и замены элементов наружных ограждений			
			$R_{o,j}^{np}$, м ² ·°С/Вт	$n_{t,j} \cdot A_{ф,j} / R_{o,j}^{np}$	%	$R_{o,j}^{np}$, м ² ·°С/Вт	$n_{t,j} \cdot A_{ф,j} / R_{o,j}^{np}$	%	
Стены жилой части из трехслойных керамзитобетонных панелей со средним теплоизоляционным слоем из пенополистирола	1	2193	1,65	1329	23,4	5,15	425,8	16,4	
Стены технического этажа однослойных керамзитобетонных панелей	0,881	391	1,31	263	4,6	4,81	81,29	3,1	
Стены световых фонарей из однослойных керамзитобетонных панелей	0,881	115	1,08	94	1,7	4,58	22,12	0,8	
	0,83	195		150	2,6		35,34		1,35
Покрытие световых фонарей из трехслойных керамзитогазобетонных плит с утеплителем из пенополистирола	0,881	100	2,38	37	0,7	2,38	37,02	1,42	
Чердачное (железобетонное) перекрытие, утепленное газобетонными плитами и керамзитовым гравием	0,95	1404	1,9	702	12,4	5,4	247	9,5	
Перекрытие под техническим этажом – железобетонное, утепленное газобетонными плитами	0,881	1504	1,74	762	13,4	5,24	252,86	9,7	
Окна	1	1190	0,55	2164	38,1	0,87	1367,8	52,5	
	0,881	99		159	2,8		116,29		4,4
Входные двери	0,881	16	0,83	17	0,3	0,83	16,98	0,6	
Сумма	–	7207	–	5677	100		2602,5	100	
Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики $k_{об}^{TP}$				0,114					
Расчетное значение удельной теплозащитной характеристики $k_{об}$				0,246			0,112		

Таблица 7

Параметры теплозащиты оболочки жилого здания серии 111-139-9М/75

Наименование фрагмента	$n_{t,j}$	$A_{\Phi,j}$, м ²	До утепления и замены элементов наружных ограждений			После утепления и замены элементов наружных ограждений		
			$R_{o,j}^{np}$, М ² ·°С/Вт	$n_{t,j} \cdot A_{\Phi,j} / R_{o,j}^{np}$	%	$R_{o,j}^{np}$, М ² ·°С/Вт	$n_{t,j} \cdot A_{\Phi,j} / R_{o,j}^{np}$	%
Стены из трехслойных каркасных деревянных панелей со средним слоем из минераловатных плит и тонкостенными клефанерными обшивками	1	386	2,42	159,5	38,4	2,42	159,5	38,4
	0,881	14,4		5,3	12	2,42	5,24	1,2
Чердачное перекрытие из трехслойных каркасных деревянных панелей со средним слоем из минераловатных плит с тонкостенными деревянными обшивками	0,95	391,5	3,56	44,1	10,6	8,44	44,07	10,6
Цокольное перекрытие из трехслойных деревянных панелей со средним слоем из минераловатных плит и тонкостенными деревянными обшивками и уложенным по лагам деревянным полом	1	391,5	3,9	100,4	24,2	3,9	100,4	24,2
Окна	1	93,6	0,55	170,2	31,4	0,9	104	25,1
Входные двери	0,881	1,9	0,83	2,0	0,4	2	0,84	0,5
Сумма	–	1279	–	541,9	100		414,05	100
Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики $k_{ог}^{тп}$	0,187							
Расчетное значение удельной теплозащитной характеристики $k_{ог}$	0,243				0,186			

блоки в одинарных деревянных (или ПВХ) переплетах, заполненных двухкамерными стеклопакетами с мягким селективным покрытием (I-стекло**) СПД4М1-12-4М1-12-И**4 $R_{ок}^{тп,лк}=0,75$ м²·°С/Вт.

В результате реализуемых рекомендаций расчетная удельная теплозащитная характеристика дома будет равна $k_{ог}=0,112$, что ниже нормируемого значения на 2% и что удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012.

Таким образом, устройство наружной теплоизоляции из плитного пенополистирола толщиной 140 мм и замена оконных блоков с тройным остеклением в раздельно-спаренных переплетах на оконные блоки в раздельных деревянных (или ПВХ) переплетах, в один из которых установлено обычное стекло, а в другой – двухкамерный стеклопакет с мягким селективным покрытием и другие позволили снизить удельную теплозащитную характеристику ограждающей оболочки здания до нормативного требования ($k_{ог}^{тп}=0,114$).

В результате проведенных мероприятий расчетная удельная характеристика тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период равна $q_{от}^p=0,266$ Вт/(м³·°С), что меньше нормируемой величины, равной $q_{от}^{тп}=0,359$ Вт/(м³·°С), на 25,9%.

Жилой дом серии 111-139-9М/75. Панельные элементы наружных стен двухэтажного дома серии 111-139-9М/75 выполнены на деревянном каркасе с тонкослойными клефанерными облицовочными обшивками, внутреннее пространство которых заполнено теплоизоляционным материалом – полужесткими минераловатными плитами плотностью 125 кг/м³, размещенными между рейками каркаса панели. Светопроемы заполнены деревянными оконными блоками с тройным остеклением.

Панели цокольного и чердачного перекрытия выполняются каркасными из брусков сечением 47×196 мм с верхней обшивкой фанерой ФК толщиной 10 мм и нижней до-

щатой обшивкой с утеплителем из полужестких минераловатных плит $\rho_o=125$ кг/м³.

Крыша с холодным чердаком выполнена из строительных элементов с кровельным покрытием из волнистых асбестоцементных листов унифицированного профиля, полы дощатые, покрытые линолеумом.

Для рассматриваемого 12-квартирного двухэтажного дома удельная теплозащитная характеристика $k_{ог}=0,243$ превышает нормируемое значение $k_{ог}^{тп}=0,187$ на 31%. Как видно из табл. 7 наибольший вклад в тепловые потери здания вносят окна, стены, и несколько меньший – чердачное и цокольное перекрытия.

Для снижения удельной теплозащитной характеристики рассматриваемого деревянного здания необходимо утеплить чердачное перекрытие минераловатными плитами из базальтового волокна плотностью 40 кг/м³; $\lambda_A=0,041$ Вт/(м·°С) с толщиной 200 мм. В результате приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия будет равно $R_{пр}^{черд}=8,44$ м²·°С/Вт. Существующие оконные блоки надо заменить на деревянные с двухкамерными стеклопакетами с мягким селективным покрытием (I-стекло**) СПД 4М1-18-4М1-18-И**4 $R_{ок}^{тп}=0,9$ м²·°С/Вт.

В результате рекомендуемых мероприятий удельная теплозащитная характеристика реконструированного жилого здания будет равна $k_{ог}=0,186$, что удовлетворяет нормируемому значению $k_{ог}^{тп}=0,187$. Расчетная удельная характеристика тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период равна $q_{от}^p=0,327$ Вт/(м³·°С), что меньше нормируемой величины $q_{от}^{тп}=0,414$ Вт/(м³·°С) на 20,9%.

Таким образом, на основе проведенного анализа теплотехнических параметров элементов наружной оболочки отапливаемых зданий [1–3], эксплуатируемых в суровых климатических условиях Якутии, установлено:

– наибольшие тепловые потери происходят через оконные заполнения, поэтому при проектировании зданий сле-

дует уделять особое внимание вопросам выбора оконных заполнений с высокими теплозащитными качествами, например со стеклопакетами с низкоэмиссионными теплоотражающими покрытиями;

– при применении оконных блоков из ПВХ следует использовать многокамерные профили с повышенной морозостойкостью для надежной эксплуатации при температурах до минус 70°C и «теплые» дистанционные рамки;

– для уплотнения притворов использовать морозостойкие уплотнительные материалы;

– необходимо минимизировать площади световых проемов при выполнении требований по естественной освещенности помещений;

– при заполнении светопроемов изделиями из стекла необходимо учитывать, что они эксплуатируются под воздействием температур в диапазоне более чем 100°C. Поэтому размеры светопрозрачного заполнения – листового стекла и стеклопакетов, а также их установка в рамках должны производиться с учетом температурного коэффициента линейного расширения для предотвращения возникновения трещин в стеклах и обеспечения герметичности межстекольного пространства при изменении температуры;

– на основе выполненных расчетов установлено, что удельная теплозащитная характеристика здания является

достаточно жестким требованием, которое может быть выполнено только при качественном обеспечении высокого уровня тепловой защиты всех элементов наружной оболочки здания;

– для снижения тепловых потерь и уменьшения толщины теплоизоляционного слоя стеновых панелей целесообразно разработать усовершенствованные конструкции панелей с гибкими связями, позволяющими повысить теплотехническую однородность панелей с 0,25–0,5 до 0,7 [4–6];

– при наличии в ограждающих конструкциях замкнутых воздушных прослоек целесообразно устройство на их поверхности покрытия из алюминиевой фольги, что позволяет повысить ее термическое сопротивление [7] до:

– 0,4 м²·°C/Вт при толщине прослойки 0,02 м;

– 0,45 м²·°C/Вт при толщине прослойки 0,03 м;

– 0,5 м²·°C/Вт при толщине прослойки 0,05 м.

В условиях вечной мерзлоты для нормальной эксплуатации зданий под цокольным перекрытием необходимо устройство проветриваемого воздушного пространства. Нормируемый уровень его теплозащиты должен быть аналогичным перекрытиям над проездами, а нормируемый перепад между температурой внутреннего воздуха и поверхностью пола первого этажа должен быть не более 2°C.

Список литературы

1. Киселев И.Я. Рациональное проектирование с помощью решения вопросов строительной физики // *Светопрозрачные и строительные конструкции*. 2009. № 6. С. 32–34.
2. Король Е.А. Технология возведения многослойных монолитных наружных стен с теплоизоляционным слоем из бетона низкой теплопроводности // *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 32–35.
3. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий // *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 19–23.
4. Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Эффективное решение оболочки здания и биосферная совместимость // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2013. № 4. С. 51–64.
5. Ярмаковский В.Н., Семенюк П.Н., Родевич В.В., Луговой А.В. К совершенствованию конструктивно-технологических решений трехслойных наружных стеновых панелей и крупнопанельных зданий в направлении повышения их теплозащитной функции и надежности в эксплуатации // *Актуальные вопросы строительной физики – энергосбережение, надежность, экологическая безопасность: Материалы IV академических чтений НИИСФ. 3–5 июля 2012 г. М., 2012. С. 47–64*
6. Ярмаковский В.Н., Шапиро Г.И., Рогинский С.Л., Тросницкий В.Б., Залесов А.С., Розенталь Н.К. Энергоэффективные ограждающие конструкции зданий с гибкими композитными связями // *Энергосбережение*. 2002. № 2. С. 32–34.
7. Умнякова Н.П. Теплозащита замкнутых воздушных прослоек с отражательной теплоизоляцией // *Жилищное строительство*. 2014. № 1–2. С. 16–20.

References

1. Kiselev I.Ya. Rational design by means of the solution of questions of construction physics. *Svetoprozrachnye i stroitel'nye konstruksii*. 2009. No. 6, pp. 32–34. (In Russian).
2. Korol' E.A. Technology of construction of multilayered monolithic external walls with a heat-insulation layer from concrete of low heat conductivity. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 32–35. (In Russian).
3. Umnyakova N.P., Butovskii I.N., Chebotarev A.G. Development of methods of rationing of a heat-shielding of power effective buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 19–23. (In Russian).
4. Umnyakova N.P., Andreytseva K.S., Smirnov V.A. Effective solution of a cover of the building and biospheres' compatibility. *Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2013. No. 4, pp. 51–64. (In Russian).
5. Yarmakovskiy V.N., Semenyuk P.N., Rodevich V.V., Lugovoy A.V. *Aktual'nye voprosy stroitel'noi fiziki – energosberezhenie, nadezhnost', ekologicheskaya bezopasnost': Materialy IV Akademicheskikh chtenii NIISF, 3–5 iyulya 2012 g.* [To improvement constructive technological solutions of three-layer external wall panels and large-panel buildings in the direction of increase of their heat-shielding function and reliability in operation. Topical issues of construction physics – energy saving, reliability, ecological safety: Materials IV of the Academic readings NIISF]. Moscow: NIISF 2012, pp. 47–64. (In Russian)
6. Yarmakovskii V.N., Shapiro G.I., Roginskii S.L., Trosnitskii V.B., Zalesov A.S., Rozental' N.K. The power effective protecting designs of buildings with flexible composite communications. *Energosberezhenie*. 2002. No. 2, pp. 32–34. (In Russian).
7. Umnyakova N.P. Heat-shielding of the closed air layers with reflective thermal insulation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 1–2, pp. 16–20. (In Russian).

УДК 699.86

В.Г. ГАГАРИН¹, д-р техн. наук, член-корр. РААСН (gagarinv@yandex.ru);
ЧЖОУ ЧЖИБО², магистр (tchzhou.tchzhibo@yandex.ru)¹ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)² Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

О нормировании тепловой защиты зданий в Китае

Проведено сравнение нормативной базы и методик расчета тепловой защиты зданий в Китае и России. Показана схожесть принципиальных подходов к энергосбережению. Тепловая защита зданий в Китае, так же как в России, нормируется в зависимости от климатических условий района строительства. Территория Китая разделена на пять зон по климатическим параметрам, которые включают субзоны в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода или периода охлаждения. Нормирование приведенных коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций осуществляется для каждой субзоны и зависит от этажности зданий. Расчет приведенного коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций производится по методике, аналогичной приведенной в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». На требуемые значения коэффициента теплопередачи окон влияет не только этажность здания, но и коэффициент остекленности фасада. Чем выше доля остекленности фасада, тем ниже значение требуемого коэффициента теплопередачи окон. Остекленность фасада нормируется также по зонам и учитывает ориентацию фасада. Коэффициент компактности зданий нормируется отдельно для зон с суровыми, холодными и переходными условиями. Коэффициент компактности зданий вычисляется без учета площади пола первого этажа. Нормируется также удельная мощность расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. Эта величина дается на 1 м² площади здания отдельно для каждого города Китая. Расчет проводится для значения температуры, равной средней температуре отопительного периода. Отмечено, что нормы тепловой защиты зданий в Китае отличаются гибкостью и реальностью выполнения.

Ключевые слова: энергосбережение, тепловая защита зданий, коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, коэффициент компактности, коэффициент остекленности, потери тепловой энергии зданием.

V.G. GAGARIN¹, Doctor of Sciences (Engineering), (gagarinv@yandex.ru), ZHOU ZHIBO², Master (tchzhou.tchzhibo@yandex.ru)¹ Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation),² Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

About Regulation of Thermal Performance of Buildings in China

The comparison of the normative base and methods for calculating the thermal performance of buildings in China and Russia is made. The similarity of principal approaches to the energy saving is shown. The thermal performance of buildings in China, as in Russia, is regulated depending on climatic conditions in the area of construction. The territory of China is divided into 5 zones according to climatic parameters, which include sub-zones depending on the number of degree-days of heating period or cooling period. The regulation of reduced coefficients of heat transfer of enclosing structures is conducted for each sub-zone and depends on a number of stories in buildings. The calculation of the reduced coefficient of heat transfer of enclosing structures is made according to the methodology similar to the presented in SP 50.13330.2012 «Thermal Performance of Buildings». Not only the number of stories in a building, but also the coefficient of facade glazing impact on the required values of the coefficient to heat transfer of window. The facade glazing is regulated according to zones and takes into account the facade orientation. The coefficient of compactness of buildings is regulated separately for zones with severe cold, cold, and transitional conditions. The coefficient of compactness of buildings is calculated without due regard for the first story floor square. The specific power consumption of thermal energy for heating and ventilation of a building is also regulated. This value is given per 1 m² of the building area for each city of China individually. The calculation is made for the temperature value equal to the average temperature of the heating period. It is noted that norms of thermal performance of buildings in China are notable for their flexibility and reality of implementation.

Keywords: energy saving, thermal performance of buildings, heat transfer coefficient, compactness coefficient, glazing coefficient, heat energy losses in building.

Энергосбережение является частью политики любого современного государства. Китайская Народная Республика (КНР) – многонациональная страна с большой территорией и различными климатическими условиями. Этим КНР похожа на Россию. Отопление многомиллионных городов Китая центральное от ТЭЦ, которые работают в основном на угле. Потребление угля в топливно-энергетическом балансе Китая составляет до 70%. Поэтому снижение потребления энергии имеет не только важное экономическое, но и экологическое значение. Показатели энергосбережения в КНР устанавливаются пятилетними планами развития. Одним из основных путей энергосбережения в зданиях является тепловая защита. Рассмотрению тепловой защиты зданий и сравнению нормативных требований к ней в различных странах посвя-

щено множество публикаций, например [1–5]. Представляется, что для российских специалистов будет интересно ознакомиться с основными принципами нормирования тепловой защиты зданий в КНР, тем более что актуализированная редакция Российского СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»¹ позволяет провести сравнение нормируемых величин. В рамках одной статьи невозможно всесторонне охватить заявленную тему, предполагается ее развитие с целью проведения научного сравнения китайской и российской систем нормирования тепловой защиты зданий.

Краткий обзор нормативных документов КНР

Внимание, которое уделяется в Китае энергосбережению, подчеркивается количеством обязательных норм.

¹ СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003. М., 2012.

Таблица 1
Виды требований к теплотехническим показателям в нормах КНР

Нормирование показателей	GB 50736–2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»	GB 20189–2005 «Проектирование энергосбережения общественных зданий»	JGJ 26–2010 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в суровых и холодных зонах»	JGJ 134–2010 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в переходных зонах»	JGJ 75–2003 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в теплых зонах»
Ограничение минимальной температуры внутренних поверхностей помещений	+	+	+	+	+
Коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций		+	+	+	+
Коэффициент компактности здания		+	+	+	+
Ограничение остекленности здания		+	+	+	+
Воздухопроницаемость		+	+	+	+
Требование к удельному расходу тепловой энергии здания			+		

В Китае тепловая защита зданий нормируется в обязательных нормативных документах, похожих на российские СНиП и СП: GB 50736–2012², JGJ 26–2010³, JGJ 134–2010⁴, JGJ 75–2003⁵, GB 20189–2005⁶. К рекомендуемым относятся нормы GB 50176–1993⁷, которые в 2015 г. будут обновлены.

Наиболее представительными из этих документов являются JGJ 26–2010, содержащие требования к тепловой защите зданий в наиболее неблагоприятных климатических условиях, а также методы расчета теплотехнических показателей ограждающих конструкций и показателей потребления тепловой энергии зданием. Нормы JGJ 134–2010 содержат аналогичные требования, но с поправкой на переходные климатические условия. Нормы JGJ 75–2003 устанавливают требования к зданиям в условиях теплого климата и в значительной степени нормируют термозащиту.

Схематическая карта для проектирования тепловой защиты зданий на территории Китая в соответствии с GB 50176.



GB 50189–2005 являются нормами энергосбережения в общественных зданиях.

К нормируемым относятся основные показатели теплозащиты: коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций, компактности и остекленности зданий, удельной мощности потерь тепловой энергии зданием. Виды требований к теплотехническим показателям, содержащиеся в нормах, сведены в табл. 1.

Деление территории страны по климатическим параметрам

По нормам GB 50176 территория Китая разделяется на пять зон по величине средней месячной температуры января и июля, см. рисунок и табл. 2, данные которой свидетельствуют, что на большей части территории страны необходима теплозащита зданий. В соответствии с тем, в какой зоне предполагается строительство здания, для ограждающих конструкций принимаются теплотехнические требования JGJ 26–2010, JGJ 134–2010, JGJ 75–2003, GB 50189–2005.

В нормативных документах Китая используется понятие, аналогичное российскому ГСОП, – градусо-сутки отопительного периода. При расчете этой величины в качестве значения внутренней температуры отапливаемых помещений принимается 18°C, а отопительным периодом считается

Таблица 2

Климатические параметры для пяти зон Китая

Наименование условий зон	Основной показатель и его значение, °C	Дополнительный показатель и его значение, °C	Основные теплотехнические требования для зданий
Суровые условия	Средняя месячная температура января $t \leq -10$	Число дней со средней суточной температурой меньше 5 ($t \leq 5$) больше 145 дней	Теплозащита
Холодные условия	Средняя месячная температура января $-10 < t \leq 0$	Число дней со средней суточной температурой меньше 5 ($t \leq 5$) 90–145 дней	Теплозащита Термозащита
Жаркое лето – холодная зима	Средняя месячная температура января $0 < t \leq 10$ Средняя месячная температура июля $25 < t \leq 30$	Число дней со средней суточной температурой ($t \leq 5$) 0–90 дней Число дней со средней суточной температурой больше 25 ($t > 25$) 40–110 дней	Теплозащита Термозащита
Жаркое лето – теплая зима	Средняя месячная температура января $10 < t$ Средняя месячная температура июля $25 < t \leq 29$	Число дней со средней суточной температурой ($t > 25$) 100–200 дней	Термозащита
Теплые условия	Средняя месячная температура января $0 < t \leq 13$ Средняя месячная температура июля $18 < t \leq 25$	Число дней со средней суточной температурой меньше 5 ($t \leq 5$) 0–90 дней	Теплозащита Термозащита не обязательна

² GB 50736–2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

³ JGJ 26–2010 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в зонах с суровым и холодным климатом».

⁴ JGJ 134–2010 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в зонах с переходным климатом».

⁵ JGJ 75–2003 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в зонах с теплым климатом».

⁶ GB 50189–2005 «Проектирование энергосбережения в общественных зданиях».

⁷ GB 50176–1993 «Теплотехническое проектирование гражданских зданий».

Таблица 3
Разделение территории Китая на субзоны
по величине градусо-суток отопления и охлаждения

Климатические субзоны		Периоды отопления или охлаждения	
I	Зона с суровыми условиями	A	6000 ≤ HDD18
		B	5000 ≤ HDD18 < 6000
		C	3800 ≤ HDD18 < 5000
II	Зона с холодными условиями	A	2000 ≤ HDD18 < 3800, CDD26 ≤ 90
		B	2000 ≤ HDD18 ≤ 3800, CDD26 ≥ 90

период со средней суточной температурой наружного воздуха ниже 5°C. Эта величина обозначается HDD18 (Heating degree day based on 18°C), измеряется в °C-сут, хотя правильная единица измерения °C-сут/год. Следует отметить, что ГСОП, рассчитанные по российской методике, превосходят значения HDD18 для одного и того же региона.

Другое понятие, используемое в нормах Китая, – градусо-сутки периода охлаждения, обозначаемое CDD26 (Cooling degree day based on 26°C), здесь 26°C – расчетная температура внутреннего воздуха.

Согласно JGJ 26–2010 территория Китая с суровыми и холодными условиями разделяется на две зоны: I – зона с суровыми условиями, которая в свою очередь разделяется на три субзоны по величине HDD18; II – зона с холодными условиями, разделяется на две субзоны по величине CDD26 (табл. 3).

Коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций

Нормируемые параметры теплозащиты

Коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций нормируются для каждой подзоны в зависимости от этажности здания. Обращает на себя внимание тот факт, что нормируется приведенный** коэффициент теплопередачи K . Этот коэффициент, согласно приложению В норм JGJ 26–2010, определяется по формуле:

$$K = K_0 + \frac{\sum \psi_j L_j}{A}, \quad (1)$$

где K_0 – коэффициент теплопередачи без учета теплопроводных включений, Вт/(м²·°C); ψ_j – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j -го вида, Вт/(м²·°C); L_j – суммарная длина линейной неоднородности j -го вида, м; A – площадь ограждающей конструкции, м².

Для простоты и краткости описания в статье обозначения незначительно изменены в соответствии с принятыми в отечественной литературе.

Линейные теплотехнические неоднородности некоторых видов описаны в Приложении В норм JGJ 26–2010, однако общей методики вычисления значений ψ , аналогичной описанной в Приложении Е СП 50.13330.2012, не приведено. Удельные потоки теплоты через точечные теплотехнические неоднородности не рассматриваются вообще.

В JGJ 26–2010 приведены требуемые значения приведенных коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций здания: совмещенного покрытия, перекрытия над неотапливаемым подвалом, наружных стен, окон, дверей и т. д. Наибольший практический интерес представляют требуемые значения приведенных коэффициентов теплопередачи для стен и окон. Они даны в табл. 4. Приведенный ко-

Таблица 4
Требуемые значения приведенных коэффициентов теплопередачи
ограждающих конструкций зданий JGJ 26–2010

Ограждающие конструкции		Требуемые значения приведенного коэффициента теплопередачи, K , Вт/(м²·°C), при этажности здания			
		≤ 3	4–8	≥ 9	
Субзона IA	Наружные стены		0,25	0,4	0,5
	Окна	Коэффициент остекленности ≤ 0,2	2	2,5	2,5
		0,2 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,3	1,8	2	2,2
		0,3 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,4	1,6	1,8	2
		0,4 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,45	1,5	1,6	1,8
Субзона IB	Наружные стены		0,25	0,4	0,5
	Окна	Коэффициент остекленности ≤ 0,2	2	2,5	2,5
		0,2 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,3	1,8	2	2,2
		0,3 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,4	1,6	1,8	2
		0,4 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,45	1,5	1,6	1,8
Субзона IC	Наружные стены		0,25	0,4	0,5
	Окна	Коэффициент остекленности ≤ 0,2	2	2,5	2,5
		0,2 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,3	1,8	2,2	2,2
		0,3 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,4	1,6	1,9	2
		0,4 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,45	1,5	1,7	1,8
Субзона IIA	Наружные стены		0,45	0,6	0,7
	Окна	Коэффициент остекленности ≤ 0,2	2,8	3,1	3,1
		0,2 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,3	2,5	2,8	2,8
		0,3 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,4	2	2,5	2,5
		0,4 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,45	1,8	2	2,3
Субзона IIB	Наружные стены		0,45	0,6	0,7
	Окна	Коэффициент остекленности ≤ 0,2	2,8	3,1	3,1
		0,2 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,3	2,5	2,8	2,8
		0,3 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,4	2	2,5	2,5
		0,4 ≤ Коэффициент остекленности ≤ 0,45	1,8	2	2,3

эффициент теплопередачи ограждающей конструкции здания должен быть не больше требуемого значения.

Важно отметить, что нормирование теплозащитных свойств ограждающих конструкций осуществляется в зависимости от этажности зданий. Причем чем меньше этажность здания, тем выше уровень теплозащиты.

В целом требуемые значения приведенных коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций не слиш-

** Авторы перевели данный термин как «приведенный коэффициент теплопередачи», чтобы подчеркнуть родственность этого понятия российскому «приведенному сопротивлению теплопередаче».

ком малы, т. е. значения приведенных сопротивлений теплопередаче не слишком большие. Так, наименьшая величина значения K для наружной стены зданий выше 9 этажей составляет 0,5 Вт/(м²·°C), что соответствует значению приведенного сопротивления теплопередаче 2 м²·°C/Вт. Подавляющее большинство зданий, строящихся в Китае, являются многоэтажными, с количеством этажей, превышающим 9. Поэтому именно этот столбец является представительным для нормируемых в Китае характеристик теплозащиты ограждающих конструкций.

Коэффициент компактности

Коэффициент компактности здания определяется как отношение суммарной площади поверхностей наружных ограждающих конструкций $A_n^{сум}$, м², к отапливаемому объему здания V , м³:

$$K_{комп} = A_n^{сум} / V. \quad (2)$$

Особенность расчета коэффициента компактности здания, нормируемого в JGJ 26–2010, заключается в том, что не учитывается площадь перекрытия первого этажа (пола). Это занижает вычисляемую величину коэффициента компактности, что существенно для малоэтажных зданий. Для высоких зданий неучет площади пола первого этажа почти не влияет на значение коэффициента компактности.

Вычисленное значение коэффициента компактности должно быть менее требуемого. Требуемые значения коэффициентов компактности зданий в зонах с суровыми и холодными условиями по JGJ 26–2010 представлены в табл. 5, в зонах с переходными условиями (жаркое лето / холодная зима) по JGJ 134–2010 представлены в табл. 6.

В российских нормах СП 50.13330.2012 коэффициент компактности здания не нормируется, поскольку нормируется величина удельной теплозащитной характеристики здания, которая включает коэффициент компактности. В предыдущей редакции российского нормативного документа СНиП 23-02–2003 в п. 5.14 приведены рекомендованные значения коэффициента компактности зданий, представленные в табл. 7.

Сопоставление нормируемых значений коэффициентов компактности зданий позволяет заметить, что при переходе от зон с суровыми условиями к зонам с холодными условиями и к зонам с переходными условиями требуемые значения коэффициентов компактности зданий увеличиваются. Это объясняется тем, что повышается роль термозащиты зданий, одним из средств которой является развитая поверхность для «самозатенения» стен. При малой этажности коэффициенты компактности зданий в российских нормах существенно превосходят соответствующие значения в китайских нормах даже для зданий в суровых условиях. Это объясняется учетом пола первого этажа в российских нормах и неучетом его в китайских нормах. В свою очередь, потери теплоты через пол первого этажа незначительны, поэтому для снижения потребления энергии зданием, особенно в теплый период года, этими теплопотерями можно пренебречь. Дифференцированный подход к нормированию коэффициента компактности в китайских нормах позволяет осуществлять энергосбережение в масштабах страны архитектурными методами.

Коэффициент остекленности

Коэффициент остекленности фасада здания определяется как отношение площади светопроемов к суммар-

Таблица 5
Требуемые значения коэффициента компактности зданий в зонах с суровыми и холодными условиями по JGJ 26–2010

Зона	Требуемые значения коэффициента компактности при этажности здания			
	≤ 3	4–8	9–13	≥ 14
С суровыми условиями	0,5	0,3	0,28	0,25
С холодными условиями	0,52	0,33	0,3	0,26

Таблица 6
Требуемые значения коэффициента компактности зданий в зонах с переходными условиями (жаркое лето / холодная зима) по JGJ 134–2010

Зона	Требуемые значения коэффициента компактности при этажности здания		
	≤ 3	4–11	≥ 12
С переходными условиями (жаркое лето / холодная зима)	0,55	0,4	0,35

Таблица 7
Рекомендуемые значения коэффициента компактности зданий в России по СНиП 23-02–2003

Нормативный документ	Значения коэффициента компактности при этажности здания							
	1	2	3	4	5	6–9	10–15	≥ 16
п. 5.14 СНиП 23-02–2003	1,1	0,9	0,54	0,43	0,36	0,32	0,29	0,25

Таблица 8
Нормируемые максимальные значения коэффициента остекленности здания в зонах с суровыми и холодными условиями JGJ 26–2010

Ориентация стены со светопроемами	Суровые условия	Холодные условия
Север	0,25	0,3
Восток, запад	0,3	0,35
Юг	0,45	0,5

ной площади светопроемов и непрозрачных частей фасада. Требования к максимальному значению коэффициента остекленности здания в суровых и холодных зонах приведены в табл. 8. Отметим высокие значения этого коэффициента даже для фасадов, ориентированных на север.

В Китае большое внимание уделяется прохождению солнечной радиации через окна. Нормированию остекленности с этой точки зрения уделено большое внимание, однако этот вопрос требует отдельного рассмотрения и выходит за рамки статьи.

Удельная мощность расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

Расчет удельной мощности расхода тепловой энергии зданием производится согласно JGJ 26–2010, результаты этого расчета сопоставляются с требуемыми значениями, которые даны в Приложении А JGJ 26–2010 для каждого города. Расчет мощности расхода тепловой энергии производится для средней температуры отопительного периода. Требуемые значения удельной мощности расхода тепловой энергии и значения средней температуры отопительного периода приведены в качестве примера для некоторых городов КНР в табл. 9. Приведенные в табл. 9 данные показывают приблизительно среднюю нагрузку на систему отопления здания.

Таблица 9
Требуемые значения средней за отопительный период
удельной мощности расхода тепловой энергии зданий
по JGJ 26–2010

Область, город	Климатическая субзона	Требуемые значения удельной мощности расхода тепловой энергии зданием, Вт/м ² , при этажности здания			
		≤ 3	4–8	9–13	≥ 14
Пекин	II(B)	16,1	15	13,4	12,1
Тяньцзинь	II(B)	17,1	16	14,3	12,7
Провинция Хэбэй					
Шицзячжуан	II(B)	15,7	14,6	13,4	11,6
Чжанцзякоу	II(A)	20,2	17,7	16,2	14,5
Чэндэ	II(A)	21,5	18,9	17,4	13,5
Баодин	II(B)	16,5	15,4	13,8	12,2
Таншань	II(A)	17,6	15,3	14	12,4
Фэннин	I(C)	17,8	15,4	14,2	12,4

Методика расчета удельной мощности расхода тепловой энергии зданием

Требования к удельной мощности расхода тепловой энергии ничего не значат без указания методики, по которой рассчитывалась эта мощность. Поэтому ниже приведены основные положения этой методики, полностью изложенной в JGJ 26–2010.

При проектировании здания удельная мощность теплопотерь здания рассчитывается по формуле:

$$q_H = q_{HT} + q_{INF} + q_{HT}, \quad (3)$$

где q_H – удельная мощность теплопотерь здания на 1 м² площади, Вт/м²; q_{HT} – удельная мощность трансмиссионных теплопотерь через наружные ограждающие конструкции здания, приведенная к 1 м² площади, Вт/м²; q_{INF} – удельная мощность теплопотерь здания, обусловленная инфильтрацией наружного воздуха, приведенная к 1 м² площади, Вт/м²; q_{HT} – удельная мощность бытовых тепловых выделений в здании, приведенная к 1 м² площади, принимается равной 3,8 Вт/м².

Удельная мощность трансмиссионных теплопотерь через оболочку здания рассчитывается по формуле:

$$q_{HT} = q_{Hq} + q_{Hw} + q_{Hd} + q_{Hmc} + q_{Hy}, \quad (4)$$

где q_{Hq} – удельная мощность теплопотерь через наружные стены, Вт/м²; q_{Hw} – удельная мощность теплопотерь через по-

Список литературы

1. Котин В.Я. Об использовании показателей объемов и площадей жилых зданий в удельных эксплуатационных расходах энергоносителей // *Промышленное и гражданское строительство*. 2010. № 12. С. 27–28.
2. Самарин О.Д., Лушин К.И. О распределении энергозатрат жилых зданий и исследовании температурного графика в их системах теплоснабжения // *Энергосбережение и водоподготовка*. 2008. № 1. С. 56–59.
3. Гринфельд Г.И. Диалектика нормативных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций // *Жилищное строительство*. 2012. № 1. С. 22–24.
4. Сеппанен О. Требования к энергоэффективности зданий в странах ЕС // *Энергосбережение*. 2010. № 7. С. 42–50.
5. Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплотехники ограждающих конструкций в России и европейских странах // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 14–16.

крытие, Вт/м²; q_{Hd} – удельная мощность теплопотерь через перекрытия над холодными подвалами, Вт/м²; q_{Hmc} – удельная мощность теплопотерь через балконные двери и наружные окна, Вт/м²; q_{Hy} – удельная мощность теплопотерь через закрытые неотапливаемые балконы, Вт/м².

Каждая из приведенных удельных мощностей рассчитывается по методикам, приведенным в JGJ 26–2010. Например, удельная мощность тепловых потерь через наружные стены рассчитывается по формуле:

$$q_{Hq} = \frac{\sum q_{Hqi}}{A_o} = \frac{\sum \varepsilon_{qi} k_{mqi} F_{qi} (t_n - t_e)}{A_o}, \quad (5)$$

где q_{Hq} – удельная мощность тепловых потерь через наружные стены, Вт/м²; t_n – внутренняя расчетная температура помещений, принимается равной 18°C; t_e – средняя суточная температура наружного воздуха отопительного периода, принимается по таблице А0.1-1 Приложения А JGJ 26–2010; ε_{qi} – поправочный коэффициент для коэффициента теплопередачи наружной стены, принимается в таблице Е0.2 Приложения Е JGJ 26–2010; k_{mqi} – приведенный коэффициент теплопередачи наружной стены, Вт/(м²·°С), принимается согласно Приложению В JGJ 26–2010; F_{qi} – площадь наружной стены, м², принимается в соответствии с Приложением F JGJ 26–2010; A_o – строительная площадь, м², принимается по Приложению F JGJ 26–2010.

Методика, полностью представленная в JGJ 26–2010, является комплексной, ее описание и анализ может быть интересен российским специалистам и стать темой отдельной публикации.

Заключение

Нормативная система Китая обладает большой гибкостью, в то же время она не требует достижения трудновыполнимых показателей теплотехники. Приведенные в китайских нормах теплотехнические требования к ограждающим конструкциям и зданиям связаны с климатом региона строительства. Климатические условия в Китае отличаются многообразием, характерным и для России. Сопоставление требований китайских и российских норм может послужить основой для разработки принципов гармонизации нормирования тепловой защиты зданий в различных странах. Выполненная работа позволит приблизиться к оптимальным решениям по нормированию тепловой защиты зданий.

References

1. Kotin V.Ja. About the Use of Indicators of Volumes and Areas of Residential Buildings in Specific Operating Consumptions of Energy Sources. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2010. No. 2, pp. 27–28. (In Russian).
2. Samarina O.D., Lushin K.I. About Distribution of Energy Consumption of Residential Buildings and Study of Temperature Schedule in Their Heat Supply Systems. *Jenergoberezhnie i vodopodgotovka*. 2008. No. 1, pp. 56–59. (In Russian).
3. Grinfel'd G.I. Dialectics of Specified Requirements for Resistance of Enclosing Structures to Heat Transfer. *Zhilishhnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 1, pp. 22–24. (In Russian).
4. Seppanen O. Requirements for Energy Efficiency of Buildings in Countries of EU. *Jenergoberezhnie*. 2010. No. 7, pp. 42–50. (In Russian).
5. Gagarin V.G., Dmitriev K.A. Accounting Heat Engineering Heterogeneities When Assessing the Thermal Protection of Enveloping Structures in Russia and European Countries. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 14–16. (In Russian).

УДК 699.86

Т.А. АХМЯРОВ, инженер (tagir-a@yandex.ru), А.В. СПИРИДОНОВ, канд. техн. наук (spiridonov@aprok.org),
И.Л. ШУБИН, д-р техн. наук

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

Перспективы применения технологий и систем активного энергосбережения при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых и общественных зданий

Приведены результаты, преимущества и промежуточные выводы по новейшим теоретическим и экспериментальным исследованиям новых принципов повышения комфортности микроклимата и энергетической эффективности наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений различного назначения с минимальным энергопотреблением. Показано, что для энергоэффективных вентилируемых ограждающих конструкций (ЭВОК) возможно повысить энергетическую эффективность в несколько раз относительно существующих современных ограждающих конструкций и действующих норм. Применение ЭВОК позволит обеспечить практически полную рекуперацию теплового потока и влаги, включая светопрозрачные конструкции, что открывает новые перспективы для строительства и реконструкции зданий (сооружений, теплиц) с большим процентом остекления.

Ключевые слова: энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающие конструкции, система активного энергосбережения, рекуперация трансмиссионного, радиационного тепла и влаги.

T.A. AKHMYAROV, (tagir-a@yandex.ru), A.V. SPIRIDONOV, Candidate of Sciences (Engineering) (spiridonov@aprok.org),
I.L. SHUBIN, Doctor of Sciences (Engineering)
Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Prospects of Application of Technologies and Systems of Active Energy Saving at Construction, Reconstruction and Capital Repairs Residential and Public Buildings

Results, advantages and intermediate conclusions on the newest theoretical and pilot studies of the new principles of increase of comfort of a microclimate and energy efficiency of the envelopes and fenestration of buildings and constructions of different function with the minimum energy consumption are given. It is shown that for the energy efficient ventilated envelopes (EEVE) it is possible to increase energy efficiency several times of the envelopes and fenestration which are rather existing modern and existing rules. Application of EEVE will allow to provide almost full recovery of a thermal stream and moisture, including fenestration that opens new prospects for construction and reconstruction of buildings (constructions, greenhouses) with big percent of a glazing.

Keywords: energy efficient ventilated fenestration and facade, system of active energy saving, recovery of transmission and radiation heat and moisture.

В результате многочисленных исследований, проведенных в НИИ Строительной физики в 2011–2014 гг., авторами были предложены новые принципы проектирования наружной оболочки зданий и сооружений различного назначения с использованием активной рекуперации выходящего тепла и влаги, а также разработаны энергоэффективные вентилируемые ограждающие (ЭВОК) и светопрозрачные (ЭВСОК) конструкции [1–5].

Теоретически были обоснованы новые принципы проектирования [1, 2], экспериментально подтверждена их эффективность [5]. Кроме того, совместно с рядом фирм-партнеров были разработаны предложения по использованию технологий активной рекуперации в реальных ограждающих и светопрозрачных конструкциях [3, 4].

В ходе исследований были:

- получены очень высокие показатели по рекуперации (возврату) уходящего из помещения теплового потока;
- определены оптимальные расстояния между теплозащитными экранами различного вида в наружной каме-

ре межстекольного пространства светопрозрачных конструкций;

- обеспечены условия образования плоской турбулентной струи в наружной камере межстекольного пространства;
- установлены минимальные расстояния между теплоотражающими экранами и ограждающими конструкциями, при которых функционирует разработанный авторами принцип повышения энергетической эффективности;
- определены оптимальные режимы подачи наружного воздуха в специально образованную наружную прослойку;
- проведена оценка эффективности использования современных рекуператоров мембранного типа совместно с энергоэффективными вентилируемыми ограждающими и светопрозрачными конструкциями.

В качестве механизмов воздействия на выходящий из здания тепловой поток были использованы мощные комплексные теплофизические процессы. При этом в ходе ис-



Рис. 1. Аккумуляторы TESLA Power Wall (сдвоенные). Рисунок взят с сайта <http://www.teslamotors.com/powerwall>

следований в климатических камерах НИИ Строительной физики были достигнуты:

- рекуперация выходящего теплового потока через ограждающие конструкции с КПД выше 95%;
- рекуперация тепла вентиляционных выбросов с КПД выше 94%;
- рекуперация влаги: через ограждающие конструкции с КПД 100%, а у вентиляционных выбросов – с КПД выше 84%;
- обеспечение нормативных показателей энергетической эффективности конструкций, запланированных к 2020 г., что значительно выше, чем у существующих ограждающих и светопрозрачных конструкций, и существенно выше требований действующих нормативно-технических показателей;
- возможность создания комфортных условий в помещениях за счет обеспечения энергоэкономичного воздухообмена в 2–3 раза выше требований действующих санитарных норм;
- практическое исключение возможности образования конденсата на поверхностях ограждений, а также минимизация возможностей разрушения остекления светопрозрачных конструкций за счет так называемого «эффекта термшока»;
- обеспечение возможности регулирования и оптимизации тепловлажностного режима внутри ЭВОК и ЭВСОК в процессе эксплуатации конструкций в зависимости от наружных условий;
- повышение теплотехнической однородности конструкции за счет изоляции воздушным потоком теплопроводных включений, а также повышение тепловой устойчивости ограждений.

На сегодняшний день можно констатировать, что разработанные авторами ограждающие и светопрозрачные конструкции фактически готовы к практическому внедрению, как в новом строительстве, так и при реконструкции и капитальном ремонте существующих зданий.

Основные преимущества конструкций ЭВОК и ЭВСОК при использовании их в отечественном строительстве следующие:

- малая материалоемкость, относительно невысокая стоимость, примерно сопоставимая с ценой традиционных конструкций, экономичность;
- высокая долговечность, высокая энергетическая эффективность, экологическая чистота;
- обеспечение возможности использования в ограждающих конструкциях материалов с большей теплопроводностью, чем это предполагается действующими нормативными документами, за счет эффективной рекуперации выходящего теплового потока;
- возможность применения комбинаций из существующих сертифицированных промышленно выпускаемых ограждающих конструкций, что минимизирует необходимость дополнительной сертификации ЭВОК и ЭВСОК;

• возможность снижения требований к основной ограждающей конструкции: за счет применения новых принципов проектирования можно не увеличивать сопротивления теплопередаче существующих ограждающих конструкций, что очень перспективно, особенно при реконструкции и капитальном ремонте зданий различного назначения.

Российская Федерация стоит перед сложной задачей по реновации, повышению комфортности и тепловой модернизации большей части ранее построенных зданий, сооружений, а также инфраструктуры в городах и населенных пунктах. Это связано с неудовлетворительным состоянием многих строительных и инженерных сооружений. Незначительный объем ремонта, проведенный в прошлые периоды, привел к значительным физическим и структурным повреждениям зданий и сооружений, которые с учетом общего возраста построек ведут к снижению остаточного срока их эксплуатации. С учетом огромного общего объема жилого фонда встает вопрос, возможно ли адекватно и своевременно провести необходимые улучшения или дополнительные мероприятия по санации этих зданий во избежание серьезных социальных и других проблем.

Необходимость проведения мероприятий по энергосбережению в РФ обосновывается и тем, что в период с 1917-го по 2000 г. в нашей стране было построено более 3,5 млрд м² только жилых зданий [6] (по данным Минстроя РФ, общая площадь зданий 5,5 млрд м², в том числе 4,1 млрд м² жилых зданий [7]), энергетические потери в которых не отвечают современным требованиям. Так, по данным Министерства регионального развития РФ (2012 г.), средние затраты на отопление в жилых зданиях на всей территории России составляют 350–380 кВт·ч/м² в год (в 5–7 раз выше, чем в Германии и других странах ЕС), а в некоторых типах зданий они достигают 680 кВт·ч/м² в год. Более того, по данным Мосгосэкспертизы, несмотря на то что в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» для многоэтажных зданий, проектируемых для г. Москвы, был установлен предел на удельные затраты на отопление и вентиляцию в 95 кВт·ч/м² в год, в построенных зданиях (что

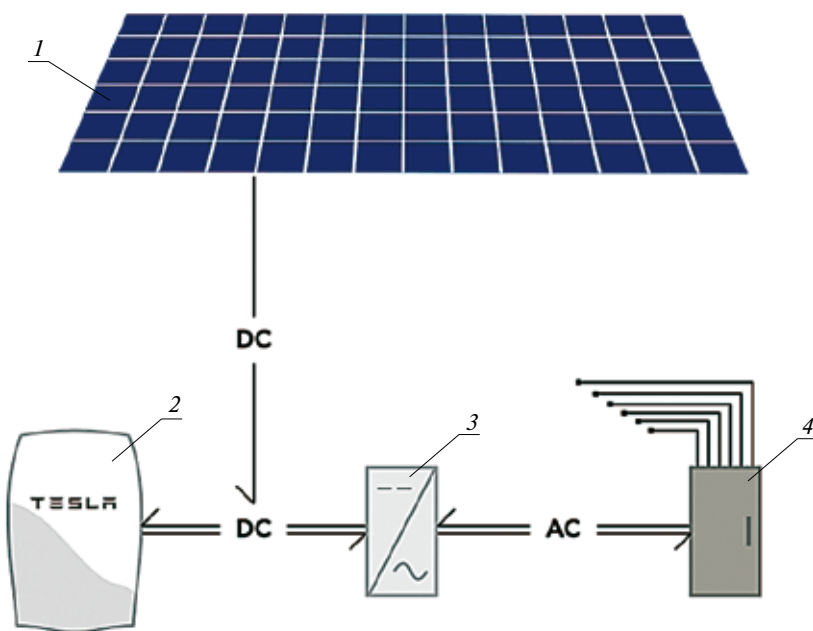


Рис. 2. Принцип работы аккумуляторов TESLA Power Wall в здании: DC – постоянный ток; AC – переменный ток; 1 – солнечная батарея (может быть ветрогенератор); 2 – аккумулятор TESLA Power Wall; 3 – инвертор; 4 – внутри домовые нагрузки. Рисунок взят с сайта <http://www.teslamotors.com/powerwall>

установлено неоднократно проверками зданий, возведенных в 2003–2010 гг.) эти затраты находились на уровне 150–180 кВт·ч/м² в год. С учетом постоянного роста тарифов на тепловую энергию и неопределенности на глобальных рынках углеводородного сырья (а также в связи с мизерным использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в нашей стране) такая ситуация является чрезвычайно опасной с точки зрения энергетической безопасности страны.

Известно, что в середине 2000-х гг. в ряде регионов была запущена программа по реновации и санации жилых зданий, построенных в 60–70-е гг. прошлого века. Основные работы предполагали утепление стен за счет различных вариантов наружного утепления, замену окон и ремонт или замену некоторых коммуникаций. Предполагалось, что за счет этих мероприятий возможно будет снизить расходы на эксплуатацию жилых помещений на 25–30%. К сожалению, мониторинг реконструированных домов показал значительно меньший энергетический эффект: по результатам обследований, проведенных Мосгосэкспертизой и другими организациями, снижение потребления энергии в них не превышало 10%. Это связано как с неудачными схемами реконструкции, качеством работ, так и с неэффективными дешевыми материалами и решениями, использованными при реконструкции.

Недавно приняты изменения в законодательство, касающиеся капитального ремонта зданий, которые предполагают софинансирование этих работ собственниками жилых помещений. Кроме того, Минстроем РФ и Правительством г. Москвы готовится комплект документации по реконструкции жилых зданий старой постройки. Хочется надеяться, что контроль со стороны ТСЖ сможет изменить ситуацию в лучшую сторону, а при реконструкции и капитальном ремонте зданий будут использоваться новые энергосберегающие материалы и конструкции.

Авторы считают, что после разработки первых конструкций с использованием некоторых технологий активного энергосбережения, энергетическая эффективность которых была доказана [3–5], необходимо продолжить исследования в направлении максимального использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, инновационных систем вентиляции и отопления [8–10], а также других инженерных систем, обеспечивающих повышенный уровень комфорта микроклимата помещений и эффективности и удобства эксплуатации.

При внедрении в практику отечественного строительства разработанных инновационных энергоэффективных вентилируемых ограждающих и светопрозрачных конструкций уже сегодня можно обеспечить:

- повышение уровня комфортности микроклимата помещений с регулировкой защиты от внешних воздействий и теплохолодоаккумуляцией энергии приточного воздуха в любых

условиях внешней среды в зимний, летний и переходный периоды;

- использование в ближайшей перспективе фотоэлектрических панелей, солнечной и ветровой энергии (в том числе разрабатываемых приточных и вытяжных ветровых вентиляционных эжекторных дефлекторов повышенной энергоэффективности);

- сокращение отопительного периода в большинстве климатических районах страны за счет эффективного использования выходящего из помещений теплового потока и тепла вентиляционных выбросов.

В то же время необходимо активизировать использование в новом строительстве, при реконструкции и капитальном ремонте зданий различного назначения и других элементов и технологий активного энергосбережения. К ним можно отнести [2]:

- автоматически регулирующую вытяжную вентиляцию с механическим побуждением и естественным притоком через вентиляционные клапаны в окнах или в наружных ограждающих конструкциях;

- теплонасосные системы теплоснабжения (отопления и горячего водоснабжения);

- системы, рекуперирющие и утилизирующие теплоту вентиляционных выбросов и канализационных стоков;

- эффективные отопительные приборы с регулируемой теплоотдачей;

- системы автоматизированного учета потребления энергоресурсов и управления микроклиматом, обеспечивающих экономию энергии и снижение пиковых электрических нагрузок;

- системы, использующие солнечную, ветровую, геотермальную энергию и др.;

- системы аккумулирования тепла и холода, в основном вентиляционного воздуха, с использованием материалов с возможностью фазовых переходов;

- механические приточно-вытяжные системы вентиляции с рекуперацией и утилизацией теплоты и влаги вентиляционных выбросов;

- наружные ограждения с рекуперацией тепла, в том числе энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции с активной рекуперацией выходящего теплового потока и выходящей влаги.

В настоящее время имеются все современные принципиальные технические и технологические разработки, с помощью которых возможно эффективно решить многочисленные проблемы, возникающие на этом пути. Более того, 2 мая 2015 г. компания TESLA анонсировала выпуск компактных и эффективных аккумуляторов Power Wall (10 кВт·ч) и Power Pack (100 кВт·ч), которые помогут решить вопросы сохранения и использования солнечной и ветровой энергии, в том числе и в автономных зданиях, расположенных в местностях, где отсутствуют централизованные источники энергоснабжения (более подробно на сайте <http://www.teslamotors.com>). Они достаточно малогабаритны (вес 100 кг, размеры 1300×860×180 мм); относительно недороги (3500 дол. США); долговечны (гарантия производителя более 10 лет); надежны (устойчивая работоспособность в диапазоне от –20 до +43°C, могут располагаться как снаружи, так и внутри помещения) и эффективны (КПД более 92%). Устройства Power Wall способны произвести настоящую революцию в применении технологий и систем активного энергосбережения, позволят обеспечить большинство потребностей жильцов за счет использования запаса энергии в течение дня энергии в пиковые утренние и вечерние часы.

Специалисты НИИ Строительной физики планируют в ближайшее время провести серию исследований в области перспективных ограждающих конструкций и инженерных систем с применением технологий и систем активного энергосбережения при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий различного назначения в регионах РФ.

Список литературы

1. Ахмяров Т.А., Беляев В.С., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла // *Энергосбережение*. 2013. № 4. С. 36–46.
2. 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. С. 8–13.
3. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции с активной рекуперацией выходящего теплового потока // *Жилищное строительство*. 2014. № 10. С. 38–42.
4. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающие конструкции // *Энергосбережение*. 2014. № 8. С. 62–65.
5. Ахмяров Т.А., Лобанов В.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Эффективность вентилируемых ограждающих и светопрозрачных конструкций с активной рекуперацией выходящего теплового потока // *Жилищное строительство*. 2015. № 4. С. 28–34.
6. Шубин И.Л., Спиридонов А.В. Проблемы энергосбережения в российской строительной отрасли // *Энергосбережение*. 2013. № 1. С. 15–21.
7. Терентьев Д.М. Повышение энергоэффективности зданий, строений и сооружений. Задачи Минстроя России // *Энергосбережение*. 2015. № 3. С. 18–21.
8. Патент РФ 2295622. Вентилируемое окно / Ахмяров Т.А. Заявл. 14.03.2005. Оpubл. 20.03.07. Бюл. № 8.
9. Патент РФ 2447366. Эжекторный способ создания тяги в вентиляционных и дымовых трубах с использованием энергии ветра / Аркадов Ю.К., Батура Н.И., Ахмяров Т.А. Заявл. 10.11.2010. Оpubл. 10.04.12. Бюл. № 10.
10. Патент РФ 2447367. Дефлектор ветра для вентиляционных и дымовых труб (варианты) / Аркадов Ю.К., Батура Н.И., Ахмяров Т.А. Заявл. 10.11.2010. Оpubл. 10.04.2012. Бюл. № 10.

References

1. Akhmyarov T.A., Belyaev V.S., Spiridonov A.V., Shubin I.L. System of active energy saving with heat recovery. *Energoberezhnie*. 2013. No. 4, pp. 36–46. (In Russian).
2. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. Principles of designing and assessment of external enclosing structures with the use of modern technologies of “active” energy saving. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 6, pp. 8–13. (In Russian).
3. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. Energy efficient ventilated envelopes with active recovery of the heat flow an insulation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 10, pp. 38–42. (In Russian).
4. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. The energy efficient ventilated fenestration. *Energoberezhnie*. 2014. No. 8, pp. 62–65. (In Russian).
5. Akhmyarov T.A., Lobanov V.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. Efficiency of ventilated envelopes and fenestration with active recuperation of outlet heat flow *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 4, pp. 28–34. (In Russian).
6. Shubin I.L., Spiridonov A.V. Energy saving problems in the Russian construction branch. *Energoberezhnie*. 2013. No. 1, pp. 15–21. (In Russian).
7. Terent'ev D.M. Increase of energy efficiency of buildings, structures and constructions. Tasks of Ministry of Construction, Architecture and Housing of Russia. *Energoberezhnie*. 2015. No. 3, pp. 18–21. (In Russian).
8. Patent RF 2295622. Ventilruemoe okno [Ventilated window]. Akhmyarov T.A. Declared 14.03.2005. Published 20.03.07. Bulletin No. 8. (In Russian).
9. Patent RF 2447366. Ejektsyonny sposob sozdania tyagi v ventilyatsionnykh i dymovykh trubakh s ispol'zovaniem energii vetra [Ejector way of creation of draft in ventilating and chimneys with use of wind energy]. Arkadov Yu.K., Batura N.I., Akhmyarov T.A. Declared 10.11.2010. Published 10.04.12. Bulletin No. 10. (In Russian).
10. Patent RF 2447367. Deflector vetra dlya ventilyatsionnykh i dymovykh trub (variant) [The wind deflector for ventilating and chimneys (options)]. Arkadov Yu.K., Batura N.I., Akhmyarov T.A. Declared 10.11.2010. Published 10.04.2012. Bull. No. 10. (In Russian).

УДК 692.23

М.В. ЧЕБЫШЕВ, инженер (post4max@yandex.ru)

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
(295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, 4)

Конструктивные особенности вентилируемого фасада с утеплителем из пеностекла

В статье представлена возможность устройства вентилируемого фасада с применением энергоэффективного, экологичного и долговечного утеплителя из гранулированного пеностекла или пеностеклобного щебня при реконструкции или новом строительстве зданий и сооружений. Дана схема устройства вентилируемого фасада с утеплителем из пеностекла.

Ключевые слова: вентилируемый фасад, энергоэффективность, утеплитель, пеностекло.

M.V. CHEBYSHEV, Engineer (post4max@yandex.ru), Crimea Federal University named after V.I. Vernadsky
(4, Vernadskogo Avenue, Simferopol, 295007, Republic of Crimea, Russian Federation)

Structural Features of a Ventilated Façade with Foam Glass Heat Insulation

The article provides the opportunity to arrange the ventilated façade with the use of energy efficient, environmental friendly, and durable heat insulation produced from granulated glass or foam glass gravel in the course of reconstruction or new construction of buildings and facilities. The scheme of the ventilated façade with foam glass heat insulation is given.

Keywords: ventilated façade, energy efficiency, heat insulation, foam glass.

При строительстве зданий широкое распространение получила конструкция навесного вентилируемого фасада. Преимуществом данной конструкции является широкое применение облицовочных материалов, что позволяет придать зданию требуемый архитектурный облик [1].

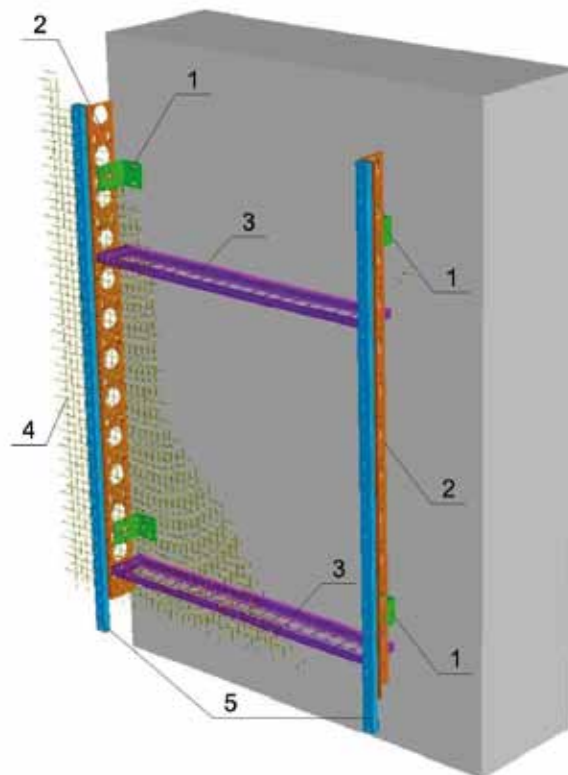
В типовой конструкции навесного вентилируемого фасада в качестве утеплителя, как правило, применяется минераловатный утеплитель. Однако минераловатные утеплители имеют некоторые недостатки, например они экологически небезопасны, так как при их производстве в качестве связующего используются фенолформальдегидные смолы [2, 3]. При монтаже волокна минераловатного утеплителя разрушаются с образованием мелкодисперсных волокон, которые, попадая в дыхательные пути человека, могут негативно повлиять на здоровье.

Энергоэффективные свойства минераловатных утеплителей могут изменяться при увлажнении. Известны факты уменьшения их теплотехнических свойств в разы [4], поэтому важными элементами конструкции навесного вентилируемого фасада являются вентилируемый зазор и гидроизоляционная мембрана. Гидроизоляционная мембрана должна быть смонтирована единым, неразрывным слоем, чего на практике добиться не удастся. Впоследствии утеплитель намокает и теряет свои теплоизоляционные свойства. В соответствии с требованиями СНиП 21–01 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» и технологическими картами на устройство навесного вентилируемого фасада, гидроизоляционная мембрана должна быть негорючим материалом и отвечать группе горючести ГЗ, Г4. На практике данным требованием пренебрегают, что ведет к негативным последствиям в случае возгорания фасада здания [5].

От правильного расчета толщины вентилируемого зазора и корректного монтажа всех элементов навесного вен-

тилируемого фасада зависят теплотехнические показатели как минераловатного утеплителя, так и конструкции фасада в целом [6].

Если принять во внимание все выше перечисленные факторы, влияющие на энергоэффективность и экологич-



Конструкция вентилируемого фасада с утеплителем из пеностекла

ность, можно рассмотреть вариант применения в вентилируемом фасаде пеностекла в виде гравия или щебня.

Применение в вентилируемом фасаде пеностекла обусловлено его стабильными теплотехническими свойствами, экологичностью и технологичностью укладки в процессе монтажа вентилируемого фасада [7]. Структура материала с закрытой пористостью не накапливает влагу [8], поэтому теплотехнические показатели остаются неизменными и нет необходимости использовать гидроизоляционную мембрану.

Конструкция вентилируемого фасада проиллюстрирована на рисунке. Данная конструкция утепления фасада предназначена для малоэтажного строительства.

Предлагается следующая конструкция вентилируемого фасада с утеплителем из пеностекла. Кронштейн (1) прикреплен на стене здания с устройством теплоизоляционной прокладки между стеной и кронштейном. Вертикальная направляющая (2), выполнена из уголка либо трубы прямоугольного сечения. Для уменьшения мостиков холода через вертикальную направляющую и с учетом статических расчетов по нагрузкам, одним из вариантов может быть применение перфорированной направляющей.

Горизонтальная конструкция (3), удерживающая утеплитель, необходима для равномерного распределения нагрузки при засыпке пеностекляного гравия или щебня. Закрепляется удерживающая горизонтальная конструкция на вертикальные направляющие с помощью специальных усиков или полки. Крепление удерживающей горизонтальной конструкции осуществляется в шахматном порядке. Шаг крепления горизонтальной конструкции определяется расчетом.

Список литературы

1. Немова Д.В. Энергоэффективные технологии в ограждающих конструкциях // *Интернет-журнал: Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2012. № 3. С. 77–82. http://www.unistroy.spb.ru/index_2012_03/7_nemova_3.pdf (дата обращения 25.04.2015).
2. Цыкановский Е.Ю. Проблемы надежности, безопасности и долговечности НФС при строительстве высотных зданий. // *Технологии строительства*. 2008. № 4. С. 11–13.
3. Калинин А.Ю. О качестве вентилируемых фасадов высотных зданий // *Технологии строительства*. 2008. № 4. С. 9–11.
4. Грановский А.В., Киселев Д.А. Современные вентилируемые фасадные системы. Проблемы и решения // *Кровля. Фасады. Изоляция*. 2007. № 3. С. 44–46.
5. Машенков А.Н., Чебурканова Е.В. Проблемы пожарной безопасности навесных вентилируемых фасадов // *АВОК*. 2007. № 8. С. 32–41.
6. Гагарин В.Г. О некоторых теплотехнических ошибках, допускаемых при проектировании вентилируемых фасадов // *АВОК*. 2005. № 2. С. 44–51.
7. Сапачева Л.В., Горегляд С.Ю. Пеностекло для экологичного строительства в России // *Строительные материалы*. 2015. № 1. С. 30–31.
8. Погребинский Г.М., Искоренко Г.И., Канев В.П. Гранулированное пеностекло как перспективный теплоизоляционный материал // *Строительные материалы*. 2003. № 3. С. 28–29.

Сетка (4) удерживает пеностекляный гравий или щебень. Монтаж сетки должен выполняться поэтапно. Сетка закрепляется до расчетной высоты горизонтальной конструкции. Утеплитель из пеностекляного гравия фракции 10–20 мм или пеностекляного щебня фракции 30–60 мм засыпается за сетку до расчетной высоты следующей горизонтальной конструкции и слегка уплотняется. Уплотнение утеплителя осуществляется путем штыкования или вибрирования. Следующая горизонтальная конструкция устанавливается поверх засыпанного утеплителя. Далее в том же порядке устанавливается следующая сетка и выполняется устройство описанных ранее элементов вентилируемого фасада. Контррейка (5) фиксируется на вертикальной направляющей для удержания сетки; выполнена в виде трубы прямоугольного сечения и возможно с перфорацией. Также возможно применение деревянного бруса в качестве контррейки. За счет толщины элемента контррейки создается конструктивный вентилируемый зазор в конструкции фасада. Данный вентилируемый зазор будет способствовать улучшению температурно-влажностного режима конструкции фасада в целом.

К контррейке крепится облицовочный материал (алюминиевые композитные панели, фиброцементные фасадные плиты, керамогранит, блок хаус, сайдинг и др.).

Проектом предусматривается детальная конструктивная проработка элементов вентилируемого фасада с применяемыми утеплителями. Следующим этапом будет постановка эксперимента с целью получения физико-механических свойств конструкции. Анализ полученных результатов позволит сделать вывод о рациональности конструкции и возможности ее дальнейшего применения на практике.

References

1. Nemova D.V. Power effective technologies in the protecting designs. *Internet-zhurnal Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii*. 2012. No. 3, pp. 77–82. http://www.unistroy.spb.ru/index_2012_03/7_nemova_3.pdf (date of access 25.04.2015). (In Russian).
2. Tsykanovskii E.Yu. Problems of reliability, safety and durability of NFS at construction of high-rise buildings. *Tekhnologii stroitel'stva*. 2008. No. 4, pp. 11–13. (In Russian).
3. Kalinin A.Yu. About quality of the ventilated facades of high-rise buildings *Tekhnologii stroitel'stva*. 2008. No. 4, pp. 9–11. (In Russian).
4. Granovskii A.V., Kiselev D.A. The modern ventilated front systems. *Problems and decisions. Krovlya. Fasady. Izolyatsiya*. 2007. No. 3, pp. 44–46. (In Russian).
5. Mashenkov A.N., Cheburkanova E. V. Problems of fire safety of the hinged ventilated facades. *AVOK*. 2007. № 8, pp. 32–41. (In Russian).
6. Gagarin V.G. About some heattechnical mistakes made at design of the ventilated facades. *AVOK*. 2005. No. 2, pp. 44–51. (In Russian).
7. Sapacheva L.V., Goreglyad S.Yu. Foam Glass for Eco-Friendly Construction in Russia. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2015. No. 1, pp. 30–31. (In Russian).
8. Pogrebinskii G.M., Iskorenko G.I., Kanev V.P. The granulated foamlglass as perspective heat-insulating material. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2003. No. 3. pp. 28–29. (In Russian).

УДК 697.11

Р.А. ШЕПС, инженер (romansheps@yandex.ru), Т.В. ЩУКИНА, канд. техн. наук
Воронежский Государственный архитектурно-строительный университет
(394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84)

Теплозащитные свойства ограждений с учетом прогнозируемых условий эксплуатации

Рассматривается влияние различных факторов на теплозащитные свойства строительных материалов. Предложено в соответствии с теорией тепловых и диффузионных процессов использовать линейное функциональное изменение основополагающих параметров. Получены зависимости для определения расчетных значений коэффициентов теплопроводности при прогнозируемом увлажнении в процессе эксплуатации наружных ограждений.

Ключевые слова: теплопроводность, ограждающие конструкции, старение материалов, влажность.

R.A. SHEPS, Engineer (romansheps@yandex.ru), T.V. SHCHUKINA, Candidate of Science (Engineering)
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Heat Protection Properties of Enclosing Structures with Due Regard for Operating Conditions

The influence of various factors on heat protection properties of building materials is considered. In accordance with the theory of heat and diffusion processes, it is proposed to use the linear functional change in the fundamental parameters. Dependences for determining calculation values of heat conduction coefficients at the forecasted moistening during the process of external enclosing structures operation have been obtained.

Keywords: heat conductivity, enclosing structures, material aging, humidity.

Достаточно продолжительный опыт строительства сооружений с многослойными наружными ограждениями показывает возрастающую потребность в расчетах тепло-влажностных режимов, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации и корректно определяющих требуемые показатели для проектирования систем обеспечения микроклимата. Проведенные обследования зданий, построенных после 2000 г. в Воронеже, подтвердили предположение, что при принятых безупречных проектных решениях теплотехнические свойства наружных ограждений под влиянием внешних и внутренних факторов не соответствуют действующим нормам. Этот вывод основывается на более достоверных результатах экспериментальных исследований, проведенных фирмой «Интеллект сервис» в климатической зоне ЦЧР.

В европейской и мировой практике прогнозирование температурно-влажностного режима ограждений выполняется на базе нескольких стандартов, регламентирующих как последовательность расчета, так и методику определения требуемых характеристик строительных материалов. Федеральный закон № 184 «О техническом регулировании» предусматривает развитие отечественной нормативной базы в соответствии с апробированными в течении длительного времени международными стандартами, что отражается на проводимой актуализации действующих правил.

По стандартам EN (ISO) [1, 2] расчетный коэффициент теплопроводности для строительных материалов вначале определяется посредством измерений в лабораторных или натуральных условиях. Затем расчетом учитывается влияние температуры, влажности и старения, которые в совокупности изменяют теплоизоляционные свойства ограждения в процессе длительной эксплуатации зданий.

Методика определения расчетных коэффициентов теплопроводности и термических сопротивлений конструктивных слоев, а также предлагаемая последовательность принятия решений [1, 2] предполагают использование следующих зависимостей:

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T F_m F_a; \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{R_1}{F_T F_m F_a}, \quad (2)$$

где λ_1 и λ_2 – коэффициенты теплопроводности, соответственно определенные в результате испытаний при стандартных условиях EN 10456 и с учетом заданных значений влажности и температуры для рассматриваемого материала, Вт/(м·°C);

R_1, R_2 – термические сопротивления слоя материала при стандартных условиях испытаний и прогнозировании тепло-влажностного режима эксплуатации, а также дальнейшего старения, м²·°C/Вт;

F_T, F_m, F_a – безразмерные поправочные коэффициенты, учитывающие влияние на теплозащитные свойства строительных материалов температуры, влажности и их последующего старения.

Безразмерные коэффициенты в соответствии с [1, 2] рекомендовано определять по экспоненциальным зависимостям:

$$F_m = e^{u(u_2 - u_1)}, \quad (3)$$

$$F_a = e^{\psi_1(\psi_2 - \psi_1)}, \quad (4)$$

$$F_T = e^{T_1(T_2 - T_1)}, \quad (5)$$

где u, ψ_1 – содержание влаги в материале при условиях экспериментального определения коэффициентов теплопроводности по массе, кг/кг, и по объему, м³/м³; например,

**Коэффициент теплопроводности в зависимости
от влажности теплоизоляционных материалов**

Относительная влажность материала, %	Теплопроводность, Вт/(м·°C), бетонов			
	Шлаковая вата, кг/м ³		Стекловолоконная вата, кг/м ³	
	400	200	200	150
0	0,076	0,047	0,047	0,041
2	0,084	0,051	0,052	0,047
5	0,094	0,058	0,060	0,055
10	0,11	0,07	0,074	0,067
15	0,12	0,081	0,087	0,08
20	0,14	0,093	0,101	0,093
25	0,154	0,105	0,114	0,105
30	0,167	0,116	0,128	0,116

в сухом состоянии $u_1 = 0$; $\psi_1 = 0$; u_2, ψ_2 – содержание влаги в материале при расчетных условиях эксплуатации соответственно по массе и по объему; T_1 и T_2 – начальная и конечная температуры в зависимости от условий эксплуатации; f_u, f_ψ, f_T – коэффициенты для конкретных видов материалов, приведенные в справочных данных EN 10456.

Изменение физических параметров достаточно часто описывается экспоненциальными зависимостями и поэтому предлагаемый подход имеет полное основание для применения на практике. Но классическая теория теплопроводности доказывает линейную пропорциональность температуры материала в виде следующего уравнения [3]:

$$\lambda_t = \lambda_{t_0} (1 + \beta_t t), \quad (6)$$

где λ_{t_0} – коэффициент теплопроводности сухого материала при температуре 0°C, Вт/(м·°C); t – температура, °C; β – коэффициент пропорциональности.

В работе [4] приводится значение обобщенного для строительных материалов коэффициента пропорциональности β . Рекомендуется β принимать равным 0,0025.

В России учитывать влияние влажности строительных материалов наиболее обоснованно было предложено А.У. Франчуком [5]. Проведенные экспериментальные исследования [5] выявили закономерные изменения значений коэффициентов теплопроводности строительных материалов при их постепенном увлажнении. Например, для тепловой изоляции с показателями, приведенными в таблице, наиболее адекватна аппроксимация коэффициентов теплопроводности линейной зависимостью. В работе [5] приводится обобщенная формула вида:

$$\lambda_\omega = \lambda_{\omega_0} + \Delta\lambda\omega, \quad (7)$$

где λ_{ω_0} – коэффициент теплопроводности материала при начальном сухом состоянии, Вт/(м·°C); $\Delta\lambda$ – градиент изменения теплопроводности при увлажнении строительного из-

делия в большинстве случаев принимается равным 0,0062; ω – относительная влажность материала, %.

Как показали результаты расчетов, предложенная в [5] зависимость (7) не дает достаточной точности, особенно для класса теплоизоляционных материалов. Поэтому, при использовании общепринятых подходов в решении задач по определению тепловлажностных режимов, целесообразно изменение теплопроводности выражать линейной пропорциональностью вида:

$$\lambda_\omega = \lambda_{\omega_0} (1 + \beta_\omega \cdot \omega), \quad (8)$$

где β_ω – коэффициент пропорциональности.

Обобщая экспериментальные данные [5] по категориям теплотехнических свойств, можно принять, что для строительных материалов, обладающих несущей способностью, β_ω как правило, равен 2, а для теплоизоляционных слоев β_ω равен 6.

Так, например, для стекловаты зависимость (8) имеет вид:

$$\text{при плотности } 200 \text{ кг/м}^3 \lambda_\omega = 0,047(1 + 5,74\omega); \quad (9)$$

$$\text{при плотности } 150 \text{ кг/м}^3 \lambda_\omega = 0,041(1 + 6,1\omega). \quad (10)$$

С учетом принятых за основу определения коэффициентов теплопроводности выражений (6, 8) его изменение в зависимости от срока эксплуатации можно записать в виде:

$$\lambda_\tau = \lambda_{\tau_0} (1 + \beta_\tau \cdot \tau), \quad (11)$$

где λ_{τ_0} – значение коэффициента теплопроводности в первый год эксплуатации, Вт/(м·°C); β_τ – коэффициент пропорциональности; τ – срок эксплуатации, год.

Тогда коэффициент теплопроводности строительных материалов при действительных условиях эксплуатации с прогнозируемыми изменениями температуры, влажности и по истечении длительного срока после окончания строительства можно определить по общей формуле:

$$\lambda = \lambda_0 (1 + \beta_t t) (1 + \beta_\omega \cdot \omega) (1 + \beta_\tau \cdot \tau), \quad (12)$$

где λ_0 – коэффициент теплопроводности сухого материала при температуре 0°C в первый год эксплуатации, Вт/(м·°C).

В некоторых случаях изменение структуры материалов, вызванное старением, незначительно влияет на теплопроводность, тогда в выражении (12) этим фактором можно пренебречь.

Учитывая рекомендуемые значения, можно заключить, что основное влияние на изменение коэффициента теплопроводности оказывает увлажнение материалов. Это обстоятельство в процессе эксплуатации может значительно увеличить теплотери наружных ограждений и отрицательно повлиять на санитарно-гигиенические условия в помещениях. Поэтому выполняемый первоначально теплотехнический расчет должен при проектировании включать прогнозирование возможных влажностных режимов строительных конструкций и оценку изменения теплотехнических свойств в процессе эксплуатации в соответствии с предложенными зависимостями.

Список литературы

1. EN (ISO) 10456. Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values. Geneva: ISO copyright office. 2007. 27 c.
2. EN (ISO) 13788 Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface

References

1. EN (ISO) 10456. Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values. Geneva: ISO copyright office. 2007. 27 p.
2. EN (ISO) 13788 Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface

- temperature to avoid critical humidity and interstitial condensation – Calculation methods. Geneva: ISO copyright office. 2012. 47 p.
- Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия. 1969. 440 с.
 - Костромин Н.И., Хмельюк К.Д. Теплотехнические испытания и характеристики стен жилых зданий. Киев: Издательство Академии архитектуры Украинской ССР. 1952. 67 с.
 - Перехоженцев А.Г. Теоретические основы и методы расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций зданий. Волгоград: ВолгГАСА. 2008. 212 с.
 - Франчук А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. М.: Госстрой СССР НИИ Строительной физики. 1969. 143 с.
 - Isachenko V.P., Osipova V.A., Sukomel A.S. Teploperedacha [Heat transfer]. Moscow: Energiya. 1969. 440 p.
 - Kostromin N.I., Khmelyuk K.D. Teplotekhnicheskie ispytaniya i kharakteristiki sten zhilykh zdaniy [Thermal testing and characteristics of the walls of residential buildings]. Kiev: Izdatel'stvo akademii arkhitektury Ukrainskoi SSR. 1952. 67 p.
 - Perekhozhentsev A.G. Teoreticheskie osnovy i metody rascheta temperaturno-vlazhnostnogo rezhima ograzhdayushchikh konstruksii zdaniy. Volgograd: VolgGASA. 2008. 212 p.
 - Franchuk A.U. Tablitsy teplotekhnicheskikh pokazatelei stroitel'nykh materialov [Tables of thermal performance of building materials]. Gosstroj SSSR NII Stroitel'noi fiziki. 1969. 143 p.

УДК 699.86

С.В. КОРНИЕНКО, канд. техн. наук (svkorn2009@yandex.ru)

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1)

Предложения по корректировке СП 50.13330.2012 в части защиты от переувлажнения ограждающих конструкций

В целях совершенствования российской нормативной базы и повышения качества проектирования разработаны предложения по корректировке раздела «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций» СП 50.13330.2012. Указанные предложения содержат принципиальные основы оценки влагозащитных свойств ограждающих конструкций по предельно допустимому состоянию увлажнения и гармонизированы с международным стандартом ISO 13788. В отличие от метода оценки влагозащитных свойств ограждающих конструкций, принятого в российских нормах, предлагаемый метод позволяет выполнить анализ динамики влагонакопления в конструкции в годовом цикле. По сравнению с международным стандартом ISO 13788 предложенный метод дает более точную оценку влажностного режима современных многослойных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, тепловая защита зданий, ограждающая конструкция; влагозащитные свойства; плоскость конденсации; влагонакопление; метод расчета.

S.V. KORNIYENKO, Candidate of Sciences (Engineering) (svkorn2009@yandex.ru)

Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (1, Akademicheskaya Street, 400074, Volgograd, Russian Federation)

Suggestions about Correction of SP 50.13330.2012 Concerning Protection of Enclosing Structures Against Overwetting

In order to improve the Russian normative base and quality of designing, suggestions about correction of the section «Protection of Enclosing Structures against Overwetting» of SP 50.13330.2012 have been developed. These suggestions contain the principal bases for estimating moisture-proofing properties of enclosing structures according to the maximum allowable state of wetting, which are harmonized with the international standard ISO 13788. Unlike the method for assessment of water-proofing properties of enclosing structures adopted in Russian standards, the proposed method makes it possible to analyze the dynamics of water accumulation in structures during the annual cycle. In comparison with the international standard ISO 13788, the suggested method more correctly estimates the humidity conditions of modern multi-layered enclosing structures with the enhanced level of heat protection.

Keywords: energy efficiency, energy saving, heat protection of buildings, enclosing structure, water-proofing properties, plane of condensation, water accumulation, calculation method.

Важным аспектом безопасности зданий и сооружений является защита от переувлажнения ограждающих конструкций [1, 2]. Влагозащита оказывает существенное влияние на микроклимат помещений, теплозащитные характеристики и долговечность ограждающих конструкций [3–7]. Современные требования по защите от переувлажнения

ограждающих конструкций содержатся в СНиП 23-02–2003 и СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». В этих нормативных документах оценка влажностного режима ограждающих конструкций производится по предельно допустимому состоянию увлажнения исходя из двух условий — недопустимости систематического накопления влаги за годовой пери-

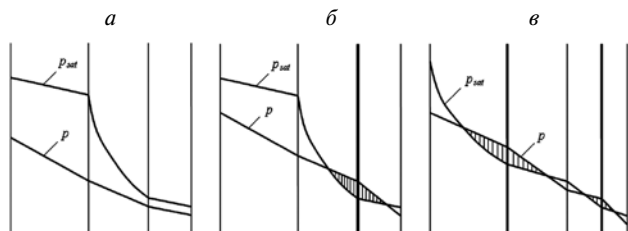


Рис. 1. Возможные варианты расположения плоскости конденсации влаги в ограждении

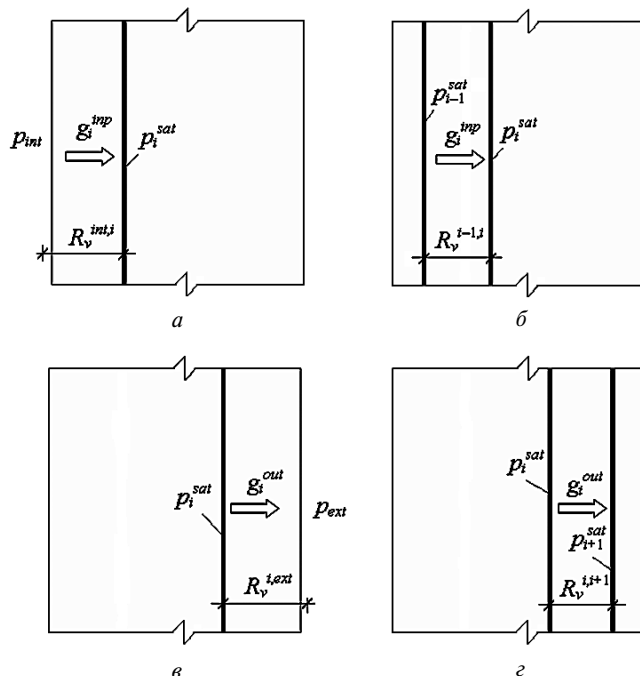


Рис. 2. Схема потоков влаги в плоскости конденсации для определения приращения влаги в конструкции за месяц

од эксплуатации и ограничения приращения влаги за период влагонакопления. При этом отсутствует возможность оценки влагонакопления в ограждающих конструкциях по месяцам, т. е. в годовом цикле. Оценка влагозащитных свойств конструкции производится на основе определения плоскости максимального увлажнения (плоскости возможной конденсации). Однако алгоритм определения указанной плоскости согласно действующим нормативным документам применим только к простым конструкциям. Для ограждений с мультizonальной конденсацией влаги, широко применяемых в строительной практике, этот алгоритм дает противоречивые результаты [8]. Актуальность разработки методов расчета влажностного режима ограждающих конструкций возрастает в связи с тем, что с 1 июля 2015 г. СНиП 23-02–2003 исключен из перечня нормативных документов для обязательного применения, а из СП 50.13330.2012 (п. 8) исключен метод расчета защиты от переувлажнения ограждающих конструкций. Для обязательного применения остаются в силе только нормативные требования по влагозащите ограждений.

В статье сформулированы предложения по корректировке раздела «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций» СП 50.13330.2012, которые применимы для многослойных ограждающих конструкций с одномерным влагопереносом по механизму диффузии водяного пара при стационарных граничных условиях. Предлагается метод оценки влагонакопления в ограждающих конструкциях в годовом цикле на основе определения плоскостей кон-

денсации влаги в ограждении в наиболее холодный месяц года с последующим анализом динамики влагонакопления в плоскостях конденсации по месяцам в течение года.

Определение плоскости конденсации влаги в ограждении

Определение плоскости конденсации влаги в ограждении производится с целью выявления опасного с точки зрения влажностного режима сечения конструкции.

Условие конденсации влаги в ограждающей конструкции имеет следующий вид:

$$p > p_{sat}, \quad (1)$$

где p — парциальное давление водяного пара в конструкции; p_{sat} — давление насыщенного водяного пара.

Условие (1) определяет зону конденсации влаги в ограждении. Если ограждающая конструкция имеет более одной зоны конденсации, то она называется конструкцией с мультizonальной конденсацией влаги.

Плоскость конденсации влаги — сечение ограждающей конструкции в зоне конденсации, в котором отклонение p от p_{sat} достигает максимального значения.

Зоны конденсации влаги в ограждении определяются на основе профилей парциального давления водяного пара и давления насыщенного водяного пара согласно [8].

Для каждой зоны конденсации влаги определяется функция

$$\Phi_i(x) = p_i(x) - p_i^{sat}(x). \quad (2)$$

Расчет плоскости конденсации в i -й зоне конденсации производится численным методом на основе табулирования функции $\Phi_i(x)$. Для этого i -я зона конденсации разбивается на N_i равных отрезков. Число N_i зависит от заданной точности вычислений. Вычисляются значения функции $\Phi_i(x)$ в указанных точках разбиения. Определяется плоскость конденсации влаги в i -й зоне конденсации как сечение, в котором функция $\Phi_i(x)$ принимает максимальное значение.

Указанная процедура повторяется для каждой зоны конденсации влаги в конструкции.

При расчете ограждающей конструкции на конденсацию влаги возможны следующие варианты: в конструкции нет плоскости конденсации (рис. 1, а); в конструкции имеется одна плоскость конденсации (рис. 1, б); в конструкции более одной плоскости конденсации (рис. 1, в).

В отличие от других способов определения плоскости конденсации влаги в ограждении указанный метод нагляден и доступен для широкого круга проектировщиков. Приведенный алгоритм расчета может быть использован для оценки влагонакопления в ограждающей конструкции в годовом цикле.

Расчет влагонакопления в ограждающей конструкции в годовом цикле

Расчет влагонакопления в ограждающей конструкции в годовом цикле производится с целью оценки годового баланса влаги в следующей последовательности.

1. Определяются плоскости конденсации влаги в ограждающей конструкции в наиболее холодный месяц года согласно приведенному выше алгоритму расчета.

2. Производится оценка влажностного режима ограждающей конструкции по месяцам в годовом цикле в плоскостях конденсации влаги, определенных в п. 1.

Если в ограждении плоскости конденсации влаги отсутствуют, то влагонакопления в течение года не происходит. В противном случае для каждого месяца года на основании баланса влаги находится количество влаги, накапливаемой в каждой плоскости конденсации.

За начало расчета может быть принят любой месяц года. Пронумеруем плоскости конденсации в направлении от внутреннего воздуха к наружному; i – номер плоскости конденсации. По температуре в плоскости конденсации, определенной на основании t_{int} и t_{ext} для данного месяца, определяется давление насыщенного водяного пара в этой плоскости [8].

Плотность потока влаги g_i^{inp} , входящего в плоскость конденсации, определяется следующим образом.

2.1. Если нет плоскости конденсации, предшествующей данной, т. е. рассматриваемая плоскость является первой (рис. 2, а), то:

$$g_i^{inp} = \frac{P_{int} - P_i^{sat}}{R_v^{int,i}}, \quad (3)$$

где p_{int} – среднемесячное парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха; p_i^{sat} – давление насыщенного водяного пара в i -й плоскости конденсации; $R_v^{int,i}$ – сопротивление паропрооницанию в границах от внутреннего воздуха до i -й плоскости конденсации.

Сопротивление паропрооницанию $R_v^{int,i}$ определяется по формуле:

$$R_v^{int,i} = R_v^{si} + \sum_j \frac{\delta_j}{\mu_j}, \quad (4)$$

где R_v^{si} – сопротивление влагообмену у внутренней поверхности ограждения [8]; δ_j , μ_j – соответственно толщина и паропрооницаемость слоев, лежащих в границах от внутренней поверхности до i -й плоскости конденсации.

2.2. При наличии плоскости конденсации, предшествующей данной (рис. 2, б):

$$g_i^{inp} = \frac{P_{i-1}^{sat} - P_i^{sat}}{R_v^{i-1,i}}, \quad (5)$$

где p_{i-1}^{sat} – давление насыщенного водяного пара в $(i-1)$ -й плоскости конденсации; $R_v^{i-1,i}$ – сопротивление паропрооницанию в границах от $(i-1)$ -й до i -й плоскости конденсации, определяемое по формуле:

$$R_v^{i-1,i} = \sum_j \frac{\delta_j}{\mu_j}, \quad (6)$$

где δ_j , μ_j – соответственно толщина и паропрооницаемость слоев, лежащих в границах от $(i-1)$ -й до i -й плоскости конденсации.

Плотность потока влаги g_i^{out} , выходящего из плоскости конденсации, определяется следующим образом.

2.3. Если нет плоскости конденсации, следующей за данной, т. е. рассматриваемая плоскость является последней (рис. 2, в), то:

$$g_i^{out} = \frac{P_i^{sat} - P_{ext}}{R_v^{i,ext}}, \quad (7)$$

где p_{ext} – среднемесячное парциальное давление водяного пара наружного воздуха; $R_v^{i,ext}$ – сопротивление паропрооницанию в границах от i -й плоскости конденсации до наружного воздуха, определяемое по формуле:

$$R_v^{i,ext} = \sum_j \frac{\delta_j}{\mu_j} + R_v^{se}, \quad (8)$$

где δ_j , μ_j – соответственно толщина и паропрооницаемость слоев, лежащих в границах от i -й плоскости конденсации до наружного воздуха; R_v^{se} – сопротивление влагообмену у наружной поверхности ограждения [8].

2.4. При наличии плоскости конденсации, следующей за данной (рис. 2, г):

$$g_i^{out} = \frac{P_i^{sat} - P_{i+1}^{sat}}{R_v^{i,i+1}}, \quad (9)$$

где p_{i+1}^{sat} – давление насыщенного водяного пара в $(i+1)$ -й плоскости конденсации; $R_v^{i,i+1}$ – сопротивление паропрооницанию в границах от i -й до $(i+1)$ -й плоскости конденсации.

3. Приращение влаги Δg_i , кг/м², в i -й плоскости конденсации в текущем месяце определяется по разности плотности потока влаги, входящего в эту плоскость и выходящего из нее:

$$\Delta g_i = 24 \cdot 10^{-6} (g_i^{inp} - g_i^{out}) z_m, \quad (10)$$

где z_m – число суток в данном месяце.

При $\Delta g_i > 0$ в i -й плоскости конденсации происходит накопление влаги, при $\Delta g_i < 0$ – сушка.

4. Определяется количество влаги G_i , кг/м², накопленной в ограждении с начала расчета для каждой плоскости конденсации. На начало расчета количество влаги, накопленной в i -й плоскости конденсации, принимается равным нулю. Количество влаги, накопленной в i -й плоскости конденсации за период с начала расчета до текущего месяца включительно, определяется по формуле:

$$G_i = G_i^* + \Delta g_i, \quad (11)$$

где G_i^* – количество влаги, накопленной в i -й плоскости конденсации за предыдущие месяцы с начала расчета.

Если значение G_i , определенное по формуле (11), для какого-либо месяца года окажется меньше нуля, то для этого месяца принимается $G_i = 0$.

Разработанные алгоритмы расчета (1)–(2) и (3)–(11) удобны для реализации в компьютерных программах.

Оценка результатов расчета

По результатам расчета влажностного режима ограждающих конструкций в годовом цикле выполняется оценка соответствия влагозащитных характеристик ограждения нормативным требованиям п. 8 «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций» СП 50.13330.2012 исходя из двух условий:

- недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации;
- ограничения влаги в ограждающей конструкции за период влагонакопления.

При оценке результатов расчета возможны варианты, представленные ниже.

1. Плоскости конденсации отсутствуют в наиболее холодный месяц года. В этом случае делается вывод, что конденсации влаги в ограждающей конструкции не происходит. Конструкция отвечает нормативным требованиям по защите от переувлажнения.

2. Конденсация влаги происходит в одной или нескольких плоскостях конденсации, но влагонакопление в каждой плоскости конденсации к концу расчета в годовом цикле отсутствует. Это означает, что систематического влагонакопления в ограждающей конструкции за годовой период не происходит, конструкция отвечает условию *A*.

Если максимальное количество влаги в каждой плоскости конденсации не превышает 200 г/м^2 (требование международного стандарта ISO 13788), то переувлажнения ограждающей конструкции в период влагонакопления не происходит, конструкция отвечает условию *B*. В этом случае ограждающая конструкция отвечает нормативным требованиям по защите от переувлажнения.

Если максимальное количество влаги в какой-либо плоскости конденсации превышает 200 г/м^2 , то конструкция не отвечает условию *B*. В этом случае существует риск ухудшения теплозащитных свойств и деградации строительных материалов, примыкающих к плоскости конденсации, связанный с просачиванием воды. Ограждающая конструкция не отвечает нормативным требованиям по защите от переувлажнения.

3. К концу расчета в годовом цикле имеет место влагонакопление в какой-либо плоскости конденсации. В этом случае в ограждающей конструкции происходит системати-

ческое влагонакопление за годовой период. Конструкция не отвечает условию *A* нормативных требований по защите от переувлажнения.

Заключение

По результатам проведенных исследований сформулированы следующие выводы.

1. В целях совершенствования российской нормативной базы и повышения качества проектирования разработаны предложения по корректировке раздела «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций» СП 50.13330.2012. Указанные предложения содержат принципиальные основы оценки влагозащитных свойств ограждающих конструкций по предельно допустимому состоянию увлажнения и гармонизированы с международным стандартом ISO 13788.

2. В отличие от метода оценки влагозащитных свойств ограждающих конструкций, принятого в российских нормах, предлагаемый метод позволяет выполнить анализ динамики влагонакопления в конструкции в годовом цикле. По сравнению с международным стандартом ISO 13788 этот метод дает более точную оценку влажностного режима современных многослойных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты.

Список литературы

1. Фокин К.Ф. Расчет влажностного режима наружных ограждений. М.–Л.: ЦНИПС, 1935. 23 с.
2. Куприянов В.Н., Сафин И.Ш. Паропроницаемость и проектирование ограждающих конструкций // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 385–390.
3. Орлович Р.Б., Горшков А.С., Зимин С.С. Применение камней с высокой пустотностью в облицовочном слое многослойных стен // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 8. С. 14–23.
4. Korniyenko S. Thermal Comfort and Energy Performance Assessment for Residential Building in Temperate Continental Climate (2015) *Applied Mechanics and Materials*, 725–726, pp. 1375–1380.
5. Корниенко С.В. Тестирование метода расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций на результатах натурных измерений параметров микроклимата помещений // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 2 (28). С. 18–23.
6. Litavcova E., Korjenic A., Korjenic S., Pavlus M., Sarhadov I., Seman J., Bednar T. Diffusion of moisture into building materials: A model for moisture transport (2014) *Energy and Buildings*, 68, pp. 558–561.
7. Liu X., Chen Y., Ge H., Fazio P., Chen G. Numerical investigation for thermal performance of exterior walls of residential buildings with moisture transfer in hot summer and cold winter zone of China (2015) *Energy and Buildings*, 93, pp. 259–268.
8. Корниенко С. В. О применимости методики СП 50.13330.2012 к расчету влажностного режима ограждающих конструкций с мультizonальной конденсацией влаги // *Строительство и реконструкция*. 2014. № 5 (55). С. 29–37.

References

1. Fokin K.F. Raschet vlazhnostnogo rezhima naruzhnykh ograzhdenii [Calculation of moisture conditions of building components]. Moscow–Leningrad: TsNIPS. 1935. 23 p.
2. Kupriyanov V.N., Safin I.Sh. Vapor permeability and building components design. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3, pp. 385–390. (In Russian).
3. Orlovich R.B., Gorshkov A.S., Zimin S.S. Application of stones with high hollowness in a facing layer of multilayered walls. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2013. No. 8, pp. 14–23. (In Russian).
4. Korniyenko S. Thermal Comfort and Energy Performance Assessment for Residential Building in Temperate Continental Climate (2015) *Applied Mechanics and Materials*, 725–726, pp. 1375–1380.
5. Kornienko S.V. Testing of the calculation method of heat and moisture conditions of building components on results of field study of indoor parameters. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2012. No. 2 (28), pp. 18–23. (In Russian).
6. Litavcova E., Korjenic A., Korjenic S., Pavlus M., Sarhadov I., Seman J., Bednar T. Diffusion of moisture into building materials: A model for moisture transport (2014) *Energy and Buildings*, 68, pp. 558–561.
7. Liu X., Chen Y., Ge H., Fazio P., Chen G. Numerical investigation for thermal performance of exterior walls of residential buildings with moisture transfer in hot summer and cold winter zone of China (2015) *Energy and Buildings*, 93, pp. 259–268.
8. Kornienko S.V. About applicability of SP 50.13330.2012 (Russian Standard) to calculation of moisture conditions of the building components with multizone moisture condensation. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2014. No. 5 (55), pp. 29–37. (In Russian).

УДК 69:551.581.1

Н.Г. ВОЛКОВА, канд. техн. наук

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

Динамика знакопеременной температуры наружного воздуха в весенний период года

Проведены работы по расчету различных климатических параметров для Москвы за период наблюдений 1980–2011 гг. Впервые сформирован типовой климатический год с использованием почасовых показателей метеостанций. При проектировании и строительстве зданий и сооружений с их последующей эксплуатацией необходимо учитывать периоды знакопеременной температуры года. Исследования почасовых значений температуры наружного воздуха показали, что устойчивый переход через 0°C для Москвы приходится на период весеннего равноденствия, который следует учитывать при технической оценке соответствия ограждающих конструкций требуемым характеристикам.

Ключевые слова: климатические перемены, весенний период, знакопеременная температура наружного воздуха, энергоэффективность.

N.G. VOLKOVA, Candidate of Sciences (Engineering)
Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Dynamics of Sign-Variable Outside Temperatures of the Spring Period of Year

Had been spent works by calculation of various climatic parameters for Moscow during supervision with 1980 for 2011. For the first time typical climatic year with use of hourly indicators of meteorological stations has been generated. At designing and building of buildings and constructions with their subsequent operation it is necessary to consider the periods of sign-variable temperatures of year. Researches of hourly values of an outside temperature have shown, that steady transition through 0°C for of Moscow is necessary for a spring equinox which should be considered at a technical estimation of conformity of the non-load-bearing designs to demanded characteristics.

Keywords: climatic parameters, energy efficiency, spring period, sign-variable temperatures

Климатические перемены последнего времени приводят к изменению нормативных значений метеорологических параметров, лежащих в основе расчетов строительных конструкций. Научные исследования по строительной климатологии сопровождаются интенсивным ростом объема и сложности информации [1]. Это в первую очередь данные инструментальных наблюдений. В НИИ строительной физики РААСН выполнен аналитический обзор и обобщены результаты отечественных и зарубежных исследований по нормированию климатических параметров в строительстве. Метеорологические нормативы рассмотрены применительно к широкому кругу частных строительных задач, включающих вопросы обеспечения микроклимата зданий, энергосбережения и долговечности.

В последние десятилетия произошли значительные изменения климата. На федеральном уровне разрабатываются климатические нормы с новыми параметрами, частично эта работа реализована в документе «Строительная климатология» СП 131.13330.2012 [2]. Также продолжается работа над формированием климатических показателей в строительстве, разработан комплексный подход к подаче климатической информации и совершенствованию современных нормативов, используемых при разработке национальных и международных стандартов, которые подготовлены в соответствии с Программой разработки национальных стандартов Российской Федерации на 2012 г. К ним относится национальный стандарт ГОСТ Р «Климатология строительная. Номенклатура показателей наружной

среды». Документ включает характерные для оценки долговечности зданий активные интервалы года [3].

Задачей разработчиков при подготовке норм для Москвы явилось предоставление специалистам при проектировании зданий и сооружений детальных и достоверных климатических данных с учетом климатических перемен последних 30 лет. Новые строительные нормы разрабатывались в первую очередь для решения задач, связанных с энергосбережением при эксплуатации зданий [4]. В действующих федеральных нормах приведены результаты расчета климатических параметров с использованием суточных данных метеостанций. Для Москвы впервые сформирован типовой климатический год с использованием почасовых показателей метеостанций. Новые строительные нормы разработаны специалистами НИИ строительной физики РААСН при

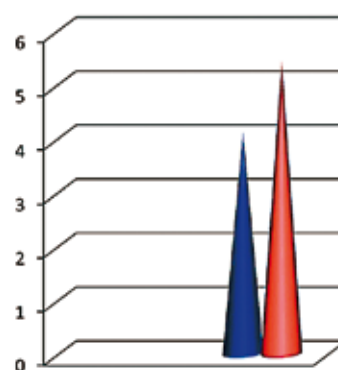


Рис. 1. Годовая температура воздуха, °С:
■ — Москва 1925–1980 гг.;
■ — 1966–2010 гг.

Переход температуры наружного воздуха через 0°C в Москве, март типового года

День	Температура воздуха, °С, в различное время, ч																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
9														-0	-0	-0				
10													-0	-0	-0	-0	-0			
11															-0	-0				
12															-0	-0	-0			
13																		+0	-0	
14																	+0	+0	-0	
15																		+0	+0	-0
16																		0	-0	
17										-0	+0									
18										-0	+0									
19											0									
20										-0	+0									
21										-0	+0									
22										-0	+0									
23										-0	+0									
24										0										
25									0											
26							-0	-0												
27								-0	+0											
28							-0	+0												
29							-0	+0												
30					-0	+0														
31			+0	+0																

участии главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ФГБУ ГГО) Росгидромета ФБУ в развитие и дополнение действующих документов на территории старой Москвы и распространяются на проектирование и реконструкцию зданий и сооружений в Новой Москве.

О характере климатических перемен на территории Москвы можно судить по изменению годовой температуры воздуха (рис. 1).

Формирование типового климатического года осуществлено по часовым значениям метеостанций. Климатические параметры типового года представляют массив, который включает последовательности из 8760 почасовых значений: а) температуры сухого термометра; б) давления водяного пара; в) солнечной радиации; г) скорости ветра. Согласно ISO 15927-4 типовой климатический год должен содержать почасовые значения для ряда метеорологических параметров, включающих температуру воздуха по сухому термометру.

При рассмотрении вопросов климатического обеспечения зданий особое внимание уделяется переходному периоду как наиболее неблагоприятному с точки зрения комплексного подхода к решению основных задач строительной отрасли: обеспечения теплового комфорта в помещениях, энергосбережения и долговечности ограждающих конструкций зданий.

Обеспечение долговременной сохранности объектов строительства или их долговечности, в свою очередь, определяется характером климатических воздействий.

Следует отметить суровость погодных условий на территории РФ с наличием продолжительных холодных периодов и частых знакопеременных температур. Для оценки долговечности ограждающих конструкций используют значения температуры перехода воздуха через 0°C. Использование нормативных почасовых значений позволяет по-новому взглянуть на распределение наружной температуры воздуха в весенний период года.

Однако исследования в области долговечности строительных материалов, изделий и конструкций не позволяют надежно прогнозировать срок службы наружных ограждающих конструкций зданий [5]. Это во многом объясняется качеством технологического производства строительных материалов и изделий, условиями эксплуатации и микроклиматом района застройки. На практике приходится сталкиваться с тем, что один и тот же материал в различных эксплуатационных условиях разрушается где-то в короткий срок, а где-то показывает высокие тепло-технические характеристики.

Отчетственные работы в области долговечности ограждающих конструкций зданий отличаются комплексным подходом к решению проблемы. Изучая стойкость строительных материалов к периодическому воздействию отрицательной температуры, необходимо оценивать также фазовые переходы влаги в порах материалов [6].

К оценке динамики перехода температуры наружного воздуха через 0°C был принят месяц март типового года Москвы (см. табл.).

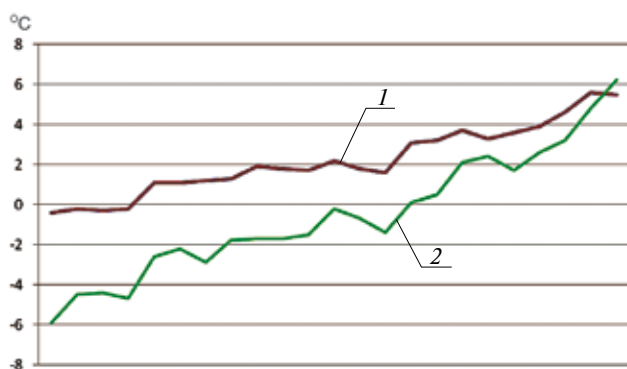


Рис. 2. Экстремальные значения температуры наружного воздуха для марта типового года в Москве: 1 – максимальная; 2 – минимальная

Специалисты сталкиваются с повышенной реакцией датчиков на колебания температуры наружного воздуха при замере. При проведении натурных исследований не реально отследить все колебания наружной температуры, да в этом и нет необходимости. Поэтому при обработке результатов почасовых значений температуры допустимо к рассмотрению принимать значения условного 0°C с положительным или отрицательным знаком. При абсолютной величине почасового значения температуры $<0,5^{\circ}\text{C}$ его принимали равным 0°C . В случае положительной исходной величины ее рассматривали как $+0^{\circ}\text{C}$, при отрицательной – -0°C . Величина 0,5 входит в область погрешностей замеров температуры воздуха. Такой подход допустим с учетом большого числа обработанной исходной информации.

В таблице видна область перехода, включающая отрицательные значения -0°C и положительные $+0^{\circ}\text{C}$. В ряде

случаев температура наружного воздуха представлена абсолютным 0°C .

Из таблицы видно, что в марте наблюдается переход от отрицательной температуры к положительной. Так, для Москвы: 16 марта в 17 ч; 19 марта в 10 ч; 24 марта в 8 ч; 25 марта в 7 ч.

Исследования почасовых значений температуры наружного воздуха в марте типового года показали, что устойчивый переход через 0°C для Москвы приходится на период весеннего равноденствия, когда стремительно осуществляется прогрев воздушных масс в дневное время суток. Это позволяет рекомендовать эти дни для проведения исследований по оценке долговечности ограждающих конструкций. Период проведения исследований может составлять порядка 10 дней в зависимости от задач проводимых исследований. Характер изменения экстремальных значений температуры наружного воздуха марта для типового года в Москве показан на рис. 2.

Разработчиками нормативных документов по строительной климатологии были проведены работы по расчету различных климатических параметров для Москвы за период наблюдений с 1980 по 2011 г. Впервые с использованием почасовых показателей метеостанций сформирован типовой климатический год. Это позволило точнее производить учет температурных воздействий и расширить возможность использования почасовых значений в климатологической и строительной практике.

В работе дан анализ динамики температуры наружного воздуха марта месяца – активного зимне-весеннего интервала на примере типового года для Москвы. Исследования почасовых значений температуры показали, что устойчивый переход через 0°C приходится на период весеннего равноденствия при стремительном прогреве воздушных масс, главным образом в утренние и дневные часы.

Список литературы

1. Волкова Н.Г. Учет климатических перемен при разработке строительных норм. *Актуальные вопросы строительной физики: энергосбережение, надежность строительных конструкций и экологическая безопасность: материалы конференции*. 2013. Москва (Электронная версия). С. 11.
2. Умнякова Н.П. Новый СП 131.13330.2012. СНиП 23-01-99* Строительная климатология. Актуализированная редакция // *АВОК*. 2013. № 7. С. 72–76.
3. Волкова Н.Г. Развитие нормирования строительной климатологии // *БСТ*. 2012. № 8. С. 37–38.
4. Савин В.К. Строительная физика. Энергоэкономика. М.: Лазурь, 2011. 415 с.
5. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. М.: НИИСФ РААСН, 2004. 333 с.
6. Богословский В.Н. Основы теории потенциала влажности применительно к наружным ограждениям оболочки зданий. М.: МГСУ, 2013. 112 с.

References

1. Volkova N.G. Accounting for climate change in the development of building codes. *Topical issues of building physics: energy efficiency, reliability of structures and environmental security: conference materials*. Moscow. 2013, p. 11. (In Russian).
2. Umniakova N.P. The new SP 131.13330.2012. SNIP 23-01-99* Building Climatology. The updated edition. *AVOK*. 2013. No. 7, pp. 72–76. (In Russian).
3. Volkova N.G. Development valuation Building Climatology. *BST*. 2012. No. 8, pp. 37–38. (In Russian).
4. Savin V.K. *Stroitel'nyy fizika. Energoekonomika* [Building physics. Energy Economics]. Moscow: Lazyr'. 2011. 415 p.
5. Aleksandrovskiy S.V. *Dolgovechnost' naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksii* [Durability external walling]. Moscow: NIISF RASN. 2004. 333 p.
6. Bogoslovskiy V.N. *Osnovy teorii potentsiala vlazhnosti primenitel'no k naruzhnykh ograzhdeniyam obolochki zdaniy* [Fundamentals of the theory in relation to the capacity of the humidity outside fences shell buildings]. Moscow: MGSU. 2013. 415 p.

УДК 693.9:699.841

К.С. АНДРЕЙЦЕВА, инженер, В.Н. ЯРМАКОВСКИЙ, канд. техн. наук,
почетный член РААСН (yarmakovsky@yandex.ru), Д.З. КАДИЕВ, инженер

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

Влияние связей — соединителей бетонных слоев в трехслойных стеновых панелях на теплотехническую однородность конструкции панели

В статье рассматриваются результаты математического моделирования теплопередачи через трехслойную стеновую панель при наличии гибких связей из низкотеплопроводного базальтопластика в сравнении с панелью аналогичного типа и назначения при традиционно применяемых жестких связях из армированного бетона. Анализ проведенных расчетов трехмерных температурных полей показал эффективность использования нового конструктивного решения панели — с гибкими базальтопластиковыми связями, разработанного НИИСФ с участием ЗАО «Томский ДСК» и ЗАО «Иркутский ДСК». Применение усовершенствованных конструктивных решений трехслойных панелей с гибкими композитными связями позволяет повысить температуру на внутренней поверхности стены, повысить теплотехническую однородность и снизить удельные потери теплоты панелей в среднем на 30% по сравнению с традиционными панелями при жестких железобетонных связях.

Ключевые слова: трехслойная панель, гибкая связь, жесткая связь, трехмерная модель, температура, теплопотери, сопротивление теплопередаче, теплотехническая однородность, энергоэффективность.

K.S. ANDREYTSEVA, Engineer, V.N. YARMAKOVSKY, Candidate of Sciences (Engineering),
Honorary Member of RAACS, (yarmakovsky@yandex.ru), D.Z. KADIEV, Engineer
Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Influence of Brace-Connectors of Concrete Layers in Three-Layer Wall Panels on Thermotechnical Homogeneity of a Panel Structure

The article considers results of the mathematical modelling of heat transfer through the three-layer wall panel at availability of flexible braces made of low heat-conducting basalt-plastic in comparison with the panel of the same type and purpose with traditionally used rigid bracings made of reinforced concrete. The analysis of conducted calculations of three-dimensional temperature fields shows the efficiency of using a new structural concept of the panel with flexible basalt-plastic braces, developed by NISF with participation of ZAO «Tomskaiy DSK» and ZAO «Irkutskiy DSK». The use of improved structural concepts of three-layer panels with flexible composite braces makes it possible to raise the temperature on inner surface of wall, improve the thermotechnical homogeneity and reduce specific heat losses of panels by 30% on average in comparison with traditional panel with rigid reinforced concrete bracings.

Keywords: three-layer panel, flexible bracing, rigid bracing, three-dimensional model, temperature, heat losses, resistance to heat transfer, thermotechnical homogeneity, energy efficiency.

Повышение нормативных требований к тепловой защите наружных стен зданий привело к тому, что в строительной практике вместо традиционных однослойных наружных стеновых панелей из легких бетонов стали широко применяться трехслойные стеновые панели с так называемым эффективным утеплителем. Однако, традиционные трехслойные стеновые панели имеют существенный недостаток, а именно наличие в основном жестких железобетонных связей (перемычек) или гибких металлических связей, соединяющих наружный и внутренний бетонные слои панели и проходящих через толщу теплоизоляции из плитного утеплителя.

Последние являются, по существу, так называемыми «мостиками холода» и поэтому способствуют снижению теплотехнической однородности панели и ее приведенного сопротивления теплопередаче. Кроме того, результатами исследований, проведенных НИИСФ с участием Томского ДСК [1, 2], а затем и с Иркутским ДСК [3] установлено, что наличие жестких железобетонных связей (шпонок) в трехслойных панелях приводит к нежелательному напряженно-деформированному состоянию панелей. А именно, в узлах сопряжения жестких железобетонных связей с внутренними и наружными бетон-

ными слоями в таких панелях, представляющих собой, по существу, рамную статически неопределимую систему, возникают значительные по величине главные растягивающие напряжения. Последние приводят к образованию и развитию трещин, особенно в наружном бетонном слое панели.

При замене же жестких связей (шпонок) гибкими композитными связями, статически-неопределимые системы трансформируются в статически определимые. При этом главные растягивающие напряжения в узлах сопряжения связей с бетонными слоями снижаются практически на порядок. А следовательно, повышается сопротивление развитию трещин в бетонных слоях панели. Первые работы [4–6] в направлении совершенствования конструктивных решений наружных трехслойных стеновых панелей при замене традиционных на тот период железобетонных ребер или шпонок были выполнены в 1999–2000 гг. коллективом следующих научно-исследовательских и проектных организаций: НИИСФ, НИИЖБ, МНИИТЭП, ЗАО «МАТЕК» при НПО «Стеклопластик», НИИграфит по контракту с «МОСКОМАРХИТЕКТУРОЙ» (научный руководитель работ — В.Н. Ярмаковский).

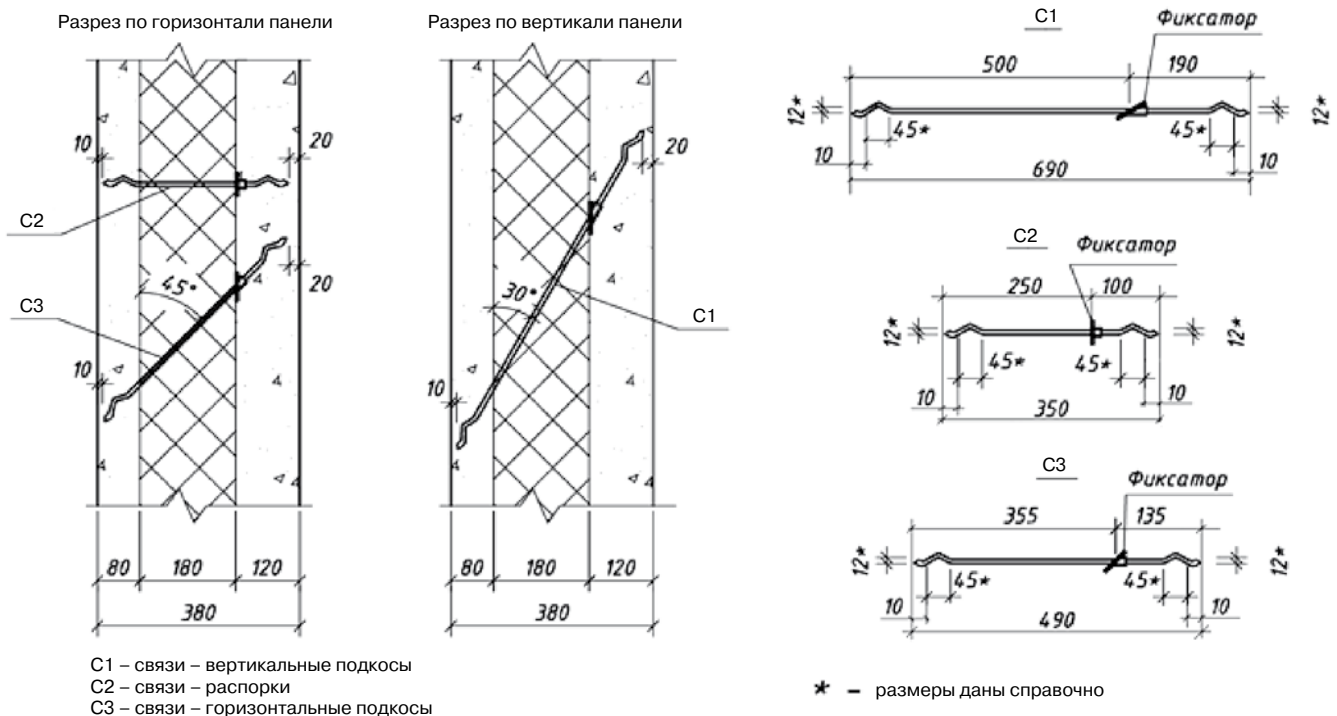


Рис. 1. Вертикальный и горизонтальный разрезы стеновой панели с гибкими композитными связями различных линейных типов размером диаметром 7 мм

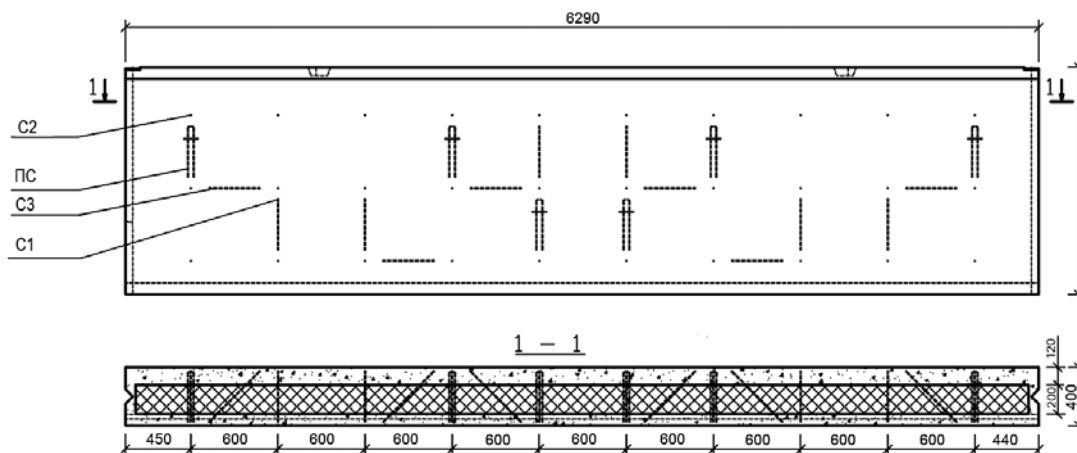


Рис. 2. Принципиальное техническое решение наружной торцевой трехслойной стеновой панели с гибкими композитными и подстраховочными металлическими связями (C1 – связь вертикальный подкос; C2 – связь распорка; C3 – связь горизонтальный подкос; ПС – подстраховочная металлическая связь)

В этих работах впервые была решена задача повышения сопротивления теплопередаче стеновой панели за счет замены вышеназванных железобетонных связей на гибкие композитные связи. В итоге был разработан альбом технических решений таких панелей для внедрения на московском предприятии ЗАО «Бекерон».

Однако остались неисследованными вопросы распределения температур и полей тепловых потоков усовершенствованных стеновых трехслойных панелей с гибкими композитными связями, влияние их на теплотехническую однородность таких панелей в сравнении с панелями – аналогами, но с жесткими железобетонными связями.

В традиционных, наиболее широко распространенных, стеновых панелях материалы связей – металлическая арматура или армированный бетон. Они имеют коэффициент те-

плопроводности во много раз выше, чем материал теплоизоляции панелей. Поэтому такие связи являются мощными «мостиками холода», через которые происходят дополнительные тепловые потери, вызывающие понижение температуры на внутренней поверхности панели и приводящие к увеличению теплотехнической неоднородности ее конструкции.

Результаты исследований

Для исследований была выбрана разработанная НИИСФ с участием Иркутского ДСК принципиально новая конструкция панели с гибкими связями из низко теплопроводного ($\lambda_c=0,35 \text{ Вт/(м}\cdot\text{C)}$) базальтопластика. Панель состоит из внутреннего и наружного слоев, выполненных из тяжелого армированного бетона класса В20 толщиной соответственно 120 и 80 мм (в перспективе тяжелый бетон заменят более эф-

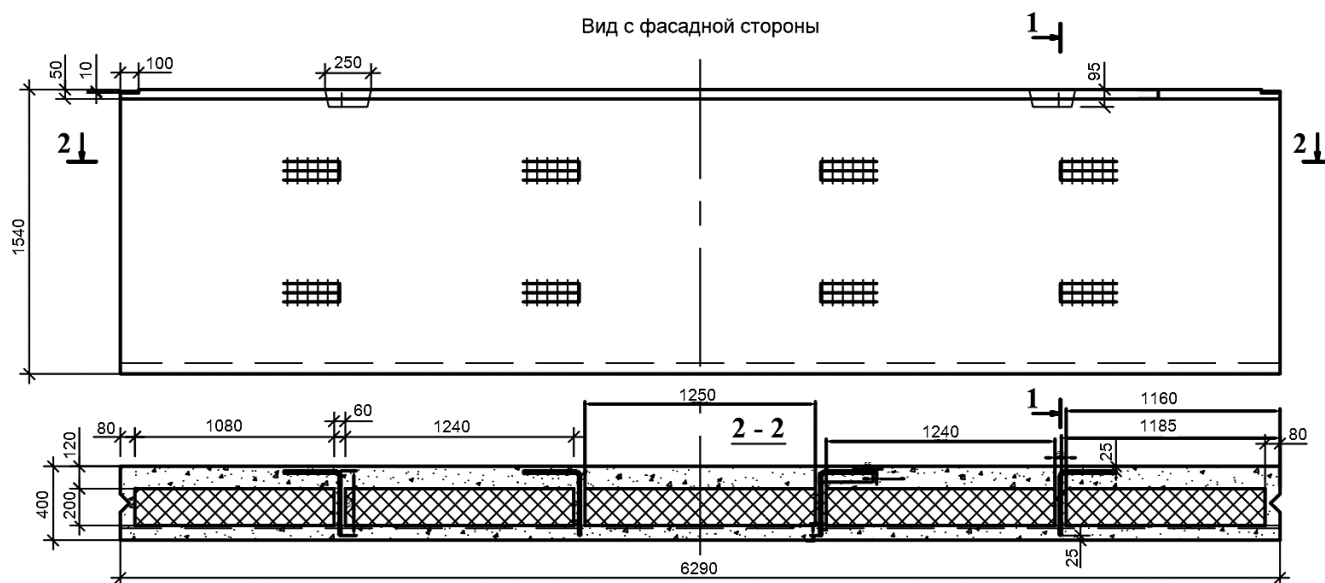


Рис. 3. Техническое решение наружной стеновой панели с железобетонными шпонками

Расчетные параметры

Таблица 1

Теплая сторона панели		Холодная сторона панели	
Параметр	Значение	Параметр	Значение
Температура	+20°C	Температура	-28°C
Коэффициент теплоотдачи по внутренней поверхности	8,7 Вт/(м ² ·°C)	Коэффициент теплоотдачи по внутренней поверхности	23 Вт/(м ² ·°C)

Характеристики материалов конструкции панели

Таблица 2

Наименование элемента и материала	λ , Вт/(м ² ·°C)	Наименование материала	λ , Вт/(м ² ·°C)
Внутренний и наружный бетонные слои	1,6	Нержавеющая сталь	17
Утеплитель «Пеноплекс»	0,033	Арматурная сталь	46

Сравнение теплотехнических показателей трехслойной панели с жесткими железобетонными связями (шпонками) и с гибкими базальтопластиковыми связями

Таблица 3

Показатель	Трехслойная панель с жесткими связями из армированного бетона ($\lambda_{сг}=1,6$ Вт/(м·°C); $\lambda_{ср-ры}=48$ Вт/(м·°C))	Трехслойная панель с гибкими композитными связями из низкотеплопроводного ($\lambda_{сг}=0,35$ Вт/(м·°C)) базальтопластика
Перепад температуры на внутренней поверхности панели по ее глади и зоной связей, °C	3,72	0,01
Приведенное сопротивление теплопередаче панели с учетом связей, Вт/(м·°C)	4,47	6,3
Коэффициент теплотехнической однородности	0,7	0,95

фактивным равнопрочным керамзитобетоном с существенно меньшим (в 2,5–3 раза) коэффициентом теплопроводности.

В качестве утеплителя в разработанной конструкции панели применяются плиты из экструдированного пенополистирола «Пеноплекс» толщиной 180 мм. В панели установлены три вида базальтопластиковых связей диаметром 7 мм (рис. 1):

- гибкие связи-распорки С2 длиной 350 мм, установленные нормально к вертикальной плоскости панели, для восприятия ветровых нагрузок и частично сейсмических (Иркутская область является сейсмически активным регионом – до 8–9 баллов);
- гибкие вертикальные связи-подкосы С1 длиной 690 мм, установленные под углом 30° к вертикальной плоскости

панели, для восприятия внутренним слоем панели нагрузки от массы ее наружного слоя с помощью соответствующих анкерующих устройств на этих связях;

- гибкие горизонтальные связи-подкосы СЗ длиной 355 мм, установленные под углом 45° в горизонтальной плоскости панели.

Кроме того, в панели установлены гибкие металлические подстраховочные связи ПС (на случай пожара) из жароупорной стали диаметром 6 мм (рис. 2).

На рис. 1 представлены вертикальный и горизонтальный разрезы стеновой панели с гибкими композитными связями диаметром 7 мм.

На рис. 2 представлено принципиальное техническое решение с фасадом и горизонтальным разрезом наружной торцевой трехслойной стеновой панели с гибкими композитными и подстраховочными металлическими связями.

Для сопоставления была выбрана традиционная конструкция трехслойной панели с жесткими связями. Внутренний и наружный слои панели также выполнены из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В20 толщиной соответственно 120 и 80 мм, теплоизоляционный слой – из экструдированного пенополистирола «Пеноплекс» толщиной 180 мм. Железобетонные жесткие связи между наружным и внутренним слоями сечением 60×200 мм армированы тремя продольными стержнями из арматуры класса А400 диаметром 12 мм и поперечной арматурой из высокопрочной проволоки Вр-2 диаметром 5 мм. Общий вид и разрезы армированной панели представлены на рис. 3.

Для оценки теплотехнических качеств панели с гибкими композитными связями в сравнении с жесткими связями авторами были проведены расчеты трехмерных температурных полей. Численное моделирование трехмерного распределения температур и полей тепловых потоков трехслойных наружных стеновых панелей проводилось с применением программного комплекса Heat3D, основанного на методе конечных элементов (МКЭ).

Граничные условия для расчета панелей приведены в табл. 1 и 2.

Характеристики материалов конструкции панели представлены в табл. 2.

В связи с тем, что размеры представленной на рис. 2 конструкции торцевой панели на гибких связях составляют около 6,29×1,56 м, а диаметр сечения наименьшей детали – стержня армирования – всего 6 мм, линейный размер сетки конечных элементов (КЭ) для адекватного описания процессов распространения температуры в конструкции должен составлять не более 6 мм. С учетом глубины конструкции и сложности геометрии количество КЭ превышает 2 млн.

На основании того, что конструкция панели на гибких связях симметрична, а также того факта, что основными «мостиками холода» в конструкции являются гибкие связи (особенно железобетонные шпонки и металлические подстраховочные связи), которые расположены на некотором

расстоянии друг от друга, расчетная область была разбита на несколько участков.

Первый участок расчетной конструкции имеет размеры 0,5×1,56 м, в него входят три гибкие связи-распорки и одна металлическая гибкая связь. Вторым участком расчет-

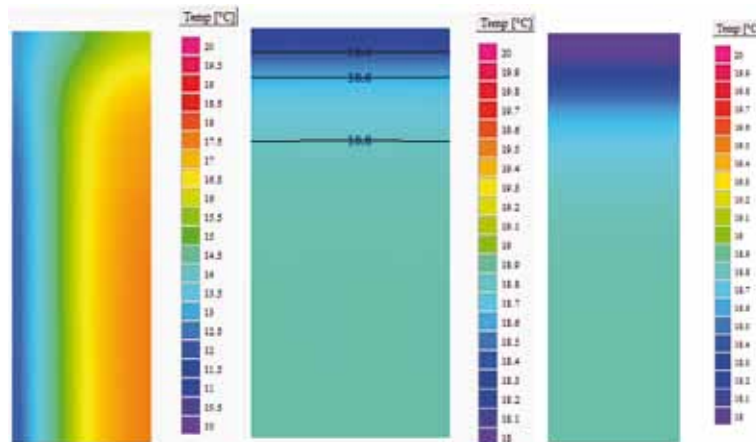


Рис. 4. Температура на внутренней поверхности конструкции панели с гибкими связями

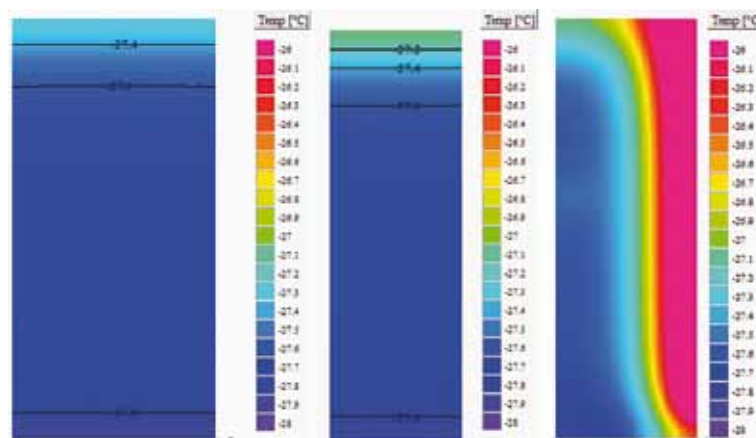


Рис. 5. Температура на наружной поверхности конструкции панели с гибкими связями

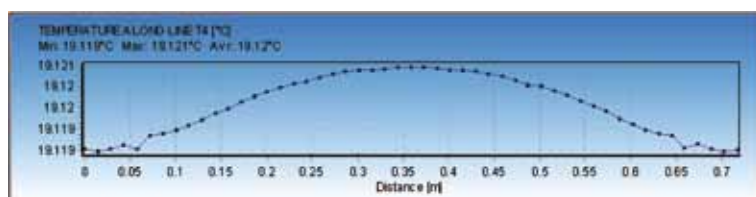


Рис. 6. Температурная кривая, проходящая по внутренней поверхности конструкции панели с гибкими связями

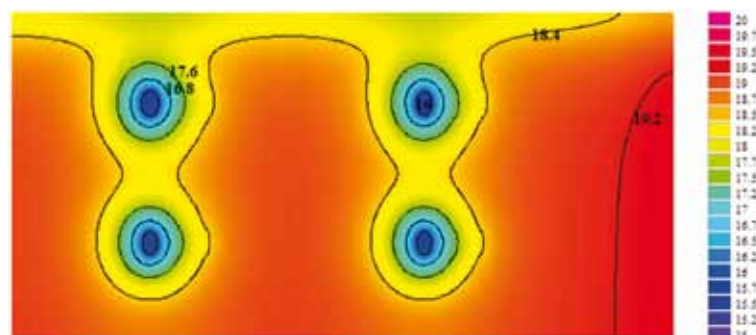


Рис. 7. Температура на внутренней поверхности конструкции панели с жесткими связями

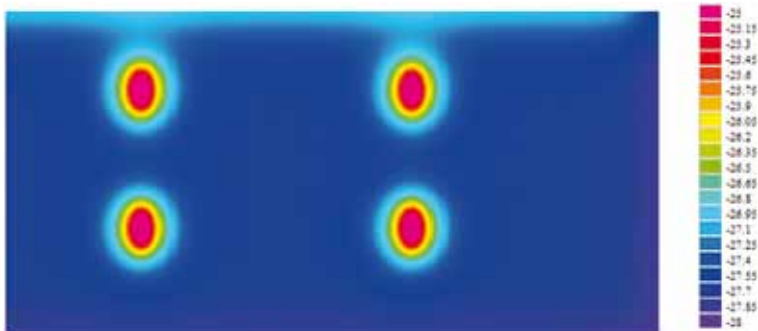


Рис. 8. Температура на наружной поверхности конструкции панели с жесткими связями – железобетонными шпонками

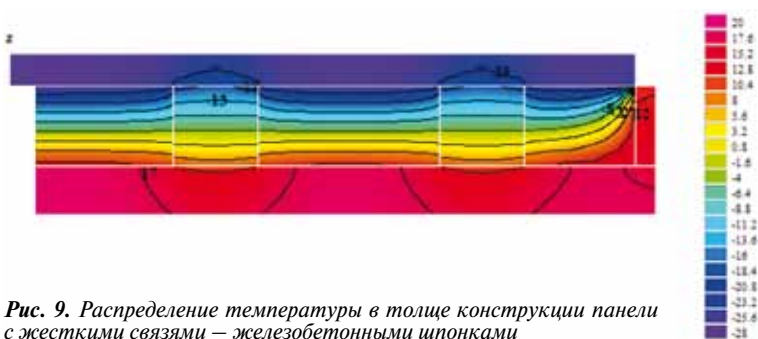


Рис. 9. Распределение температуры в толще конструкции панели с жесткими связями – железобетонными шпонками

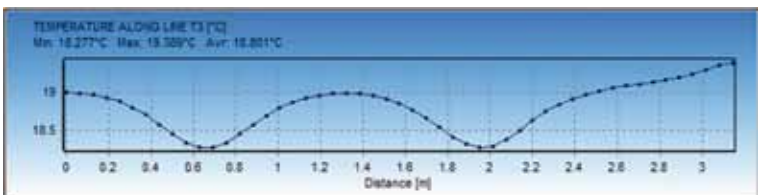


Рис. 10. Температурная кривая, проходящая по внутренней поверхности конструкции панели с жесткими связями между местами армирования шпонок

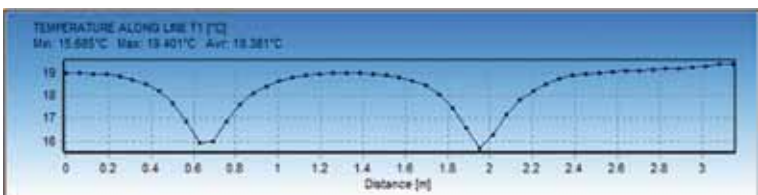


Рис. 11. Температурная кривая, проходящая по внутренней поверхности конструкции панели с жесткими связями в местах армирования шпонок

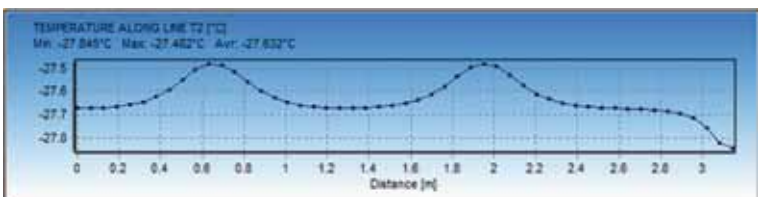


Рис. 12. Температурная кривая, проходящая по наружной поверхности конструкции панели с жесткими связями между местами армирования шпонок

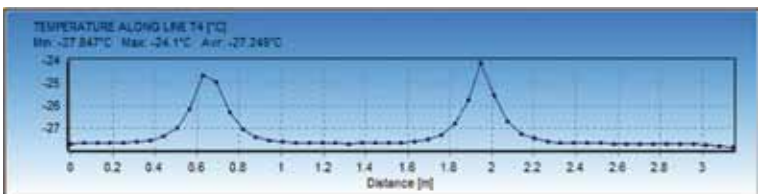


Рис. 13. Температурная кривая, проходящая по наружной поверхности конструкции панели с жесткими связями в местах армирования шпонок

ной конструкции имеет размеры $0,48 \times 1,56$ м, в него входит одна гибкая связь – горизонтальный подкос. Третий участок расчетной конструкции имеет размеры $0,72 \times 1,56$ м, в него входят шесть гибких связей-распорки и две гибкие связи-подкоса.

Конструкция наружной трехслойной стены с жесткими связями симметрична относительно длинной стороны. Расчет был выполнен на участке размерами $3,14 \times 1,54$ м, на котором расположены четыре железобетонные армированные шпонки.

В соответствии с методикой расчета приведенного сопротивления теплопередаче проведены расчеты трехмерных температурных полей; получены картины распределения температур и тепловых потоков для конструкций с различными видами связей.

Для панели на гибких связях температурные поля на внутренней и наружной поверхностях конструкции панели представлены на рис. 4 и 5.

Характер распределения температуры на внутренней поверхности конструкции панели по линии, проходящей через зону гибких связей, представлен на рис. 6.

Из анализа представленной на рис. 6 температурной кривой видно, что при температурах $t_{в.г.} = 20^\circ\text{C}$ и $t_{н.г.} = -28^\circ\text{C}$ разность температур по глади стены и в зоне связей составляет $\Delta t_{в.г.} = t_{в.г.} - t_{в.г.с.} = 19,121 - 19,119 = 0,002^\circ\text{C}$, что свидетельствует о высокой теплотехнической однородности панели.

Для панели с жесткими связями характер распределения температур на внутренней и наружной поверхностях представлен на рис. 7 и 8, а в толще конструкции – на рис. 9.

Распределение температур по кривой линии, проходящей по внутренней поверхности панели через зону шпонок, представлено на рис. 10, 11.

Из рисунков видно, что разность температур в зоне шпонок и по глади составляет $\Delta t_{в.ж.} = t_{в.ж.} - t_{в.ж.с.} = 19,4 - 15,68 = 3,72^\circ\text{C}$. Также, на основе анализа температурных полей установлено, что железобетонная шпонка размером 50×200 мм является мощным теплопроводным включением, влияющим на изменение температурного поля в зоне $0,5$ м от шпонки. Аналогичная картина наблюдается и на наружной поверхности стены (рис. 12 и 13).

Характер распределения тепловых потоков по поверхностям панели со связями-шпонками представлен на рис. 14, 15.

На рисунках также хорошо видно, что зона влияния железобетонной шпонки значительно превышает ее размеры.

Рис. 16 и 17 наглядно иллюстрируют следующее: зона влияния шпонки на внутренней и наружной поверхностях больше ее сечения на $0,5$ м, что обуславливает дополнительные тепловые потери, проходящие через данный фрагмент.

Для сопоставления теплотехнической эффективности панели на гибких и жестких свя-

зях были проведены расчеты удельных тепловых потерь и вычислено приведенное сопротивление теплопередаче по глади стены в соответствии с методикой СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция» [7–11]. Для этого были вычислены дополнительные теплотери через зоны влияния теплопроводных включений для каждого вида панелей.

Для панели на гибких связях потери теплоты через расчетную область, полученные посредством расчета температурного поля $Q^L=0,0779$ Вт/м.

Потери теплоты через однородный участок расчетной области:

$$Q = \frac{t_e - t_n}{R_0} \cdot S = \frac{20 - (-28)}{6,32} \cdot 0,1^2 = 0,0759 \text{ Вт/м},$$

где $R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{1,92} + \frac{0,2}{0,033} + \frac{1}{23} = 6,32 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность – гибкую связь-распорку:

$$\chi = \frac{Q^L - Q}{t_e - t_n} = \frac{0,0779 - 0,0759}{48} = 4,17 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче панели на гибких связях составляет:

$$R_0^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + \frac{n}{A} \cdot \chi} = \frac{1}{\frac{1}{6,32} + \frac{48}{1,56 \cdot 6,29} \cdot 4,17 \cdot 10^{-5}} = 6,32 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Для панели на жестких связях потери теплоты через расчетную область, полученные посредством расчета температурного поля:

$$Q^L = 11,388 \text{ Вт/м}.$$

Потери теплоты через однородный участок расчетной области:

$$Q = \frac{t_e - t_n}{R_0} \cdot S = \frac{20 - (-28)}{6,32} \cdot 1^2 = 7,59 \text{ Вт/м}.$$

Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность – жесткую связь – армированную железобетонную шпонку:

$$\chi = \frac{Q^L - Q}{t_e - t_n} = \frac{11,388 - 7,59}{48} = 0,079 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче панели на гибких связях:

$$R_0^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + \frac{n}{A} \cdot \chi} = \frac{1}{\frac{1}{6,32} + \frac{8}{1,54 \cdot 6,29} \cdot 0,079} = 4,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Выводы

Анализ результатов расчетов показал, что при применении стеновых панелей на гибких связях температура на внутренней поверхности ограждения повышается, конструкция панели становится более однородной в теплотехническом отношении и не создаются условия для образования конденсата на внутренней (со стороны помещения) поверхности бетонного слоя. В результате замены в трехслойной панели жестких железобетонных связей на гибкие композитные из низкотеплопро-

водного базальтопластика приведенное сопротивление теплопередаче увеличивается на 40,9%, а коэффициент теплотехнической однородности – на 31,4% (табл. 3). Это подтверждает теплотехническую эффективность конструкции трехслойной наружной стеновой панели при соответствующем совершенствовании ее, а именно: при замене традиционных связей – соединителей бетонных слоев конструкции гибкими композитными связями по новым разработкам авторов статьи.

Полученные результаты исследований с учетом других работ специалистов НИИСФ [7–11] дают основание рекомендовать конструкции трехслойных наружных стеновых панелей с гибкими базальтопластиковыми связями ее ве-

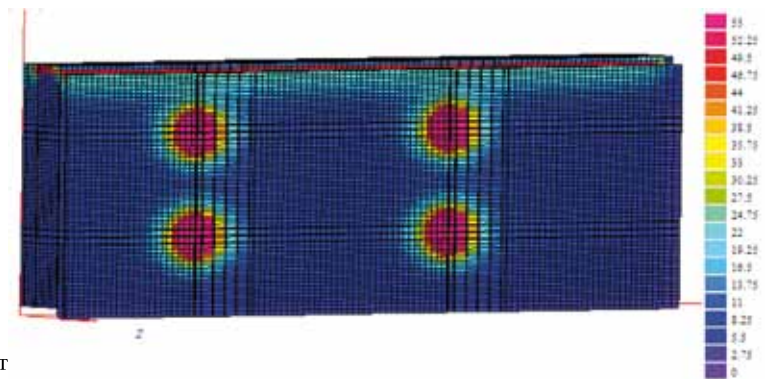


Рис. 14. Распределение тепловых потоков на внутренней поверхности панели со шпонками

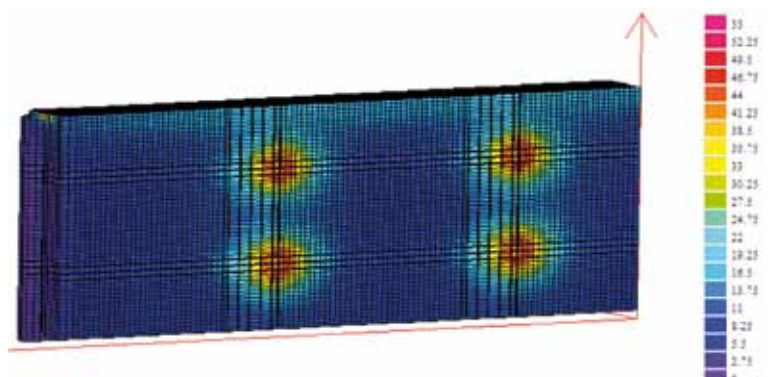


Рис. 15. Распределение тепловых потоков на наружной поверхности панели со шпонками

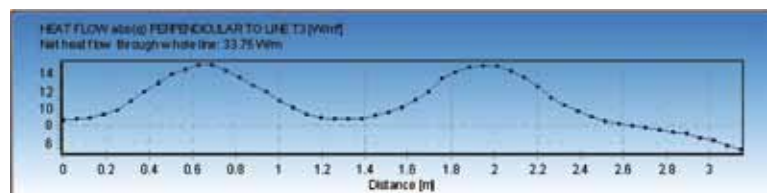


Рис. 16. Кривая распределения тепловых потоков по поверхности внутренней стороны конструкции панели с жесткими связями между местами армирования шпонок

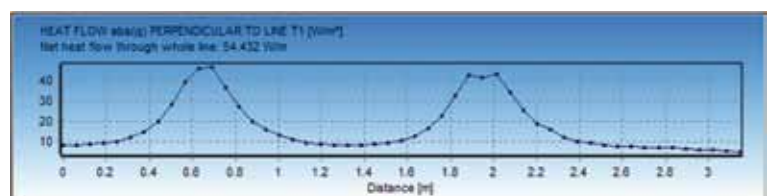


Рис. 17. Кривая распределения тепловых потоков по поверхности внутренней стороны конструкции панели с жесткими связями в местах армирования шпонок

тонных слоев для применения в практике проектирования и строительства энергоэффективных зданий, в первую очередь, для регионов с низкими температурами наружного воздуха в зимний период.

Список литературы

1. Ярмаковский В.Н., Семенюк П.Н., Родевич В.В., Луговой А.В. К совершенствованию конструктивно-технологических решений трехслойных наружных стеновых панелей для крупнопанельных зданий в направлении повышения их теплозащитной функции и надежности в эксплуатации // *Актуальные вопросы строительной физики – энергосбережение, надежность, экологическая безопасность: Материалы IV Академических чтений НИИСФ, 3–5 июля 2012 г.* Москва, 2012. С. 47–64.
2. Матвеев А.В., Овчинников А.А. Разработка энергоэффективных крупнопанельных ограждающих конструкций // *Жилищное строительство*. 2014. № 10. С. 19–23.
3. Ярмаковский В.Н., Фотин О.В. Перспективы – переход на сборно-монолитное домостроение в условиях сейсмически активного региона // *Труды третьей международной конференции по совершенствованию крупнопанельного домостроения*. Москва, 2012. С. 25–32.
4. Ярмаковский В.Н., Шапиро Г.И., Рогинский С.Л., Тросницкий В.Б., Залесов А.С., Розенталь Н.К. Энергоэффективные ограждающие конструкции зданий с гибкими композитными связями // *Энергосбережение*. 2002. № 2. С. 32–34.
5. Патент на изобретение № 2147655. *Соединительный элемент* / Рогинский С.Л., Антипов В.В., Ярмаковский В.Н. Заявл. 20.06.1999. Оpubл. 20.04.2000. Бюл. № 36.
6. Патент на полезную модель № 35119. *Слоистая стеновая панель здания* // Шапиро Г.И., Ярмаковский В.Н., Рогинский С.Л. Заявл. 20.01.2004. Оpubл. 27.12.2003. Бюл. № 36.
7. Умнякова Н.П. Возведение энергоэффективных зданий в целях уменьшения негативного воздействия на окружающую среду // *Вестник МГСУ*. 2011. № 3. С. 459–464.
8. Умнякова Н.П. Обеспечение энергосбережения в зданиях в соответствии с требованиями СП 50.13330 СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция» // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «ЖКХ: развитие инфраструктуры для экологически безопасного и комфортного проживания. Ярославль, 1–2 ноября 2012 г.* С. 72–78.
9. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Развитие методов нормирования тепловой защиты энергоэффективных зданий // *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 19–23.
10. Умнякова Н.П. Энергоресурсосбережение в строительстве – элемент концепции биосферной совместимости человека с окружающей средой // *Материалы международной конференции «Биосферносовместимые города и поселения». 11–13 декабря 2012. Брянск*. С. 56–64.
11. Киселев И.Я. Рациональное проектирование с помощью решения вопросов строительной физики // *Светопрозрачные и строительные конструкции*. 2009. № 6. С. 32–34.

References

1. Yarmakovskiy V.N., Semenyuk P.N., Rodevich V.V., Lugovoy A.V. *Aktual'nye voprosy stroitel'noi fiziki – energosberezhenie, nadezhnost', ekologicheskaya bezopasnost': Materialy IV Akademicheskikh chtenii NIISF, 3–5 iyulya 2012 g.* [To improvement constructive technological solutions of three-layer external wall panels and large-panel buildings in the direction of increase of their heat-shielding function and reliability in exploitation. Topical issues of construction physics – energy saving, reliability, ecological safety: Materials IV of the Academic readings NIISF]. Moscow: NIISF 2012, pp. 47–64. (In Russian).
2. Matveev A.V., Ovchinnikov A.A. Development of the energy effective large-panel enclosed structures. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 10, pp. 19–23. (In Russian).
3. Yarmakovskiy V.N., Fotin O.V. Perspectives – transition to precast and monolithic housing construction in the conditions of seismically active region. *Works of the third international conference on improvement of large-panel housing construction*. Moscow: NIISF 2012, pp. 47–64. (In Russian).
4. Yarmakovskiy V.N., Shapiro G.I., Roginskiy S.L., Trosnitskiy V.B., Zalesov A.S., Rozental' N.K. The power effective enclosed structures of buildings with flexible composite communications. *Energosberezhenie*. 2002. No. 2, pp. 32–34. (In Russian).
5. Patent RF 2147655. *Soedinitel'nyy element* [Coupling element]. Roginskiy S.L., Antipov V.V., Yarmakovskiy V.N. Published 20.04.2000. Bulletin No. 36. (In Russian).
6. Patent na poleznuyu model' 35119. *Sloistaya stenovaya panel' zdaniya* [Layered wall panel of the building]. Shapiro G.I., Yarmakovskiy V.N., Roginskiy S.L. Published 27.12.2003. Bulletin No. 36. (In Russian).
7. Umnyakova N.P. Construction of energy effective buildings for reduction of negative impact by environment. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3, pp. 459–464. (In Russian).
8. Umnyakova N.P. Ensuring energy saving in buildings according to requirements of the joint venture 50.13330 «Construction Norms and Regulations 23-02–2003 Thermal protection of buildings». The staticized edition. *Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «ZhKKh: razvitie infrastruktury dlya ekologicheskii bezopasnogo i komfortnogo prozhivaniya. Yaroslavl', 1–2 noyabrya 2012 g.* [Materials of the All-Russian scientific and practical conference «housing and communal services: development of infrastructure for ecologically safe and comfortable accommodation] Yaroslavl': 2012, pp. 72–78. (In Russian).
9. Umnyakova N.P., Butovskiy I.N., Chebotarev A.G. Development of methods of rationing of thermal protection of energy effective buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 19–23. (In Russian).
10. Umnyakova N.P. Energy resources saving in construction – an element of the concept of biospheric compatibility of the person with environment. *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Biosferosovmestimye goroda i poseleniya»*. [Materials of the international conference «Biosferosovmestimye Cities and Settlements»]. December 11–13, 2012. Bryansk, pp. 56–64. (In Russian).
11. Kiselyov I.Ya. Rational design by means of the solution of questions of construction physics. *Translucent and construction designs*. 2009. No. 6, pp. 32–34. (In Russian).

УДК 699.86

А. УЙМА, канд. техн. наук (aujma55@wp.pl), А. ЛИС, канд. техн. наук (annalis29@wp.pl)

Ченстоховский политехнический университет (42-200, Республика Польша, Ченстохова, ул. Домбровского, 69)

Уменьшение эксплуатационных расходов в школах после их термомодернизации

Представлены результаты термомодернизации четырех учебных зданий на основе мониторинга. Проведен анализ расхода воды и электричества в этих зданиях. Показано, что термомодернизация приводит к сокращению потребления воды, электроэнергии и газа, что ведет к снижению затрат в пересчете на одного ученика в год. Потребление природного газа в год снизилось на 48,2%, электроэнергии – на 9,8%, воды – на 5,3%. В пересчете на одного ученика снижение потребления природного газа составило 51,3%, электроэнергии – 25,4%, воды – 13,6%.

Ключевые слова: термомодернизация, потребление энергии, эксплуатационные расходы, энергосбережение, устойчивое развитие, энергоэффективность.

A. UJMA, Candidate of Sciences (Engineering) (aujma55@wp.pl), A. LIS, Candidate of Sciences (Engineering) (annalis29@wp.pl)
Czestochowa University of Technology (69, Dabrowskiego Street, Czestochowa, 42-201, Poland)

Reduction in Operating Costs in Schools after Their Thermal Modernization

Results of the thermal modernization of four schools are presented on the basis of monitoring. An analysis of water and electricity consumption in these buildings is made. It is shown that the thermal modernization leads to the reduction in water, electricity, and gas consumption and in turn to reducing expenses for a pupil per year. The consumption of natural gas is reduced by 48,2%, electricity – by 9,8%, water – by 5,3% per year. In recalculation per a pupil, the natural gas consumption was reduced by 51,3%, electricity – by 25,4%, water – by 13,6%.

Keywords: thermal modernization, energy consumption, operating costs, energy saving, sustainable development, energy efficiency.

В Республике Польша в перспективе до 2025 г. предполагается расширить введение идеи устойчивого производства и потребления в отношении использования воды для промышленного, коммунального и сельского хозяйства; ввести правила применения наилучших доступных технологий (BAT – наилучшие доступные технологии) в системах забора, очистки и распределения воды; снизить показатели водопотребления на единицу стоимости произведенной продукции в пересчете на душу населения, не превышающую средних значений для стран Европейского союза [1]. Деятельность, направленная на более эффективное использование воды, тесно связана с деятельностью в области энергоэффективности. Энергоэффективность является одним из ведущих вопросов, рассмотренных членами Европейского союза в стратегических документах, определяющих направления развития Союза [2, 3]. Необходимо рациональное расходование энергии и воды. Почти 40% от общего энергопотребления в Европейском союзе [4] расходуется на возведение и эксплуатацию зданий.

Эффективность использования энергии и воды в зданиях

Строительный фонд Европейского союза охватывает около 200 млн зданий, из которых 6 млн находятся в Польше. Около 70% энергии потребляется для отопления и подогрева горячей воды [4, 5]. Крупнейшими потребителями тепловой энергии в Польше (рис. 1) являются жилые дома (около 54%) [5].

Положения директивы [2] требуют от правительств всех стран Европейского союза, в частности в вопросах разработки национальных долгосрочных стратегий, выделения

инвестиций для повышения энергетической эффективности зданий и разработки инструментов, мобилизирующих инвесторов. Термомодернизация зданий в Польше и рационализация водопотребления проводятся на основании польского законодательства в области строительства и энергетики.

Повышение энергетической эффективности, отмеченное в директивах, является важной основой для сокращения выбросов парниковых газов. Начиная с 2021 г. все вновь построенные здания должны иметь низкое потребление энергии, обеспечиваемое прежде всего за счет возобновляемых источников энергии. Следовательно, необходимо развивать и внедрять экологически безопасные технологии на основе возобновляемых источников энергии.

Доли невозобновляемых источников, используемых в Польше для выработки энергии, следующие: каменный уголь (58,8%), бурый уголь (17,7%), дизельное топливо (18%) и природный газ (5,6%) [5]. Польша является одним из крупнейших производителей первичных энергоресурсов в Европейском союзе (около 8,5% в 2012 г.) [6]. Поскольку растет производство энергии из возобновляемых источников, отношение производства ВИЭ в общем объеме энергопотребления также растет за последние годы как в Польше, так и в Европейском союзе (рис. 2) [5].

Одним из элементов повышения энергоэффективности и сокращения выбросов вредных газов являются обязательства, связанные с термомодернизацией зданий. Было подсчитано, что за счет модернизации среднего здания в соответствии с действующими правилами может быть сэкономлено в среднем до 40% энергии, а в отдельных случаях даже 70%, при получении дополнительно положительных эффектов связанных с улучшением комфортности и микро-

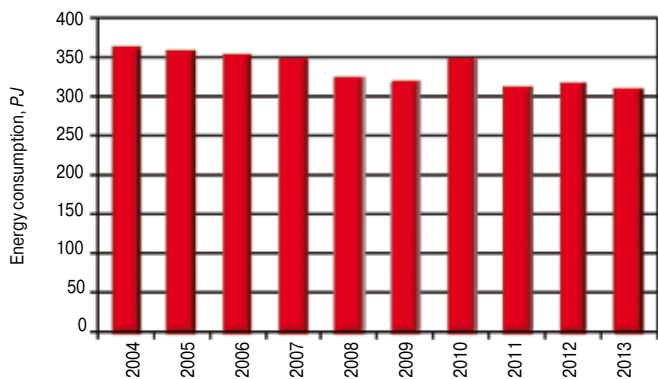


Рис. 1. Потребление энергии в Польше за период 2004–2013 гг. [5]

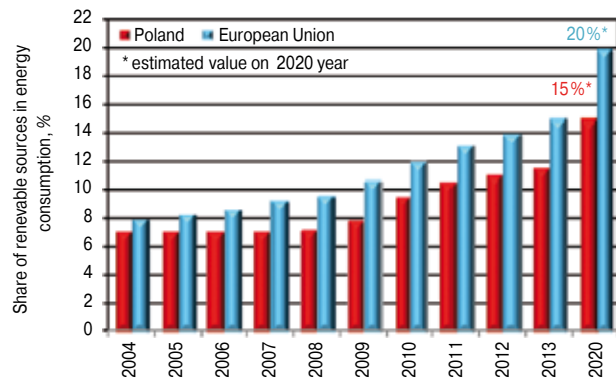


Рис. 2. Доля возобновляемой энергии в валовом конечном потреблении энергии [5]

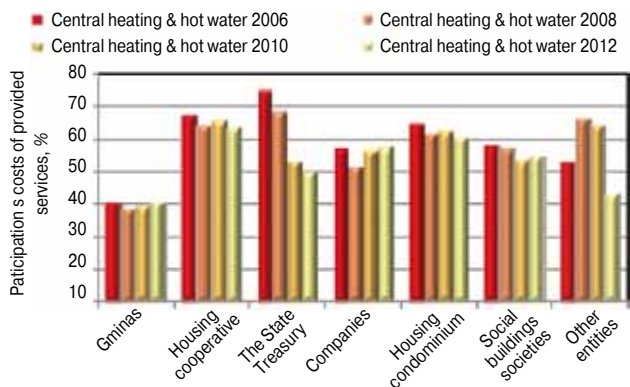


Рис. 3. Доля расходов на центральное отопление и подогрев горячей воды в эксплуатационных расходах по годам в зданиях с разной формой собственности в Польше [7]

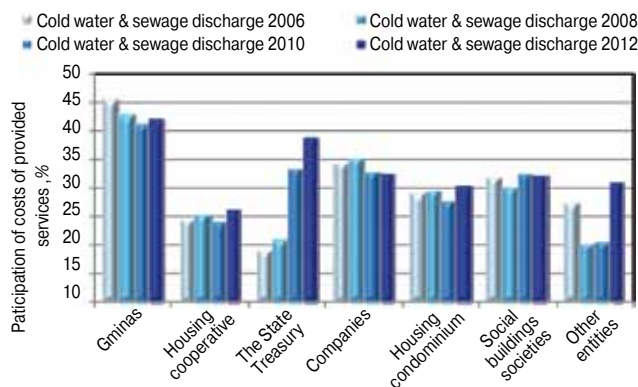


Рис. 4. Доля расходов на холодную воду и сброс сточных вод в общих эксплуатационных расходах по годам в зданиях разной формы собственности в Польше [7]

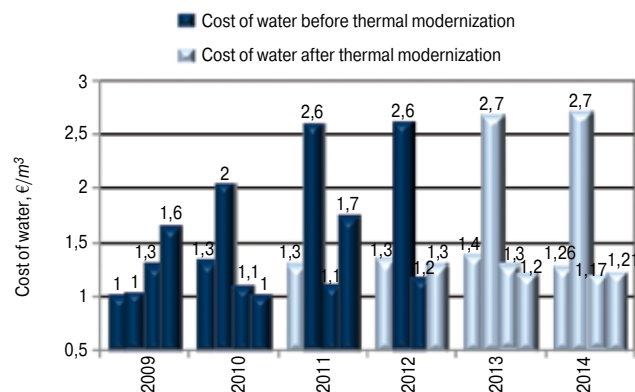


Рис. 5. Средние годовые затраты на покупку 1 м³ воды в анализируемых школах

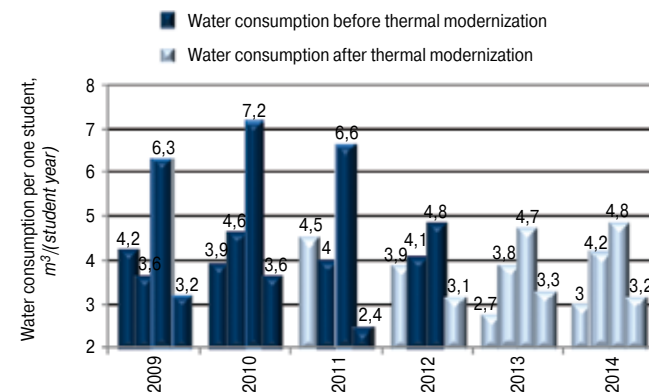


Рис. 6. Среднее потребление воды в расчете на одного учащегося

климата зданий, уменьшением эксплуатационных затрат и выбросов загрязнений [7–9]. Реализованные в Польше положения представляют собой основу для выполнения этих работ комплексно и экономически целесообразно.

Во всей величине эксплуатационных расходов основную долю составили расходы, связанные с платежами за центральное отопление и подготовку горячей воды [10]. Средняя доля затрат на отопление и горячую воду в расходах на эксплуатацию зданий (рис. 3) составляла 59,5% в 2006 г. и снизилась до 53,1% в 2012 г.

Средняя доля расходов на приобретение воды и сброс сточных вод (рис. 4) увеличилась с 30,4% в 2006 г. до 33,3% в 2012 г.

Представленные данные свидетельствуют о наблюдаемой тенденции снижения финансовых затрат на отопление зданий и повышение затрат на воду в эксплуатационных расходах различных зданий в Польше.

Примеры термомодернизации и их эффекты

Анализ эффектов термомодернизации был проведен в четырех школах, расположенных в Силезском воеводстве, в местностях Гебло, Огродзенец, Подзамче и Рычов. Оценивалось изменение основных эксплуатационных показателей до и после термомодернизации.

Термомодернизация была проведена на основании выполненных в 2010–2012 гг. энергетических аудитов. Предложены

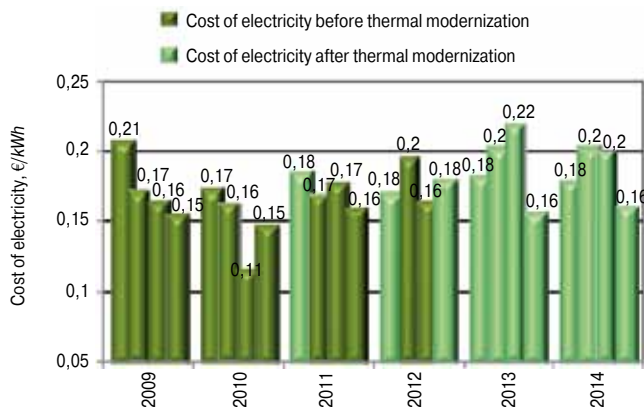


Рис. 7. Затраты на покупку 1 кВт·ч электроэнергии в анализируемых школах

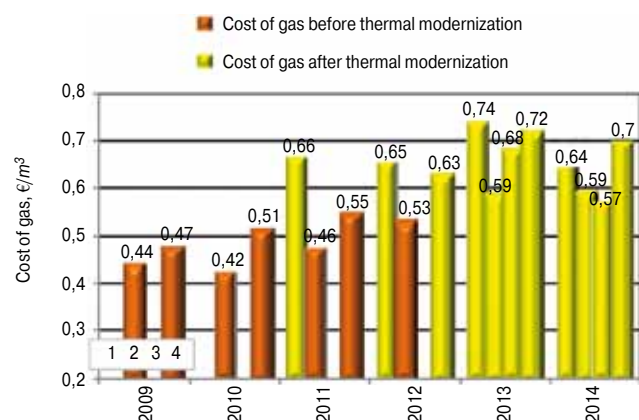


Рис. 9. Затраты на покупку 1 м³ природного газа

были следующие улучшения: термоизоляция внешних преград и замена неэффективного оборудования зданий. Мероприятия были направлены на повышение эффективности использования энергии на отопление и подогрев горячей воды.

Мониторинг результатов модернизации, проведенный в 2011–2014 гг., показал, что в среднем уменьшилось потребление природного газа и угля, электроэнергии и воды. Самым значительным, как и ожидалось, оказалось снижение потребления топлива на обогрев и приготовление горячей воды. Снизилось также потребление воды и электроэнергии. Анализируются разные составляющие компонентов и параметры эксплуатационных расходов при учете изменения цен в анализируемом промежутке времени.

Средние затраты на приобретение воды увеличились в период с 2009-го по 2014 г. (рис. 5).

В анализируемых объектах в период, предшествующий термомодернизации, затраты составили в среднем 1,23 €/м³, а после термомодернизации она возросла до 1,61 €/м³. После термомодернизации годовой расход воды на одного обучающегося в школах уменьшился (рис. 6). Перед термомодернизацией средний расход воды составил 4,32 м³ на одного ученика, а после термомодернизации снизился до 3,86 м³ на одного ученика.

Среднее годовое потребление воды во всех школах снизилось после термомодернизации на 5,3%, а в расчете на одного ученика – на 13,6%.

Средние годовые затраты на покупку 1 кВт·ч электроэнергии увеличились в период с 2009-го по 2014 г. (рис. 7).

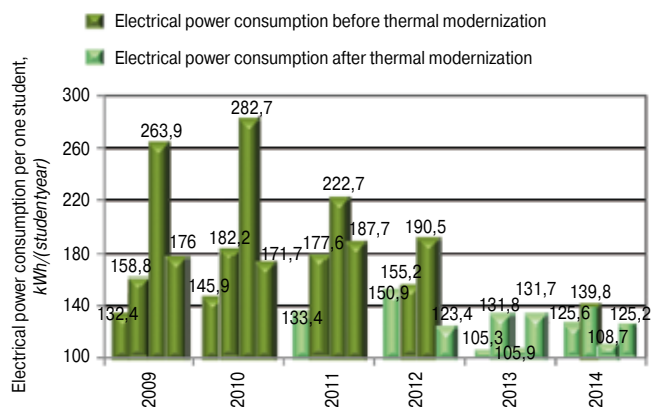


Рис. 8. Потребление электроэнергии по годам в расчете на одного ученика

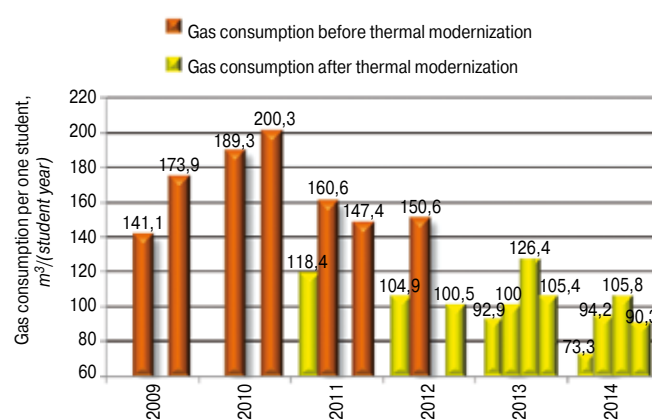


Рис. 10. Среднее годовое потребление природного газа в расчете на одного ученика

В период, предшествующий термомодернизации, они составили 0,16 €/кВт·ч, а после термомодернизации они увеличились до 0,19 €/кВт·ч. В период после термомодернизации годовое потребление электроэнергии на одного обучающегося значительно уменьшилось (рис. 8).

До проведения термомодернизации среднее потребление электроэнергии в анализируемых объектах составляло 169,4 кВтч на одного ученика и после термомодернизации упало до 124,7 кВтч на одного ученика. Среднее годовое потребление электроэнергии во всех школах упало после термомодернизации на 9,8%, а в расчете на одного ученика – на 25,4%.

Затраты на покупку природного газа в анализируемых объектах значительно возросли в период с 2009-го по 2014 г. (рис. 9). До термомодернизации они составили 0,47 €/м³, а после модернизации выросли до 0,65 €/м³. В результате проведения термомодернизации годовое потребление природного газа в расчете на одного учащегося значительно уменьшилось (рис. 10). Перед термомодернизацией средний годовой расход газа составлял 175,4 м³ на одного ученика, а после термомодернизации упал до 97,7 м³ на одного ученика.

Среднее годовое потребление природного газа на отопление и подогрев горячей воды во всех школах упало после термомодернизации на 48,2%, а в расчете на одного ученика – на 51,3%.

В Польше в последнее время наблюдается снижение затрат, связанных с отоплением зданий, и увеличение расхо-

дов, связанных со снабжением водой и сбросом стоков в канализацию.

В статье, представлены эффекты комплексных термо-модернизационных работ, проведенных в четырех школах. Таким образом, проведенные термо-модернизационные работы приносят наибольший эффект и дают возможность получить отдачу вложенных средств в кратчайшие сроки. Исследования показали, что термо-модернизационные инициативы приносят различные эффекты, связанные с устойчивым развитием строительной отрасли, и способствуют повышению энергоэффективности.

Термомодернизация и соблюдение принципов устойчивого строительства позволяют снизить использование природных ресурсов: воды, газа и угля. Эти мероприятия способствуют снижению газовых выбросов, связанных со сжиганием топлива, и снижению эксплуатационных расходов на содержание здания. Среднее уменьшение потребления природного газа составило 48,2%, электроэнергии – 9,8%, воды – 5,3%. Интересными оказались показатели, рассчитанные на одного ученика: потребление природного газа уменьшилось на 51,3%, электроэнергии – на 25,4%, воды – на 13,6%.

Список литературы

1. II Экологическая Политика Государства. Совет Министров РП, Варшава 2000.
2. Directive 2012/27/EU of 25 October 2012 on energy efficiency.
3. Directive 2010/31/EU of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
4. Environment, Statistical Information and Elaborations, Central Statistical Office, Warsaw 2013.
5. Energy Statistics, Statistical Information and Elaborations, Central Statistical Office, Warsaw 2013.
6. Информация о жилищном фонде. Результаты мониторинга за 2003, 2004, 2011 и 2012 год, Институт Развития Городов, Краков, 2004, 2005, 2012 и 2013.
7. Lis A., Ujma A.: Aspects of Sustainable Development in the Thermomodernization of Buildings. *Proceedings of the 4th International Conference on Contemporary Problems in Architecture and Construction. Sustainable Building Industry of the Future*. September 24-27, 2012, Czestochowa, Poland. Vol. 1. Edited by Jarosław Rajczyk, Arnold Pabian. Czestochowa Sekcja Wydawnictw WZ Politechniki Czestochowskiej 2012, s. 69–76.
8. Lis A., Ujma A.: Building energy efficiency improvement after thermomodernization. *Visnik Nacional'nogo Universitetu «L'vivs'ka Politehnika»* 2013, nr 756 Teoria i Praktyka Budivnictva, s. 153–160.
9. Lis A., Ujma A.: Changes in the external environment and of interior microclimate as a consequence of energetic modernization of building. *Advanced Materials Research. Contemporary Problems of Architecture and Construction V. 21 (1020): 2014. No: 1020, s. 585–590.*
10. Housing economy in 2006, 2008, 2010, 2012 – Poland, Central Statistical Office, Warsaw 2007, 2009, 2011, 2013.

References

1. II Polityka Ekologiczna Państwa. Rada Ministrów RP, Warszawa 2000. (In Poland).

2. Directive 2012/27/EU of 25 October 2012 on energy efficiency. (In Poland).
3. Directive 2010/31/EU of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. (In Poland).
4. Environment, Statistical Information and Elaborations, Central Statistical Office, Warsaw 2013. (In Poland).
5. Energy Statistics, Statistical Information and Elaborations, Central Statistical Office, Warsaw 2013. (In Poland).
6. Informacje o mieszkalnictwie. Wyniki monitoringu za 2003, 2004, 2011 i 2012 rok, Instytut Rozwoju Miast, Kraków 2004, 2005, 2012 i 2013. (In Poland).
7. Lis A., Ujma A.: Aspects of Sustainable Development in the Thermomodernization of Buildings. *Proceedings of the 4th International Conference on Contemporary Problems in Architecture and Construction. Sustainable Building Industry of the Future*. September 24-27, 2012, Czestochowa, Poland. Vol. 1. Edited by Jarosław Rajczyk, Arnold Pabian. Czestochowa Sekcja Wydawnictw WZ Politechniki Czestochowskiej 2012, s. 69–76. (In Poland).
8. Lis A., Ujma A.: Building energy efficiency improvement after thermomodernization. *Visnik Nacional'nogo Universitetu «L'vivs'ka Politehnika»* 2013, nr 756 Teoria i Praktyka Budivnictva, s. 153–160. (In Poland).
9. Lis A., Ujma A.: Changes in the external environment and of interior microclimate as a consequence of energetic modernization of building. *Advanced Materials Research. Contemporary Problems of Architecture and Construction V. 21 (1020): 2014. No: 1020, s. 585–590.* (In Poland).
10. Housing economy in 2006, 2008, 2010, 2012 – Poland, Central Statistical Office, Warsaw 2007, 2009, 2011, 2013. (In Poland).

22-25
марта 2016
Москва
ЦВК «Экспоцентр»
Павильон 5

Международная
специализированная выставка

**Металло
Конструкции 2016**

Организатор:
ЭКСПОЦЕНТР

При поддержке:
APCC

Информационный партнер:
Металлоснабжение и сбыт

Организатор выставки:
+7 (495) 734-99-66 | www.mc-expo.ru

УДК 519.23:621

А.Д. ЖУКОВ¹, канд. техн. наук; Е.Ю. БОБРОВА², канд. экон. наук;
И.В. БЕССОНОВ³, канд. техн. наук (bessonoviv@mail.ru)

¹ Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

² Высшая школа экономики (101000, г. Москва, ул. Мясницкая, 20)

³ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Строительные системы и особенности применения теплоизоляционных материалов

Необходимость учета условий эксплуатации теплоизоляционных материалов в конструкциях очевидна, так как эти условия непосредственно определяют эксплуатационную стойкость теплоизоляции, а следовательно, и долговечность конструкции. Концепция строительной системы вошла в российскую строительную практику в новом тысячелетии и уже начала вытеснять понятие «строительная конструкция». Строительная система предполагает использование конкретных материалов, обладающих определенными свойствами, проектирование. Монтаж такой системы осуществляется с учетом особенностей этих материалов. Строительная система в наибольшей степени позволяет снижать эксплуатационные нагрузки на утеплитель (при монтаже, в процессе эксплуатации и др.). В решении задач по созданию новых строительных систем, исследованию свойств изоляционных материалов и принятию оптимизационных решений очень важным является сотрудничество вузов, научных и проектных организаций, а также предприятий строительного комплекса.

Ключевые слова: теплоизоляция, энергоэффективность, строительные системы, кровля, фасадные системы, эксплуатируемые подвалы.

A.D. ZHUKOV¹, Candidate of Sciences (Engineering), E.Yu. BOBROVA², Candidate of Sciences (Economy),
I.V. BESSONOV³, Candidate of Sciences (Engineering) (bessonoviv@mail.ru)

¹ Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Shosse, 129337, Moscow, Russian Federation)

² Higher School of Economics (20, Myasnitckaya Street, 101000, Moscow, Russian Federation)

³ Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivny Passage, Moscow, Russian Federation)

Building Systems and Peculiarities of Using Heat Insulation Materials

The accounting of operational conditions of heat insulation materials in the structure is necessary, as these conditions directly determine the operational durability of heat insulation and, consequently, working life and efficient operation of the structure. The conception of building system entered into the national construction practice already in the new Millennium and began to replace the «building structure» term. The building system involves the use of specific materials having certain properties; design and installation of this system are carried out with due regard for peculiarities of these materials. The building system makes it possible at the most to reduce operational loads on the insulation: loads in the course of installation and loads during the operation. Cooperation of higher educational institutions, scientific and design organizations as well as enterprises of the construction complex is very important for solution of scientific tasks of creating new building systems, studying insulation materials properties and taking optimization solutions on them.

Keywords: heat insulation, energy efficiency, building systems, roof, façade systems, operated basement.

Учет условий эксплуатации теплоизоляционных материалов в конструкции необходим, так как эти условия непосредственно определяют эксплуатационную стойкость теплоизоляции, а следовательно, и срок службы и эффективной эксплуатации конструкции. Концепция строительной системы вошла в отечественную строительную практику уже в новом тысячелетии и уже начала вытеснять понятие строительной конструкции. Строительная система предполагает использование конкретных материалов, обладающих определенными свойствами, проектирование и монтаж такой системы осуществляется с учетом особенностей этих материалов. Строительная система в наибольшей степени позволяет снижать эксплуатационные нагрузки на утеплитель как при монтаже, так и в процессе эксплуатации.

В процессе эксплуатации теплоизоляционные плиты подвергаются температурным, атмосферным, влажност-

ным и механическим воздействиям [1]. Вне зависимости от типа строительных систем параметром их оптимизации является термическое сопротивление конструкции, а параметром оптимизации ТИМ – теплопроводность [2, 3]. Вместе с тем специфика эксплуатации ТИМ в каждой из конкретных систем накладывает на утеплитель дополнительные требования – ограничения, определяемые как нормирующие показатели.

Теплоизоляционные плиты, работающие в конструкциях плоской кровли, воспринимают сжимающие нагрузки от верхних слоев кровельного пирога, временные сезонные нагрузки и местные нагрузки малой площади. Нормирующим показателем является прочность при сжатии при 10% деформации. Увлажнение теплоизоляции возможно в результате нарушения гидроизоляционного покрытия кровли или отказа пароизоляционного слоя, расположенного на перекрытии.

Если кровельная система надежно изолирует материал также и от внешнего огневого воздействия, возможно применение плит ЭПС. В кровельных системах используют плиты из пеностекла и каменной ваты. Удачно зарекомендовали себя плиты двойной плотности. Верхний слой плит двойной плотности воспринимает нагрузки и передает на нижележащие слои.

Теплоизоляция в скатных кровлях работает в условиях вентилируемого зазора. Механическое воздействие на нее минимально. Увлажнение утеплителя возможно по тем же причинам, что и в плоской кровле. Нормирующим показателем является воздухопроницаемость теплоизоляции. Применение горючего утеплителя не допускается.

В случае применения минераловолокнистых материалов (плит, матов) необходимы ветрозащитные решения, направленные на исключение выноса волокна и эрозии изделий. В конструкциях с применением изделий из стекловаты таковым является стеклоткань (или стеклохолст), при применении изделий на основе базальтового волокна – базальтовый холст. При применении изделий из каменной ваты рекомендуются плиты двойной плотности.

В конструкциях **штукатурных фасадов** преобладающими являются нагрузки, действующие в направлении, перпендикулярном плоскости теплоизоляции. Нормирующим показателем является прочность при отрыве слоев утеплителя. Обязательным условием – паропроницаемость утеплителя. Не рекомендуется применение плит ЭПС или пеностекла вследствие их низкой паропроницаемости.

Допускается применение плит из ППС (или другой горючей теплоизоляции) с обязательными противопожарными рассечками на высоте перекрытий и защитными вставками по периметру проемов (окон, дверей). Оптимальными в применении являются плиты из минеральной ваты, в том числе плиты из каменной ваты двойной плотности. Плотный слой плит обеспечивает надежное сцепление теплоизоляции и штукатурного слоя и прочность при отрыве слоев для самого изделия.

Для плит **вентилируемых фасадов** характерны четыре вида механических воздействий [4]: сжатие под точечной нагрузкой, отрыв слоя (разрыв поперек волокон), эрозия волокон за счет воздушных потоков в материале, вибрации.

Сопротивление сжимающим нагрузкам в первую очередь обусловлено сплоченностью структуры материала (со всеми вторичными параметрами). При приложении нагрузки на отрыв целостность изделия в большей мере зависит от прочности соединений в точках контакта, т. е. от полноты поликонденсации связующего. Нормирующим показателем является стойкость плит к эрозии волокна, зависящая от диаметра и длины волокна, числа точек контакта и полноты поликонденсации связующего.

Допускается применение только негорючей и паропроницаемой теплоизоляции. Для ветрозащиты рекомендуется использование негорючих ветрозащитных покрытий: холстов на основе стеклянного или базальтового волокна.

Список литературы

1. Гагарин В.Г. Теплозащита и энергетическая эффективность в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий». III Международный конгресс

Допускается применение плит двойной плотности из каменной ваты.

Теплоизоляция, используемая в **системах защиты эксплуатируемого подвала**, должна быть рассчитана на механические нагрузки, возможность проникновения капельной влаги и возможность миграции паровоздушной смеси. Сжимающие механические нагрузки обусловлены давлением грунта обратной засыпки и напора грунтовых, ливневых и паводковых вод. Тангенциальные нагрузки связаны с воздействием морозного пучения грунта. Проникновение капельной влаги в теплоизоляционный слой возможно в результате нарушения сплошности внешней гидроизоляции или отказа пристенного дренажа.

Нормирующими показателями является прочность при 10% деформации, водонепроницаемость и водостойкость. Утеплитель в конструкции полностью изолирован от внешних огневых воздействий, поэтому оптимально применение ЭПС плит.

Плиты, используемые **для изоляции фундаментов**, в том числе мелкого заложения, и оснований дорожных покрытий, испытывают нагрузки, аналогичные системам защиты эксплуатируемого подвала. Сжимающие нагрузки при этом проявляются в большей степени. Определяющими показателями является прочность при 10% деформации и водостойкость. Допускается использование теплоизоляции с минимальным паропропусканием. В отличие от систем защиты эксплуатируемых подвалов теплоизоляция контактирует с грунтом непосредственно. Оптимальными являются ЭПС плиты или пеностекло, предназначенные именно для работы в контакте с грунтом.

Системы внутренней изоляции предполагают не только утепление конструкций перегородок, облицовок, перекрытий, но и повышение защиты от воздушного или структурного шума, вибрации. Используются плиты или маты на основе минеральной волокнистой теплоизоляции, плиты на основе вспененного полистирола, рулонный пенополиэтилен, вспененный каучук, виброзащитные ленты. Обязательным условием является минимизация вредных выделений, таких как соединения фенола, стирола и др.

Минимизация отрицательных воздействий на утеплитель предъявляет к теплоизоляционным материалам определенные требования. Теплопроводность является оптимизационным фактором, важным в равной степени для каждой из систем. Плотность и пористость относятся к структурным характеристикам, связанными со всеми свойствами. Деформативные свойства материала зависят как от прочностных и структурных характеристик, так и от условий эксплуатации.

В развитии систем строительной теплоизоляции, а также исследования и оптимизации свойств теплоизоляционных материалов является очень важным сотрудничество учебных, научных и производственных организаций [5]. Формы этого сотрудничества могут быть следующими: дипломное проектирование со специальными заданиями; экскурсии на заводы, в институты и учебные центры; совместная реализация учебных курсов, учебно-методическая работа, выполнение совместных научных разработок.

References

1. Gagarin V.G. Heat-shielding and power efficiency in the project of the actualized edition Construction Norms And Regulations «Thermal protection of buildings». *The III*

- «Энергоэффективность XXI век». Санкт-Петербург. 2011. С. 187–191.
2. Шмелев С.Е. Пути выбора оптимального набора энергосберегающих мероприятий // *Строительные материалы*. 2013. № 3. С. 7–9.
 3. Пономарев В.Б. Совершенствование технологии производства и повышения качества теплоизоляционных и композиционных материалов на основе стеклянного и минерального волокна // *Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ»*. Москва. 2006. С. 109–118.
 4. Бобров Ю.Л., Матвиевский А.А. О некоторых современных проблемах долговечности минераловатных теплоизоляционных материалов применительно к условиям их эксплуатации в качестве слоя тепловой изоляции в различных конструкциях навесных вентилируемых фасадов // *Сборник докладов научно-технической конференции «Современные фасадные системы: эффективность и долговечность»*. Москва. 2008. С. 54–56.
 5. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Sapelin A.N., Naumova N.V., Chkunin A.S. Composite wall material // *Italian Science Review*. 2014. № 2. P. 155–157.
- International congress «Energy efficiency XXI century»*. Sankt-Peterburg. 2011, pp. 187–191. (In Russian).
2. Shmelyov S.E. Ways of a choice of an optimum set of energy saving actions. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 3, pp. 7–9.
 3. Ponomarev V. B. Improvement of the production technology and improvement of quality of heat-insulating and composite materials on the basis of glass and mineral fiber. *Collection of reports of the International scientific and practical conference «Effective Warm and Sound-proof Materials in Modern Construction and Housing and Communal Services»*. Moscow. 2006, pp. 109–118.
 4. Bobrov Yu.L., Matviyevsky A.A. About some modern problems of durability of mineral-cotton heat-insulating material in relation to conditions of their operation as a layer of thermal isolation in various designs the hinged ventilated facades. *Collection of reports of scientific and technical conference «Modern facade systems: efficiency and durability»*. Moscow. 2008, pp. 54–56.
 5. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Sapelin A.N., Naumova N.V., Chkunin A.S. Composite wall material. *Italian Science Review*. 2014. No. 2, pp. 155–157.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

В издательстве «Стройматериалы» Вы можете приобрести специальную литературу



Монография «Производство деревянных клееных конструкций».

Автор заслуженный деятель науки России, доктор техн. наук Л.М. Ковальчук.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клееных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК.



Альбом «Малозэтажные дома. Примеры проектных решений»

Авторы – академик РААСН Л.В. Хихлуха, канд. архитектуры Н.М. Согомонян, архитекторы Ю.В. Лопаткин, И.Л. Хихлуха.

Альбом включает разделы: «Односемейные жилые дома», «Многосемейные жилые дома», «Эстетические качества жилища», «Градостроительные группы». Предназначен для архитекторов, специалистов, занятых вопросами жилищного строительства, для органов исполнительной власти в области архитектуры и строительства, а также для частных застройщиков; может быть использован как методическое пособие для студентов вузов.



Книга «Защита деревянных конструкций»

Автор – А.Д. Ломакин

Рассмотрены вопросы конструкционной и химической защиты деревянных конструкций, используемых в малоэтажном домостроении, при строительстве зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения, в том числе, с химически агрессивной средой, а также открытых сооружений (автомобильных и пешеходных мостов, опор ЛЭП и др.). Освещены вопросы защиты от эксплуатационных воздействий и возгорания несущих конструкций из клееной древесины и ЛВЛ и приведено краткое описание наиболее эффективных средств и способов их защиты. Описаны методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натурных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Приведены методика и результаты мониторинга влажностного состояния несущих клееных деревянных конструкций в процессе эксплуатации.

Заказать литературу можно через редакцию, направив заявку произвольной формы по факсу: (495) 976-22-08, 976-20-36
или на адрес электронной почты rifsm@mail.ru, mail@rifsm.ru

УДК 699.844

А.А. КОЧКИН¹, д-р техн. наук (pgs@mh.vstu.edu.ru); Л.А. БОРИСОВ², д-р техн. наук¹ Вологодский государственный университет (160000 г. Вологда, ул. Ленина, 15)² Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

Исследование звукового давления в воздушном промежутке двойной ограждающей конструкции из слоистых вибродемпфированных элементов

Рассмотрен процесс прохождения звуковых волн через конструкцию, состоящую из двух параллельных трехслойных пластин, разделенных воздушным промежутком. С учетом распределения звуковой энергии отраженных и прошедших звуковых волн определено суммарное звуковое давление в нижнем полупространстве. Звуковая энергия в воздушном промежутке может быть определена через значение энергий верхнего и нижнего полупространств. Полученное выражение используется для определения звукоизоляции двойной ограждающей конструкции.

Ключевые слова: звуковое давление, слоистые вибродемпфированные элементы, воздушный промежуток.

A.A. KOCHKIN¹, Doctor of Sciences (Engineering) (pgs@mh.vstu.edu.ru), L.A. BORISOV², Doctor of Sciences (Engineering)

¹ Vologda State University (15, Lenina Street, 160000, Vologda, Russian Federation)

² Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Research in Sound Pressure in Air Gap of a Double Enclosing Structure Made of Layered Vibro-Damped Elements

The process of passing sound waves through the structure consisting of two parallel three-layer plates divided by the air gap is considered. The total sound pressure in the lower half-space is determined with due regard for the distribution of sound energy of reflected and passed sound waves. The sound energy in the air gap can be defined via the value of energies of upper and lower half-spaces. The obtained value is used for determination of sound insulation of the double enclosing structure.

Keywords: sound pressure, layered vibro-damped elements, air gap.

Любая слоистая строительная конструкция представляет собой механическую систему, состоящую из набора жестких элементов, каждый из которых можно рассматривать как определенный тип резонатора. При падении на него звуковых волн широкого диапазона частот в нем возникают колебания соответствующей частоты и уровня. Ограждение как механическая колебательная структура способно откликаться на определенные типы колебаний падающих звуковых волн. Наиболее сильный отклик ограждением будет происходить в случае согласования волновых параметров звукового поля помещения и вибрационного поля ограждающей конструкции [1–7].

Рассмотрим прохождение волны через конструкцию, состоящую из двух параллельных трехслойных элементов, разделенных воздушным промежутком.

Пусть звуковые волны падают на элемент в плоскости $XOY=0$ под углом θ . Введем коэффициенты отражения и прохождения соответственно A и B . Если рассматривать с энергетической точки зрения, то это будет:

$$A^2 = \frac{W_{omp}}{W_{над}} \text{ и } B^2 = \frac{W_{проу}}{W_{над}}. \quad (1)$$

При этом выполняется соотношение $A^2 + B^2 = 1$.

Используя рисунок, расставим значения амплитуд звуковых волн в соответствующих средах: $P_{над}$ – ампли-

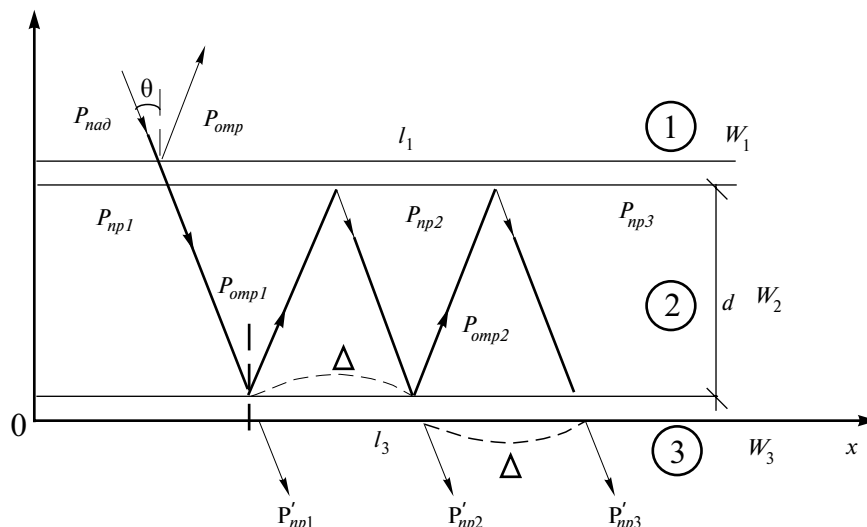


Схема прохождения звука через двойное ограждение

туда звукового давления в падающей волне (в среде 1); P_{omp} – амплитуда первого отражения звуковых волн в первой среде; P_{np1} – амплитуда звукового давления в первой прошедшей волне (внутри воздушного промежутка); P_{np2}, P_{np3} – амплитуды «как бы» прошедших волн воздушного промежутка; P_{omp1}, P_{omp2} – амплитуды давлений в звуковых волнах, претерпевших отражения от второго элемента (отражения внутрь воздушного промежутка); P'_{np1}, P'_{np2} – амплитуды давлений в волнах, прошедших через оба элемента (амплитуды звуковых давлений в нижнем полупространстве).

Учитывая смещение звукового луча вдоль оси «x» (рисунок), в плоскости получаем соотношение вида:

$$\left| \frac{\partial(\sqrt{k_0^2 - k_x})}{\partial k_x} \right| = 2dtg \theta.$$

Или согласно рис. 1 $\Delta = 2dtg \theta$, что достаточно хорошо согласуется с результатами работ [1, 2].

$$\Delta = \frac{l_1}{n}, \quad \frac{l_1}{n} = 2dtg \theta, \quad d = \frac{l_1}{2ntg \theta},$$

где n – количество длин полуволн, укладываемых вдоль ограждения «1».

Если при данном угле падения θ подобрать «d» таким образом, чтобы все P_{omp} попадали в узлы колебаний пластины (рисунок), то, следовательно, усиления колебаний пластины не произойдет. Падающая на это место волна полностью отражается (в воздушном промежутке) с той же амплитудой и фазой.

Плотность звуковой энергии в замкнутой полости возрастает, т. е. произойдет как бы самосогласование полей. В воздушной прослойке появляются стоячие волны и происходит просто перекачка энергии, т. е. проявляется некоторое резонансное явление.

Меняя толщину воздушного промежутка (d), можно перемещать точку отражения «F» вдоль пластины и, по-видимому, можно регулировать прохождение волн в плоскости пластины ($z = d$).

Рассмотрим интерференцию звуковых волн в нижнем полупространстве с учетом набега фаз при прохождении воздушного промежутка:

$$\begin{aligned} P'_{np1} &= B^2 p_0 \cdot e^{i k_0(z-d)\cos \theta}; \\ P'_{np2} &= B^2 A^2 p_0 \cdot e^{i k_0(z-3d)\cos \theta}; \\ P'_{np3} &= B^2 A^4 p_0 \cdot e^{i k_0(z-5d)\cos \theta}; \\ P'_{np4} &= B^2 A^6 p_0 \cdot e^{i k_0(z-7d)\cos \theta}; \\ P'_{npn} &= (AB)^2 A^{n-1} p_0 \cdot e^{i k_0[z-(2n-1)d]\cos \theta}. \end{aligned} \quad (2)$$

Общее звуковое давление в нижнем полупространстве рассмотрим как сумму бесконечно убывающей геометрической прогрессии:

$$S = \frac{a_1}{1-q}, \quad (3)$$

$$\text{где } a_1 = B^2 p_0 \cdot e^{i k_0(z-d)\cos \theta}; \quad (4)$$

$$q = A^2 \cdot e^{-2i \cdot kd \cdot \cos \theta}; \quad (5)$$

$$q = \frac{a_2}{a_1} = \frac{B^2 A^2 p_0 e^{ikd \cos \theta} e^{-3ikd \cos \theta}}{B^2 p_0 e^{ikd \cos \theta} e^{-ikd \cos \theta}}. \quad (6)$$

Тогда суммарное звуковое давление в нижнем полупространстве определяется как:

$$S_{(p)} = \frac{B^2 p_0 e^{ik(z-d)\cos \theta}}{1 - A^2 e^{-2ikd \cos \theta}}. \quad (7)$$

Проведем замену коэффициентов, учитывая, что $B^2 = \tau$ и $A^2 = 1 - B^2 = 1 - \tau$. Имеем:

$$S = \frac{p_0 \tau e^{ik(z-d)\cos \theta}}{1 - (1-\tau)e^{-2ikd \cos \theta}}. \quad (8)$$

Интересующее нас давление в плоскости второго элемента, т. е. при $z = -d$, получим как:

$$S = \frac{\tau p_0 e^{-2ikd \cos \theta}}{1 - (1-\tau)e^{2ikd \cos \theta}}. \quad (9)$$

Выражение (9) определяет амплитуду суммарного звукового давления в нижнем полупространстве. Рассмотрим действительную часть этого выражения. Для этого выполним некоторые преобразования.

Перепишем выражение в виде:

$$S_{(p)} = \frac{p_0 \tau}{(\tau-1) + e^{2ikd \cos \theta}} = \frac{p_0}{e^{2ikd \cos \theta} - A^2}. \quad (10)$$

Учтем, что по формуле Эйлера:

$$e^{2i \cdot kd \cdot \cos \theta} = \cos(2kd \cos \theta) + i \sin(2kd \cos \theta). \quad (11)$$

Тогда после преобразований:

$$S_{(p)} = p_0 \tau \frac{[\cos(2kd \cos \theta) - A^2] - i \sin(2kd \cos \theta)}{[\cos(2kd \cos \theta) - A^2] + i \sin^2(2kd \cos \theta)}. \quad (12)$$

Используя действительную часть, получаем:

$$\begin{aligned} S_{(p)} &= \frac{p_0 \tau [\cos(2kd \cos \theta) - A^2]}{\cos^2(2kd \cos \theta) - 2A^2 \cos(2kd \cos \theta) + A^4 + \sin^2(2kd \cos \theta)} = \\ &= \frac{p_0 \tau [\cos(2kd \cos \theta) - A^2]}{1 + A^4 - 2A^2 \cos(2kd \cos \theta)}. \end{aligned}$$

Если учесть, что $B^2 = \tau$ и $A^2 = 1 - \tau$, имеем:

$$S_{(p)} = \frac{p_0 \tau [\cos(2kd \cos \theta) - 1 + \tau]}{2 - 2\tau + \tau^2 - 2(1-\tau)\cos(2kd \cos \theta)}. \quad (13)$$

Выражение (13) определяет амплитуду суммарного звукового давления в звуковой волне, прошедшей через оба элемента.

Рассмотрим значение звукового давления в отсутствие второго элемента, т. е. в плоскости $z = 0$ (соответственно $d = 0$). Имеем:

$$S_{(p)} = \frac{\tau p_0 [\cos \theta - 1 + \tau]}{2 - 2\tau + \tau^2 - 2(1-\tau)\cos \theta} = \frac{\tau^2 p_0}{2 - 2\tau + \tau^2 - 2 + 2\tau} = p_0. \quad (14)$$

Звуковое давление связано с амплитудой звукового давления в падающей волне. Из введенного обозначения $\tau = B^2 = W_{np} / W_{nao}$ можно определить значение звуковой мощности в воздушном промежутке между элементами $\tau = W_2 / W_1 = W_3 / W_2$. Тогда $W_2 = \sqrt{W_1 W_3}$.

Энергия звукового поля в воздушном промежутке может быть определена через значения энергий верхнего и нижнего полупространств.

Рассматривая воздушный промежуток как некоторое передаточное звено между плоскостями с уровнями звуковой мощности W_1 и W_3 , можно определить уровень звуковой мощности в заданном промежутке. Для этого достаточно будет практически измерить уровни W_1 и W_3 и определить $W_2 = \sqrt{W_1 W_3}$.

Это может дать возможность регулирования уровня звуковой мощности в воздушном промежутке путем внесения соответствующего поглощающего материала.

Найдем теперь положение второго элемента, $z = d$, при котором амплитуда звукового давления в плоскости второго элемента будет минимальной.

Перепишем выражение суммарного звукового давления в виде:

$$S = \frac{\tau p_0 [\cos(2kd \cos \theta) - A^2]}{1 + A^4 - 2A^2 \cos(2kd \cos \theta)} = \frac{\tau p_0 (\cos x - A^2)}{1 + A^4 - 2A^2 \cos x}. \quad (15)$$

Найдем экстремум этой функции и возьмем $dS/dx = 0$:

$$dS/dx = \tau p_0 \frac{-\sin x (1 + A^4 - 2A^2 \cos x) - 2A^2 \sin x (\cos x - A^2)}{(1 + A^4 - 2A^2 \cos x)^2}. \quad (16)$$

Приравняв численность к нулю, имеем:

$$-\sin x + A^4 \sin x = 0 \text{ или } \sin x (A^4 - 1) = 0.$$

Здесь возможны два варианта:

$$1) \sin x = 0 \quad \sin(2kd \cos \theta) = 0, \text{ т. е. } kd \cos \theta = m\pi.$$

Проанализировав это решение, можно определить положение плоскостей с минимальным давлением:

$$2) A^4 - 1 = 0, \text{ т. е. } A^2 = 1.$$

Имеем дело с полностью отражающей поверхностью. В этом случае при падении звуковой волны из верхнего полупространства на элемент происходит полное отражение волны назад, в верхнее полупространство. Таким образом, звуковая волна в воздушном промежутке между плоскостями не проходит и соответственно не попадает в нижнее полупространство.

На основе теоретических исследований произведена оценка прохождения и излучения звука в ограждающих конструкциях из двойных слоистых вибродемпфированных элементов. Полученные формулы дают возможность определять излучательную способность и, следовательно, звукоизоляцию конструкции.

Список литературы

1. Юфевев А. П. Повышение звукоизоляции двустенных конструкций в зданиях. Дис... канд. техн. наук. Нижний Новгород. 1997. 136 с.
2. Старцева О.В., Овсянников С.Н. Исследование звукоизоляции однослойных и двухслойных перегородок // *Жилищное строительство*. 2012. № 6. С. 43–46.
3. Самохвалов А.С., Овсянников С.Н. Влияние воздушного промежутка на звукоизоляцию окон в раздель-

ных переплетах // *Наука и образование в жизни современного общества: Материалы Международной научно-практической конференции*. Москва, 2013. С. 149–152.

4. Старцева О.В., Овсянников С.Н. Теоретические и экспериментальные исследования звукоизоляции перегородок // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2013. № 2 (30) С. 176–184.
5. Дымченко В.В., Монич Д.В. Повышение звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок путем применения рациональной конструкции стоечных профилей // *Приволжский научный журнал*. 2014. № 3 (31). С. 48–52.
6. Патент РФ 114472. *Двойная звукоизолирующая конструкция с обшивками из слоистых вибродемпфированных панелей с измененной изгибной жесткостью* / Кочкин А.А., Шашкова Л.Э. Заявл. 04.05.2011. Опубл. 27.03.2012. Бюл. № 9.
7. Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И. Метод расчета шумового режима в зданиях с коридорными системами панорамы // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2014. № 2 (6). С. 70–75.

References

1. Yuferev A.P. Povyshenie zvukoizolyatsii dvustennykh konstruktсий v zdaniyakh [Increase of sound insulation of double-walled designs in buildings]. Cand. Diss. (Engineering). Nizhniy Novgorod. 1997. 136 p. (In Russian).
2. Startseva O.V., Ovsyannikov S.N. Research of sound insulation of single-layer and two-layer partitions. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 6, pp. 43–46. (In Russian).
3. Samokhvalov A.S., Ovsyannikov S.N. Influence of an air interval on sound insulation of windows in separate covers. *Nauka i obrazovanie v zhizni sovremennogo obshchestva: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Science and education in life of modern society: Materials of the International scientific and practical conference]. Moscow, 2013, pp. 149–152. (In Russian).
4. Startseva O.V., Ovsyannikov S.N. Theoretical and pilot studies of sound insulation of partitions. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2013. No. 2 (30), pp. 176–184. (In Russian).
5. Dymchenko V.V., Monich D.V. Increase of sound insulation of frame and sewing partitions by application of a rational design of rack-mount profiles. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. 2014. No. 3 (31), pp. 48–52. (In Russian).
6. Patent RF 114472. *Dvoynaya zvukoizoliruyushchaya konstruktсия s obshivkami iz sloistyykh vibrodempfiruyemykh panelei s izmenennoy izgibnoy zhestkost'yu* [The double soundproofing design with coverings from layered the vibrodempfiruyemykh of panels with the changed flexural rigidity]. Kochkin A. A., Shashkova L. E. Declared 04.05.2011. Published 27.03.2012. Bulletin No. 9. (In Russian).
7. Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I. Method of calculation of the noise mode in buildings with corridor systems of a breading. *Biosfernaya sovmetimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2014. No. 2 (6), pp. 70–75. (In Russian).

УДК 699.844

А.С. ПОЛЕВЩИКОВ, канд. техн. наук (eapas@mail.ru)
Вятский государственный университет (610000, г. Киров, ул. Московская, 36)

Звукоизоляция междуэтажных перекрытий в жилых зданиях

Рассмотрены основные пути распространения шума в жилых зданиях, ошибки при устройстве полов и междуэтажных перекрытий, которые негативно сказываются на звукоизоляционной способности ограждающих конструкций. Описаны возможные последствия плохой звукоизоляции и пути решения проблем. Представлены основные мероприятия по защите от шума в помещениях жилых и общественных зданий, современное состояние вопроса нормирования звукоизоляции, достоинства и недостатки нормативных документов по звукоизоляции. Изучено состояние некоторых материалов, используемых в качестве упругих звукоизоляционных прокладок. Предложено использование специальных упругих прокладок оригинальной конструкции для повышения звукоизоляции междуэтажных перекрытий.

Ключевые слова: звукоизоляция, ударный шум, воздушный шум.

A.S. POLEVSHCHIKOV, Candidate of Sciences (Engineering)
Vyatka State University (36, Moskovskaya Street, 610000, Kirov, Russian Federation)

Sound Insulation of Intermediate Floors in Residential Buildings

Main ways of the noise distribution in residential buildings, errors in the construction of floors and intermediate floors which negatively affect the sound insulating capacity of enclosing structures are considered. Possible consequences of the bad sound insulation and ways to solve the problem are described. Main measures aimed at sound protection in premises of residential and public buildings, current status of the issue of sound insulation regulation, advantages and disadvantages of normative documents concerning the sound insulation are presented. The condition of some materials used as flexible sound insulating seals has been studied. It is proposed to use special flexible seals of an original design for improving the sound insulation of intermediate floors.

Keywords: sound insulation, impact noise, airborne noise.

Под звукоизоляционными свойствами ограждающих конструкций (стен, перекрытий) понимается способность уменьшать проходящий через них шум из соседних помещений. Шумы в жилых помещениях подразделяются на воздушный, ударный и структурный. Дополнительной причиной акустического дискомфорта в жилых квартирах служит инженерное оборудование в зданиях. Особенно это сказывается в зданиях из сборных или монолитных железобетонных конструкций.

Сейчас квартиры в новостройках продаются в основном с так называемой «черновой отделкой». При этом недостаточную звукоизоляцию стен и перекрытий имеют как недорогие квартиры, так и «элитные». Включение всех необходимых мероприятий по обеспечению качественной звукоизоляции квартир в проект жилого здания повышает общую стоимость строительства как минимум на 30–50% [1]. В советское время частичное отступление от требований звукоизоляции оправдывалось необходимостью обеспечить больше бесплатного жилья. Сейчас требование звукоизоляции не выполняют из-за того, что застройщик стремится продать как можно больше жилья за меньшую стоимость, чем у конкурентов. Покупатели недвижимости со своей стороны также хотят купить квартиры большей площади по минимальной стоимости. Даже в элитном сегменте только начинают серьезно думать о качественной звукоизоляции. Плохую акустическую среду жильцы начинают замечать, как правило, после проведения дорогостоящей отделки квартиры, когда вселятся все соседи.

Чтобы звукоизоляция перекрытия в строящихся панельных зданиях соответствовала нормативным требованиям, необходимо по плите толщиной 100 мм (обычно) спроектировать и качественно выполнить пол по упругим звуко-изоляционным прокладкам. Но обычно непосредственно на плиты настиляется линолеум или ламинат на тепло-звукоизоляционной основе – вспененном полиэтилене. В итоге через перекрытия слышен даже негромкий разговор. Большинство жалоб от жильцов многоэтажных домов приходится на плохую звукоизоляцию межэтажных перекрытий. Ухудшается звукоизоляция и благодаря косвенной передаче звука: появление трещин в конструкциях из-за брака или при усадочных и осадочных явлениях, старение и износ недолговечных звукоизоляционных материалов [1, 2].

Согласно СП 51.13330.2011 «Защита от шума» мероприятия по защите от шума должны предусматривать в помещениях жилых и общественных зданий ограждающие конструкции, обеспечивающие нормативную звукоизоляцию, с тем чтобы шум в помещениях не превышал предельно допустимые уровни звукового давления (шума). Они составляют 45 дБА с 23.00 до 7.00 ч (шум работающего компрессора холодильника) и 55 дБА с 7.00 до 23.00 ч (шум электробритвы).

В идеале предельный уровень шума в ночное время не должен превышать 20–25 дБА (шум листвы), но в многоэтажных зданиях это практически невыполнимо. Нормируемыми параметрами звукоизоляции конструкций зданий являются индекс изоляции воздушного шума R_w и ин-

декс приведенного уровня ударного шума L_{nw} . Например, для перекрытий между квартирами R_w должен быть равен или больше 52 дБ, а $L_{nw} \leq 60$ дБ. Таким требованиям минимально удовлетворяет перекрытие с несущей плитой толщиной 100 мм, половые доски в шпунт толщиной не менее 37 мм по лагам 40–80 мм, уложенные на прокладки из супертонкого волокна толщиной 20 мм. Следует обратить внимание, что в связи с введением СП 51.13330.2011 «Защита от шума» произошло изменение в численных значениях нормативных индексов звукоизоляции R_w и L_{nw} по сравнению со СНиП II-12-77 «Защита от шума». В свое время Министерство юстиции РФ отказало в регистрации СП 23-03-2003 «Защита от шума» из-за того, что в нем нормативные индексы изоляции внутренними ограждающими конструкциями зданий приняты в зависимости от категорий зданий А, Б или В. При этом звукоизоляция стен и перекрытий квартир категории А должна была быть такой, что жильцы будут только догадываться, что у них есть соседи. Жильцы квартир категории В будут слышать ходьбу и разговоры соседей. При этом квартиры категории А будут стоить на 30–50% дороже, чем квартиры категории Б и В.

Самым лучшим решением проблемы звукоизоляции перекрытий является устройство перекрытий с полами по упругим прокладкам. В жилых зданиях постройки 60–90-х гг. XX века в качестве материала упругих прокладок применялись изделия из силикатных волокон (стеклянных, минеральных), предназначенных в основном для целей теплоизоляции. Основным недостатком всех этих изделий как упругих прокладок – большая сжимаемость в процессе эксплуатации. В СНиП II-12-77 «Защита от шума» даже регламентировалось относительное сжатие от 40 до 65% первоначальной высоты. Из-за осадки пола на 20–40 мм по прокладкам из таких изделий у мест примыкания к стенам появлялись трещины, кроме того, из-за зыбкости и неравномерной осадки пола разрушалось основание (стяжка) и верхнее покрытие пола. В результате всего этого в процессе эксплуатации происходило снижение звукоизоляционных качеств межэтажных перекрытий с полами по упругим прокладкам или звукоизоляционному слою ниже нормируемых параметров задолго до окончания срока службы полов. Строители были вынуждены применять в качестве упругих прокладок древесно-волокнистые плиты, которые имеют небольшую сжимаемость, но низкие звукоизоляционные качества и быстрое старение и подверженность биологическому разрушению. Согласно таблице 11 СНиП II-12-77 относительное сжатие плит ДВП составляет 10%, а фактически всего через 5 лет эксплуатации – 30%. Практика эксплуатации плит из силикатных волокон на основе связующего в качестве упругих прокладок показала, что они, особенно под лагами, превращаются в стеклянную труху из-за ломкости волокон в местах их соединения связующим.

С целью обеспечения необходимых звукоизоляционных свойств междуэтажными перекрытиями с полами по упругим прокладкам (звукоизоляционному слою) в процессе длительной эксплуатации был предложен способ изготовления звукоизоляционных прокладок из силикатных волокон без связующего со средним диаметром волокон 1–6 мкм [2]. Суть изобретения в необходимости предварительного уплотнения распушенного слоя волокон и закрепления толщины слоя, например прошивкой, иглопро-

биванием. Усилие уплотнения принимается в зависимости от величины будущей эксплуатационной нагрузки. Никакой осадки у полов с прокладками из таких материалов не будет.

К сожалению, в СП 23-103–2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий» рекомендуются недолговечные минераловатные плиты на связующем и прошивные без всякого предварительного уплотнения и даже закладывается их относительное сжатие до 50%. Значит, уже в течение первого года эксплуатации прокладки под лагами будут сжиматься, что снова приведет к существенному ухудшению звукоизоляционных качеств перекрытий, к зыбкости и растрескиванию полов. Также СП 23-103–2003 рекомендует для звукоизоляционных прокладок материалы на основе полиуретана и полистирола, а разные фирмы предлагают звукоизоляционные материалы на основе резины, полиэстера, синтепона. Но у полимерных материалов, особенно под нагрузкой, происходит интенсивная химическая и механическая деструкция (разрушение), что со временем приводит к ухудшению упругих, т. е. звукоизоляционных свойств. Полимерные материалы можно рекомендовать лишь с учетом опыта их длительной эксплуатации. Выпускаются прошивные материалы из распушенного супертонкого волокна, диаметр волокон 1–3 мкм. Такие прокладки очень долговечны, но они производятся также без предварительного уплотнения.

Из всех предлагаемых звукоизоляционных материалов можно выделить материалы, выполненные из нескольких слоев стеклоткани. Осадки полов по ним не будет, и если заявленные фирмами звукоизоляционные характеристики соответствуют действительности, то их следует рекомендовать к применению.

Что касается полов из линолеума, рулонных или в виде плиток, то с целью обеспечения нормативной звукоизоляции толщина сплошной плиты перекрытия должна быть не менее 180 мм. Если перекрытие из железобетонных плит с пустотами круглого сечения толщиной 220 мм, то перед настилкой линолеума необходимо сделать стяжку из цементно-песчаного раствора толщиной 30–50 мм. В обоих случаях в плитах до устройства верхнего покрытия пола необходимо тщательно заделать все отверстия и щели особенно по периметру комнат.

В настоящее время у проектировщиков есть широкий спектр документации и источников информации для создания акустического комфорта в жилых помещениях: нормативная база по борьбе с шумом в помещениях и по звукоизоляции ограждающих конструкций в виде ГОСТ, СНиП, СП; различные руководства, инструкции, рекомендации и пособия по расчету и проектированию звукоизоляции, виброизоляции ограждающих конструкций; альбомы инженерных решений звукоизоляции стен и перекрытий; предложения и рекомендации различных фирм по применению предлагаемых звукопоглощающих и звукоизолирующих конструкций и материалов.

Необходимо во всех типах жилых домов с перекрытиями и стенами из любых материалов полы в квартирах делать строго по проекту. Отступление от проекта согласовывать с проектной организацией. Это необходимо закрепить законодательно, поскольку строительные организации прекрасно знают все эти требования, а жильцы по-прежнему стремятся экономить.

Список литературы

1. Цукерников И.Е., Тихомиров Л.А., Соломатин Е.О., Салтыков И.П., Кочкин Н.А. Решение задач строительной акустики как фактора, обеспечивающего безопасность и комфортность проживания в зданиях // *Жилищное строительство*. 2014. №10. С. 48–49.
2. Мурзакова А.Р., Шаяхметов У.Ш., Васин К.А., Бакунов В.С. Разработка технологии получения эффективного строительного пористого тепло- и звукоизоляционного конструкционного материала // *Строительные материалы*. 2011. № 5. С. 65–66.
3. Антонов А.И., Бацинова А.В., Крышов С.И. Оценка шума в помещениях с источниками импульсного звука периодического действия // *Вестник МГСУ*. 2011. Т. 1. № 3. С. 48–53.
4. Хританков В.Ф. Легкие органоминеральные бетоны с повышенной звукопоглощающей способностью // *Строительные материалы*. 2009. № 8. С. 60–63.

References

1. Tsukernikov I.E., Tikhomirov L.A., Solomatin E.O., Saltykov I.P., Kochkin N.A. Solution of Building Acoustic Problems as a Factor Ensuring Safety and Comfort of Habitation in Buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 10, pp. 48–49. (In Russian).
2. Murzakova A.R., Shayakhmetov U.Sh., Vasin K.A., Bakunov V.S. Development of Technology of Production of an Efficient Building Porous Heat and Sound Insulating Constructional Material. *Stroitel' nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 5, pp. 65–66. (In Russian).
3. Antonov A.I., Batsunova A.V. Kryshov S.I. Evaluation of noise in the room with the sound source pulse of a periodic action. *Vestnik MGSU*. 2011. Vol. 1. No. 3, pp. 48–53. (In Russian).
4. Khritankov V.F. Light Organomineral Concretes with Heightened Sound Absorbing Property. *Stroitel' nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 8, pp. 60–63. (In Russian).



<http://ejournal.rifsm.ru/>

ВИНТОВЫЕ ГРУНТОВЫЕ АНКЕРА

АТЛАНТ

- ПРОИЗВОДСТВО В РОССИИ
- В НАЛИЧИИ НА СКЛАДЕ
- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УСТАНОВКИ
- ПЕРЕСОГЛАСОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

(495) 226-18-37
(342) 200-79-00

info@anker-system.ru
www.anker-system.ru



АНКЕРНЫЕ
СИСТЕМЫ

Реклама



УДК 699.844

Л.Э. ШАШКОВА, канд. техн. наук (loli-sha@yandex.ru), А.А. КОЧКИН, д-р техн. наук
Вологодский государственный университет (160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15)

Исследование влияния месторасположения и заполнения пропилов в вибродемпфированных элементах на их звукоизоляцию

Представлены результаты экспериментальных исследований звукоизоляции вибродемпфированных элементов с измененной изгибной жесткостью. Доказано, что месторасположение пропилов в предлагаемых конструкциях не влияет на их звукоизоляцию, а при заполнении пропилов вибродемпфирующим материалом наблюдается повышение звукоизоляции.

Ключевые слова: вибродемпфированные элементы, изгибная жесткость, звукоизоляция.

L.E. SHASHKOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (loli-sha@yandex.ru), A.A. KOCHKIN, Doctor of Sciences (Engineering)
Vologda State University (15, Lenina Street, 160000, Vologda, Russian Federation)

Research in Impact of Location and Filling of Saw Notches in Vibrodamped Elements on Their Sound Insulation

Results of the experimental study of sound insulation of vibrodamped elements with changed flexural rigidity are presented. It is proved that the location of saw notches in proposed structures does not influence on their sound insulation, and at the filling of saw notches with vibrodamped material, improvement of sound insulation is observed.

Keywords: vibrodamped elements, flexural rigidity, sound insulation.

Создание комфортной звуковой среды актуально во всех сферах жизнедеятельности человека. Снижение шума в помещениях зданий, как правило, обеспечивается методами звукоизоляции, путем устройства соответствующих конструкций [1, 2]. Следует также учитывать и влияние шумовых полей на звукоизоляцию ограждений в помещениях различной планировки и размеров [3–5].

К наиболее перспективным легким ограждающим конструкциям относятся слоистые конструкции с внутренними вибродемпфирующими слоями, звукоизолирующая эффективность которых зависит от их внутренних потерь и изгибной жесткости. При соответствующем соотношении потерь и жесткости конструкции можно получить достаточно эффективные конструкции, обеспечивающие звукоизоляцию при минимуме увеличения массы и расхода материалов [6, 7]. Поэтому исследование конструкций из вибродемпфированных элементов с учетом изменения их изгибной жесткости в соотношении с демпфирующими свойствами является актуальной научной задачей в области строительной акустики, имеющей важный практический интерес.

Для проектирования таких конструкций с улучшенными характеристиками необходимо проведение комплекса экспериментальных исследований с целью определения оптимальных параметров, одним из которых является расположение пропилов

в элементе и заполнение пропилов вибродемпфирующим материалом.

Экспериментальные исследования звукоизоляции вибродемпфированных элементов проводились в больших реверберационных камерах Вологодского государственного университета.

На рис. 1 представлены результаты измерений звукоизоляции вибродемпфированного элемента, когда пропилы расположены или на наружной, или на внутренней поверхности жесткого слоя со стороны промежуточного слоя глубиной на половину его толщины.

Также на рис. 2 приведены результаты исследования частотной характеристики звукоизоляции вибродемпфи-

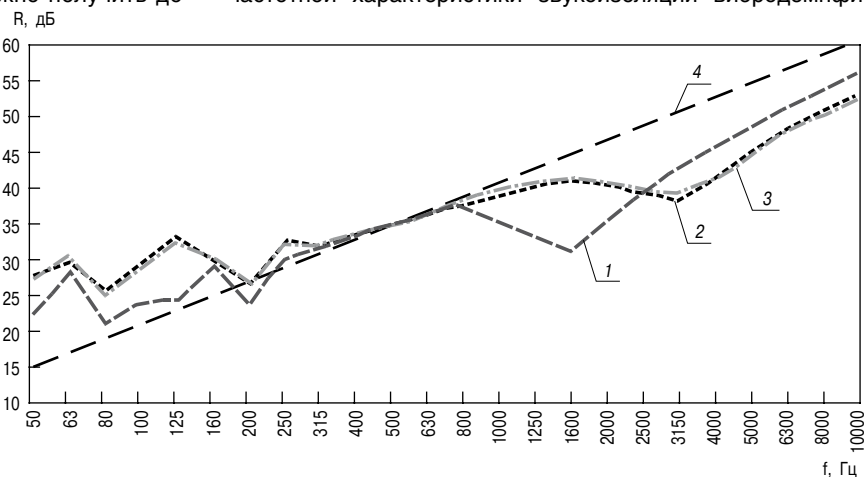


Рис. 1. Частотные характеристики звукоизоляции ВДЭ, состоящих из двух листов фанеры толщиной по 18 мм и прослойки из силикона толщиной 3 мм, $\mu=25 \text{ кг/м}^2$: 1 – без пропилов, $R_w=37 \text{ дБ}$; 2 – наружные пропилы с шагом 20 мм, $R_w=38 \text{ дБ}$; 3 – внутренние пропилы с шагом 20 мм, $R_w=38 \text{ дБ}$; 4 – закон массы

рованного элемента с измененной изгибной жесткостью (ВДЭ с ИИЖ), в котором пропилы заполнены вибродемпфирующим материалом.

Из сравнения частотных характеристик звукоизоляции (рис. 1) можно сделать вывод, что повышение звукоизоляции достигается за счет смещения граничной частоты волнового совпадения в область более высоких частот, а месторасположение пропилов не оказывает влияния на звукоизоляцию вибродемпфированных элементов во всем частотном диапазоне. Таким образом, при проектировании и эксплуатации данных элементов и конструкций из них целесообразно использовать внутренние пропилы, расположенные со стороны вибродемпфирующего слоя.

Для вибродемпфированных элементов с измененной изгибной жесткостью (рис. 2) повышение звукоизоляции в области волнового совпадения и высоких частот составляет до 15 дБ, индекс изоляции воздушного шума увеличивается на 4 дБ по сравнению с исходным вибродемпфированным элементом.

Рост звукоизоляции закономерен, так как в этом случае увеличиваются общий коэффициент потерь и поверхностная плотность ограждения. Следует отметить, что повышение звукоизоляции однослойных элементов на такую же величину возможно путем увеличения поверхностной плотности ограждения на 50–60%, что приведет либо к увеличению нагрузок и материалоемкости, либо к применению двухстенных конструкций с воздушным промежутком, а значит, увеличению общей толщины конструкции и снижению полезной площади помещений.

Список литературы

1. Старцева О.В., Овсянников С.Н. Исследование звукоизоляции однослойных и двухслойных перегородок // *Жилищное строительство*. 2012. № 6. С. 43–46.
2. Гребнев П.А., Монич Д.В. Исследование звукоизолирующих свойств многослойных ограждений с жестким наполнителем // *Жилищное строительство*. 2012. № 6. С. 50–51.
3. Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И., Шубин И.Л. Влияние звукопоглощения помещений и звукоизоляции дверей на шумовой режим в квартирах жилых зданий // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 45–48.
4. Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И., Шубин И.Л. Метод расчета шума в квартирах с ячейковыми системами планировки // *Жилищное строительство*. 2013. № 7. С. 33–35.
5. Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И. Метод расчета шумового режима в зданиях с коридорными системами планировки // *Строительство и реконструкция*. 2013. № 3 (47). С. 28–32.
6. Патент РФ 107802. *Звукоизолирующая вибродемпфированная слоистая панель с измененной изгибной жесткостью* / Кочкин А.А., Шашкова Л.Э. Заявл. 06.12.2010. Опубл. 27.08.2011. Бюл. № 24.

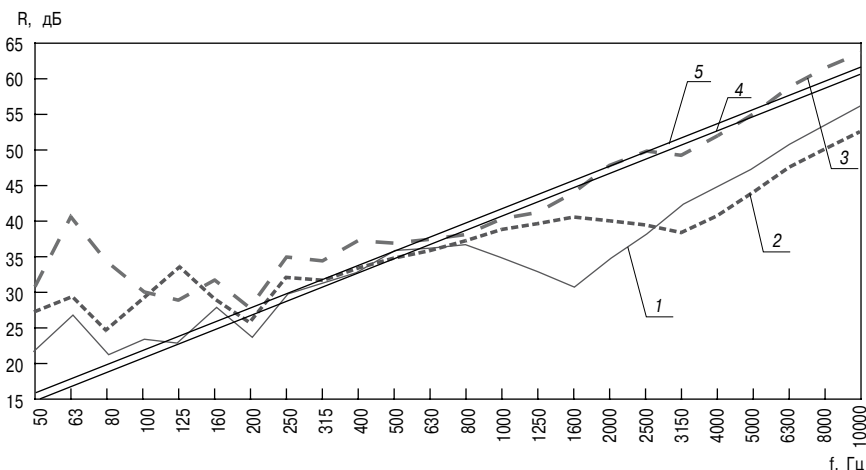


Рис. 2. Частотные характеристики звукоизоляции ВДЭ, состоящих из двух листов фанеры толщиной по 18 мм и прослойки из силикона толщиной 3 мм, $\mu=25 \text{ кг/м}^2$: 1 – без пропилов, $R_w=37 \text{ дБ}$; 2 – внутренние пропилы с двух сторон с шагом 20 мм на глубину 9 мм, $R_w=38 \text{ дБ}$; 3 – внутренние пропилы с двух сторон с шагом 20 мм на глубину 9 мм заполнены силиконом, $R_w=41 \text{ дБ}$; 4 – закон массы для конструкции 2; 5 – закон массы для конструкции 3, $\mu=28 \text{ кг/м}^2$

7. Патент РФ 114472. *Двойная звукоизолирующая конструкция с обшивками из слоистых вибродемпфированных панелей с измененной изгибной жесткостью* / Кочкин А.А., Шашкова Л.Э.; Заявл. 04.05.2011. Опубл. 27.03.2012. Бюл. № 9.

References

1. Startseva O.V., Ovsyannikov S.N. Research of sound insulation of single-layer and two-layer partitions. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 6. pp. 43–46. (In Russian).
2. Grebnev P.A., Monich D.V. Study of sound-insulation properties of multilayer enclosures with hard filler. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 6. pp. 50–51. (In Russian).
3. Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I., Shubin I.L. Effect of Sound Absorption of Premises and Sound Proofing of Doors on the Noise Mode in Apartments of Residential Buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 6, pp. 45–48. (In Russian).
4. Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I., Shubin I.L. Method of Calculation of Noise in Apartments with Cell Systems of Layout. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 7, pp. 33–35. (In Russian).
5. Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I. Metod of calculation of a noise mode in buildings with corridor systems of planning. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2013. No. 3 (47), pp. 28–32. (In Russian).
6. Patent RF 107802. *Zvukoizoliruyushchaya vibrodempfiruvannaya sloistaya panel' s izmenennoi izgibnoi zhestkost'yu* [The soundproofing vibrodempfiruvannyy layered panel with the changed flexural rigidity]. Kochkin A.A., Shashkova L.E. Declared 06.12.2010; Published 27.08.2011. Bulletin No. 24. (In Russian).
7. Patent RF 114472. *Dvoynaya zvukoizoliruyushchaya konstruktsiya s obshivkami iz sloistyykh vibrodempfiruvannykh panelei s izmenennoi izgibnoi zhestkost'yu* [The double soundproofing design with coverings from layered the vibrodempfiruvannykh of panels with the changed flexural rigidity]. Kochkin A. A., Shashkova L. E. Declared 04.05.2011. Published 27.03.2012. Bulletin No. 9. (In Russian).

УДК 624.044.2:51-74

В.А. СМИРНОВ, канд. техн. наук (bolohvost@list.ru)

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

Динамический анализ виброизолятора квазинулевой жесткости при случайных колебаниях основания

Рассматривается задача динамического анализа виброзащитной системы, построенной на виброизоляторах квазинулевой жесткости при случайных колебаниях основания. Представлен аналитический и численный метод расчета нелинейных виброизоляторов. При аппроксимации упругой характеристики виброизолятора степенными полиномами решение задачи получается с использованием уравнения Фоккера–Планка–Колмогорова в замкнутом аналитическом виде. Представлен численный метод расчета вероятностных характеристик колебаний изолируемого оборудования при аппроксимации упругой характеристики виброизолятора сложными функциональными зависимостями.

Ключевые слова: нелинейный виброизолятор, случайные колебания, виброзащита, высокоточное оборудование.

V.A. SMIRNOV, Candidate of Sciences (Engineering) (bolohvost@list.ru)

Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivny Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Dynamic Analysis of a Vibration Isolator of Quasi-Zero Stiffness at Random Base Vibrations

This article discusses the problem of dynamic analysis of a vibration isolation system based on quasi-zero stiffness vibration isolators subjected to random base fluctuations. Both analytical and numerical methods for calculation of nonlinear isolators response are presented. When the isolator's elastic curve is approximated with power polynomials, the solution of the problem is obtained using the Fokker-Planck-Kolmogorov equation in a closed analytic form. The numerical method for calculation of the probability characteristics of the isolated equipment vibrations at the approximation of the vibration isolator's elastic curve with complex functional dependences is presented.

Keywords: nonlinear vibration isolator, random vibrations, vibration isolation, precision equipment.

В современной практике виброизоляции машин и оборудования намечается тенденция применения нелинейных виброзащитных систем. К их основным преимуществам следует отнести высокую эффективность при гашении, прежде всего низкочастотных колебаний, что особенно актуально для виброзащиты высокоточного оборудования [1, 2], например электронных микроскопов, оптических столов, высокоточных измерительных стендов, прецизионных станков и др. В качестве объекта исследования в работе выбран виброизолятор квазинулевой жесткости (ВКЖ). Спектр применения ВКЖ достаточно широк – от виброзащиты ручек отбойных молотков [3], нефтепромыслового оборудования [4] до высокоточного исследовательского оборудования [5, 6]. Специфика эксплуатирующих его организаций в том, что НИИ, отдельные лаборатории и исследовательские центры расположены в городской черте в условиях сложившейся застройки. Они могут быть расположены вблизи линий метрополитена, железнодорожных или трамвайных путей, но практически всегда существует автомобильное сообщение вблизи указанных зданий. Колебания основания в таких сооружениях носят случайный характер.

В связи с этим особую важность представляет анализ ВКЖ при действии случайных колебаний основания. При рассмотрении случайных воздействий на ВКЖ входное воздействие обычно считается стационарным и подчиняющимся нормальному закону распределения [7]. В расчетах упругая характеристика ВКЖ аппроксимируется полиномом. Если виброзащитная система имеет слабую нелинейность и распределение входного сигнала близко к нормальному, то мы можем воспользоваться методом ста-

тистической линеаризации для нахождения характеристик случайных процессов отклика системы. Однако такой метод является недостаточно точным при сильной нелинейности упругой характеристики виброизолятора, что отмечается в работах [8]. В связи с этим воспользуемся методом сведения стохастического дифференциального уравнения к уравнению Ито. Рассмотрим вынужденные колебания оборудования (массой m) на виброisolаторе с нелинейной восстанавливающей силой (коэффициенты полинома k_1 и k_2) и линейным коэффициентом демпфирования $\beta=c/m$ при действии на систему случайных колебаний, заданных гауссовым белым шумом со спектральной плотностью S . Урав-

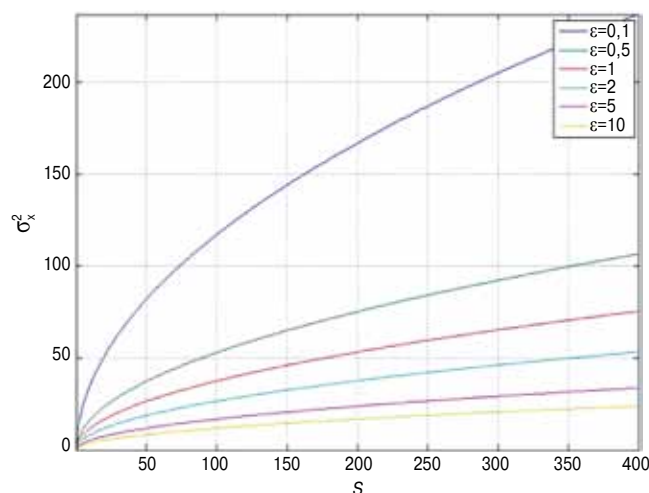


Рис. 1. Графики решения уравнения

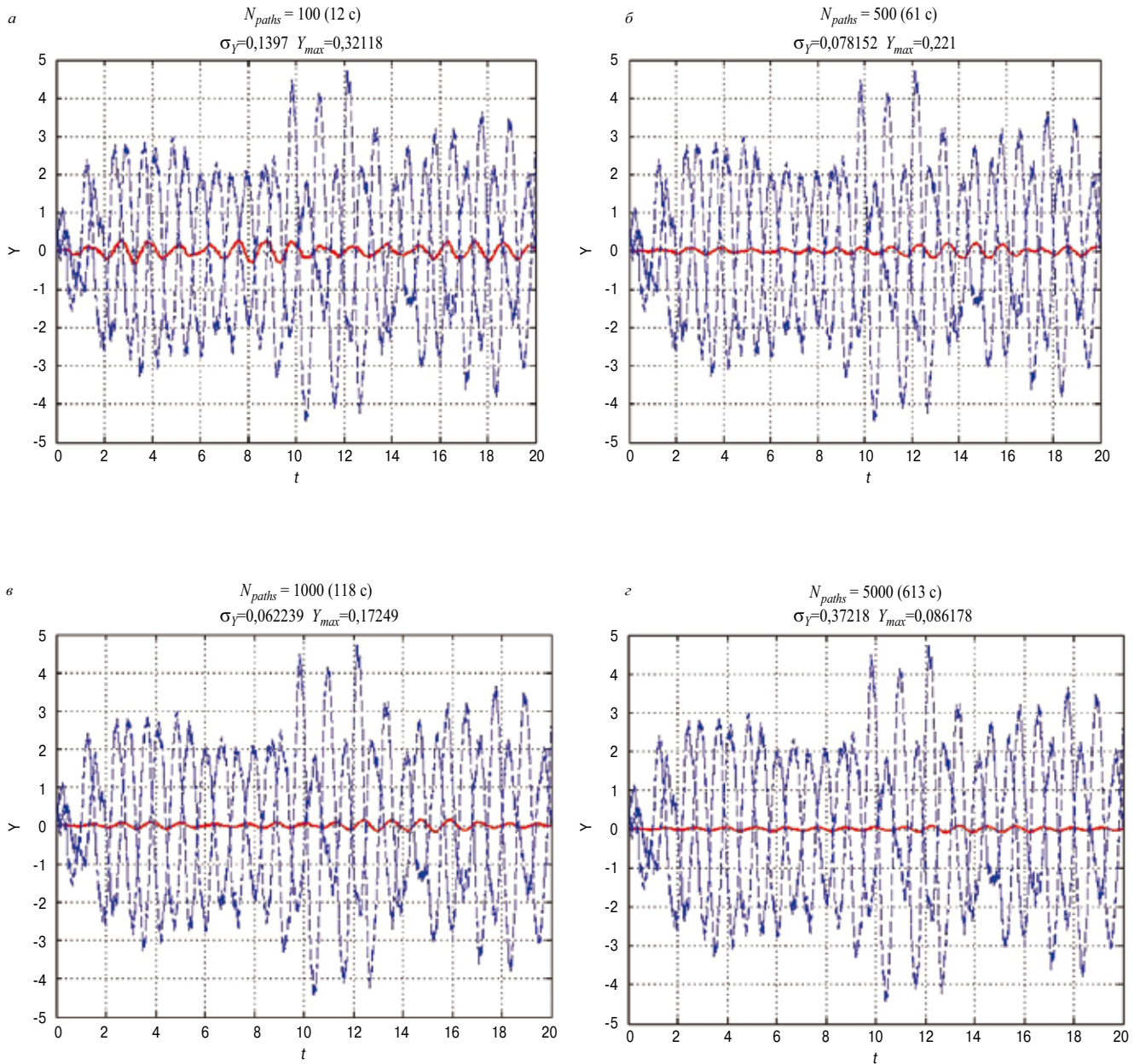


Рис. 2. Траектории решения $y(t)$

нение вынужденных колебаний такой системы запишем в виде:

$$\ddot{u} + \beta \dot{u} + \Omega^2 u + \varepsilon u^3 = w(t), \quad (1)$$

где $\beta = c/m$; $\Omega^2 = k_1/m$; $\varepsilon = k_3/m$.

Соответствующее дифференциальное уравнение Ито примет вид:

$$\begin{cases} dx_1 = x_2 dt \\ dx_2 = [-\beta x_2 - g(x_1)] dt + dB(t), \end{cases} \quad (2)$$

где $g(x) = \Omega^2 x_1 + \varepsilon x_1^3$.

Уравнение можно привести к уравнению Фоккера–Планда–Колмогорова:

$$x_2 \frac{\partial p_s}{\partial x_1} - \frac{\partial [\beta x_2 + g(x_1)]}{\partial x_2} p_s - \pi S \frac{\partial^2 p_s}{\partial x_2^2} = 0. \quad (3)$$

Введем следующие обозначения:

$$\sigma_{x_0}^2 = \frac{\pi S}{\beta \Omega^2}; \quad \sigma_{x_0} = \frac{\pi S}{\beta}; \quad U(a, z) \Gamma\left(a + \frac{1}{2}\right) e^{\frac{z^2}{4}} = \int_0^\infty e^{-2u \frac{z^2}{2}} u^{\frac{1}{2}} du, \quad (4)$$

где $U(a, z)$ – функция параболического цилиндра или функция Вебера, а $\Gamma(x)$ – гамма-функция.

Обозначая $\mu = \sqrt{\frac{\rho}{2}} \frac{x^2}{\sigma_{x_0}^2}$, получим:

$$x = \sigma_{x_0} \left(\frac{2}{\rho}\right)^{\frac{1}{4}} \mu^{\frac{1}{2}}; \quad \frac{x^2}{2\sigma_{x_0}^2} = \frac{\mu}{\sqrt{2\rho}}; \quad dx = \sigma_{x_0} \left(\frac{2}{\rho}\right)^{\frac{1}{4}} \frac{d\mu}{2\sqrt{\mu}}. \quad (5)$$

Решение для квадрата дисперсии имеет вид:

$$\sigma_x^2 = \sqrt{\frac{\pi S}{2\beta\varepsilon}} U\left(1, \frac{1}{\sqrt{2\rho}}\right) U\left(0, \frac{1}{\sqrt{2\rho}}\right)^{-1}. \quad (6)$$

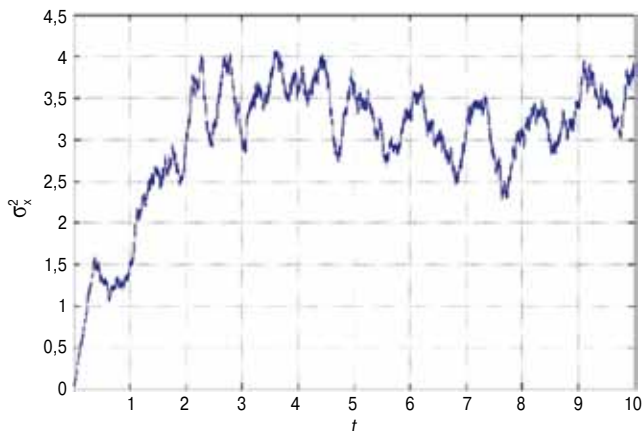


Рис. 3. Численное решение для квадрата дисперсии

Графики решения представлены на рис. 1 в зависимости от различных параметров системы.

Результаты расчета показывают, что при увеличении степени нелинейности виброизолятора квадрат дисперсии снижается при фиксированном значении S . Однако во многих задачах удобнее аппроксимировать упругую характеристику виброизолятора не полиномом, а специальными функциями. В таком случае получить решение можно только численно. Представим численную схему для решения системы вида и проведем анализ полученных результатов. Для начала сведем систему к векторному уравнению:

$$dX = A(X)dt + DdW(t), \quad (7)$$

Список литературы

1. Platus D.L. Smoothing Out Bad Vibes // *Machine Design*. 1993. № 2. P. 123–130.
2. Смирнов В.А. Методы размещения высокоточного оборудования в существующих зданиях // *Жилищное строительство*. 2012. № 6. С. 76–77.
3. Alabuzhev P., Gritchin A., Kim L., Migirenko G., Chon V., Stepanov P. *Vibration Protecting and Measuring Systems with Quasi Zero Stiffness*. New York: Hemisphere Publishing Co., Taylor & Francis Group. 1989. 100 p.
4. Зотов А.Н. Ударозащитная система с квазинулевой жесткостью. *IX Всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике: материалы съезда*. Нижний Новгород. 2006. Т. 1. С. 57.
5. Смирнов В.А. Нелинейный статический анализ виброизолятора из закритически сжатых стержней // *ПГС*. 2014. № 10. С. 34–37.
6. Carrella A., Brennan M.J.; Waters T.P., Shin K. On the design of a high-static–low-dynamic stiffness isolator // *Journal of Sound and Vibration*. 2008. Vol. 315. № 3. P. 712–720.
7. Коловский М.З. *Нелинейная теория виброзащитных систем*. М.: Наука, 1966. 317 с.
8. Cho W.S. To. *Nonlinear random vibration. Analytical techniques and applications*. New York: Hemisphere Publishing Co., Taylor & Francis Group. 2012. 292 p.

$$\text{где } X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}; A(X) = \begin{bmatrix} x_2 \\ -\beta x_2 - g(x_1) \end{bmatrix}; D = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

а $W(t)$ представляет собой стандартное броуновское движение.

Воспользуемся численной схемой Эйлера–Мурамы для уравнения, которая имеет вид:

$$X_i = X_{i-1} + A(X_{i-1})\Delta t + B(W(\tau_i) - W(\tau_{i-1})), \quad i = 1, \dots, N. \quad (9)$$

Данная схема имеет слабый порядок сходимости 1, а сильный 0,5. При решении уравнения получаем лишь одну траекторию случайного процесса. Для анализа нужно вычислить N_{paths} таких траекторий, а решение затем усреднить. Примем $N_{paths} = 100, 500, 1000, 5000$ траекторий случайного процесса $W(t)$ и полученные решения усредняем. Результат усреднения показан на рис. 2. В скобках указано время расчета.

При стремлении числа испытаний к большой величине квадрат дисперсии стремится к значению, полученному при аналитическом решении уравнения Ито, как показано на рис. 3.

Представленный метод позволяет проводить расчеты виброзащитных систем для высокоточного оборудования, построенных на основе нелинейных виброизоляторов. Метод сведения к уравнению Ито позволяет просто получить аналитическое решение в случае аппроксимации упругой характеристики виброизолятора степенным полиномом. Если же упругая характеристика виброизолятора аппроксимируется сложной функцией, получение вероятностных характеристик решения возможно численным методом.

References

1. Platus D.L. Smoothing Out Bad Vibes. *Machine Design*. 1993. No. 2, pp. 123–130.
2. Smirnov V.A. Methods of placing high-precision equipment in existing buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 6, pp. 76–77. (In Russian).
3. Alabuzhev P., Gritchin A., Kim L., Migirenko G., Chon V., Stepanov P. *Vibration Protecting and Measuring Systems with Quasi Zero Stiffness*. New York: Hemisphere Publishing Co., Taylor & Francis Group. 1989. 100 p.
4. Zotov A.N. Shock-proof system with quasi-zero stiffness. *IX All-Russian Congress of Theoretical and Applied Mechanics: Proceedings of the Congress*. Nizhniy Novgorod. 2006. Vol. 1, p. 57. (In Russian).
5. Smirnov V.A. Non-linear static analysis of supercritical compressed isolator rods. *PGS*. 2014. No. 10, pp. 34–37. (In Russian).
6. Carrella A., Brennan M.J.; Waters T.P., Shin K. On the design of a high-static–low-dynamic stiffness isolator. *Journal of Sound and Vibration*. 2008. Vol. 315. No. 3, pp. 712–720.
7. Kolovskii M.Z. *Nelineinaya teoriya vibrozashchitnykh sistem* [Nonlinear theory of vibration isolation systems]. Moscow: Nauka. 1966. 317 p.
8. Cho W.S. To. *Nonlinear random vibration. Analytical techniques and applications*. New York: Hemisphere Publishing Co., Taylor & Francis Group. 2012. 292 p.

УДК 692.22

С.Д. СОКОВА (n.umniakova@mail.ru), канд. техн. наук, В.М. КАЛИНИН, канд. техн. наук
Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское ш., 26)

Повышение надежности подземной гидроизоляции при эксплуатации зданий

Техническое обслуживание подземной части здания является сложной задачей, а в нормативных документах представлены старые визуальные методы сезонных смотров подвалов, не учитывающие постоянно меняющихся эксплуатационных условий. Для выбора оптимального и объективного технического решения по эксплуатации подземных конструкций зданий предлагается автоматизировать процесс наблюдения за грунтами и агрессивностью среды, тепловлажностным режимом подвалов, дренажами, гидростатическим напором, механическими повреждениями гидроизоляции и др. Был предложен математический метод подбора – логико-вероятностный метод, базирующийся на теории вероятностей и аппарате алгебры логики высказываний. Система может находиться только в двух состояниях: в состоянии полной работоспособности и в состоянии полного отказа. На основании логико-вероятностного метода, который использует качественное сравнение, выбираются конструктивные решения, технология работ, планируются эксплуатационные мероприятия. Только на этой основе могут быть реализованы принципы конкретности и оперативности многовариантного анализа сложных систем, научное обоснование решений по их разработке и эксплуатации в реальном масштабе времени функционирования.

Ключевые слова: логико-вероятностный метод, вес логической функции работоспособного или неработоспособного состояния, вероятность возникновения дефекта, надежность, долговечность, отказ, срок службы конструкции.

S.D. SOKOVA, Candidate of Sciences (Engineering), V.M. KALININ, Candidate of Sciences (Engineering)
Moscow State University of Civil Engineering(26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Improving the Reliability of Underground Waterproofing During Buildings Operation

Maintenance of the underground part of the building is a daunting task, but in the regulations the old visual methods of seasonal inspections of basements without regard for the ever-changing operating conditions are presented. To select the optimal and objective technical decision on the operation of underground structures of buildings, it is proposed to automate the process of monitoring of soils and aggressive media, heat and humidity regime of basements, drains, hydrostatic pressure, mechanical damages of waterproofing et.al. A mathematical method of selection- logical-and-probabilistic method based on the theory of probability and propositional algebra apparatus is proposed. The system can be only in two states: in a state of complete working capacity and in a state of complete denial. On the basis of logical-probabilistic method, which uses a qualitative comparison, structural conceptions and technology of works are selected, and maintenance activities are planned. Only on this basis, principles of specificity and efficiency of the multi-variant analysis of complex systems, scientific justification of decisions on their development and operation of real-time of functioning can be implemented.

Keywords: logical-probabilistic method, weight of logical function of workable state, or inoperable state, probability of defect occurrence, reliability, durability, failure, service life of structure.

За время эксплуатации зданий 1-й группы капитальности с нормативным сроком службы 150 лет гидроизоляция подвергается нескольким капитальным ремонтам. Современная сложившаяся застройка имеет довольно плотную структуру, что не позволяет применять многие традиционные методы защиты несущих подземных конструкций от влаги с наружной стороны. Восстановление гидроизоляции поверхностей с внутренней стороны ограничивает применение некоторых материалов, так как меняется схема соединения материалов с конструкцией с «прижима» на «отрыв», что понижает эксплуатационную стойкость. Одной из проблем нового строительства и эксплуатации существующих зданий и сооружений является гидрозащита и сохранение несущей способности строительных конструкций. Причиной выхода из строя гидроизоляции могут быть ошибки, допущенные на всех этапах жизни зданий: при проектировании, транспортировании материалов и конструкций, монтаже, складировании, эксплуатации. Кроме того, причиной нарушения целостности гидроизоляции элементов конструкций здания во время эксплуатации являются усадка, неравномерное давление

почвы, корни деревьев, промышленные и бытовые воды (стоки); периодически или многократно повторяющиеся тепловые (сезонные и дневные колебания температуры); процесс увлажнения и высыхания (колебания атмосферной влажности, специфические условия службы), как следствие – внутренние напряжения в бетоне. Влага, впитавшаяся в поры бетона (кирпича, камня), при замерзании расширяется (на 9%) и разрывает его. Также влага вызывает коррозию арматуры, находящейся в бетоне. Продукты коррозии, увеличиваясь в объеме, вызывают, в свою очередь, разрушение бетона с образованием микротрещин, открывающих дорогу активному току воды. Кроме того, на бетон (кирпич, камень) оказывают влияние как механические воздействия – удары, выветривание, истирание, так и биологически вредное воздействие бактерий. Результат влияния этих факторов один – протечки. В данной работе сделана попытка определить влияние различных эксплуатационных мероприятий на сохранность гидроизоляции подземных конструкций.

В нормативных документах по эксплуатации подземной части здания приводятся мероприятия по техническому об-

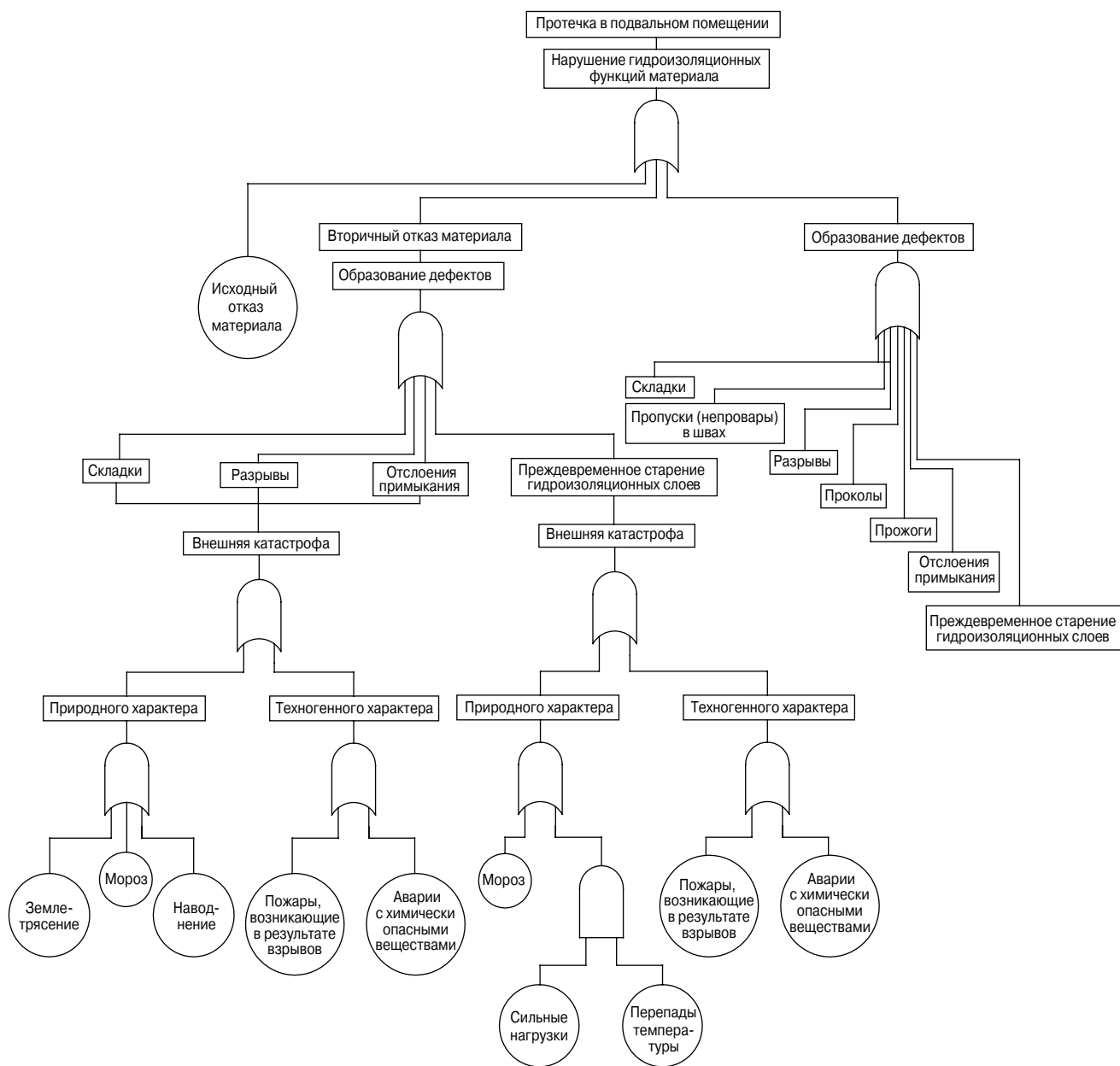


Рис. 1. «Дерево отказов» для битумно-полимерной гидроизоляции

служиванию: подвалы и технические подполья должны сохранять температурно-влажностный режим, препятствующий выпадению конденсата на поверхностях ограждающих конструкций; проветриваться регулярно в течение всего года с помощью вытяжных каналов, вентиляционных отверстий в окнах и цоколе или других устройств с обеспечением не менее чем однократного воздухообмена; продухи в цоколях зданий должны быть открыты [1]. Проветривание подполья следует проводить в сухие и неморозные дни. В случае выпадения на поверхностях конструкций конденсата или появления плесени необходимо устранить источники увлажнения воздуха и обеспечить интенсивное проветривание подвала или технического подполья через окна и двери, устанавливая в них дверные полотна и оконные переплеты с решетками или жалюзи. В подвалах и подпольях с глухими стенами при необходимости следует пробить в цоколе не менее двух вентиляционных отверстий в каждой секции

дома, расположив их в противоположных стенах и оборудовав жалюзийными решетками или вытяжными вентиляторами. Как видно из приведенных данных по техническому содержанию подземной части, все эти мероприятия проводятся сезонно или одновременно с учетом изменений эксплуатационных условий. Сведения, необходимые для выбора оптимального технического решения при эксплуатации зданий: состояние грунтов; состояние несущей конструкции, т. е. ее несущая способность; состояние гидроизоляционного слоя; прочность основания при выдергивании механического крепления гидроизоляции; адгезия гидроизоляционного слоя к основанию и сопротивление его отслоению; уровень грунтовых вод; состояние дренажа. Объективно оценить эти свойства, возможность иметь необходимые сведения в любое время является актуальной задачей. Для объективной оценки состояния конструкций во время эксплуатации предлагается автоматизировать процесс наблю-

дения: установить датчики влажности и температуры в помещениях подвальной части, датчики влажности грунта по периметру здания; установить постоянный контроль за потерей тепла через ограждающие конструкции подвальной части здания, т. е. установить реальные потери тепла. Этот контроль при недостаточной теплоизоляции подземной части сможет объяснить выпадение конденсата на внутренней поверхности стен [2, 3].

Авторами были рассмотрены инновационные методы восстановления водонепроницаемости и осушения несущих и ограждающих конструкций зданий: инъекционный; термоинъекционный с предварительным нагревом конструкций (влажностью более 8%), выполняющимся прутковыми антеннами, пучком направляющими микроволны непосредственно на поверхность конструкции. Электроосмос более дешевый и менее трудоемкий метод по сравнению с микроволновым осушением, но видимый результат происходит только после четырех недель его применения; микроволновый же способ осушает конструкцию в считанные минуты. В случаях особо высокой влажности конструкции применяют также тепловые пушки.

При выборе методов осушения и повышения водонепроницаемости конструкций важен анализ надежности каждого метода, по которой выбирали наиболее оптимальный вариант. Для мониторинга реальных изменений существующих внешних условий при эксплуатации зданий предложены мероприятия: поддержание требуемого влажностного режима изолируемых помещений и степени увлажнения ограждающих конструкций в пределах нормы; обеспечение требуемой трещиностойкости изолируемых конструкций; недопущение величины гидростатического напора выше максимальных проектных значений, механических воздействий на гидроизоляцию свыше максимальных проектных значений, воздействий на гидроизоляцию сред, превышающих по агрессивности проектные значения, повышения температуры эксплуатации гидроизоляции. Предлагается проверять наличие или отсутствие поверхностного дренажа, а также регулярную его промывку, наличие устройства водоподъемной установки в дренажной системе, иначе скапливающаяся вода не удаляется из водоприемника при нарушенном водоотводе. На износ гидроизоляции влияют такие факторы, как отсутствие клапанов или неконтролируемая эксплуатационной службой их работоспособность; гравийная засыпка дренажной трубы, перекрывающая нижнюю часть дренажной стены на недостаточную высоту (менее 50 см от верхнего обреза фундамента). Увлажнение подвальных помещений может наступить при: некорректной работе системы отопления, отсутствии вентиляции подвала, отсутствии утеплителя или его недостаточной толщине, а также при недостаточной толщине наружной стены отапливаемого подвала, которая не соответствует требуемому значению сопротивления теплопередаче [4, 5]. Увлажнение наступает в случае вертикальной облицовки каркаса в нижних и верхних точках утепляемой стены, имеющей прорези для поступления и выхода воздуха шириной менее 2 см, что не обеспечивает непрерывного проветривания поверхности стены. При выборе методов повышения водонепроницаемости ограждающих конструкций важен анализ надежности каждого метода, сделав который можно выбрать наиболее оптимальный вариант, удовлетворяющий всем требованиям. При анализе надежности все методы рассматриваются отдельно и потом уже сравниваются между собой.

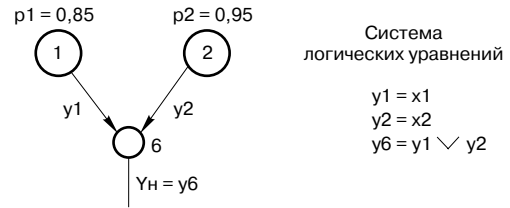


Рис. 2. Схема функциональной целостности надежности системы

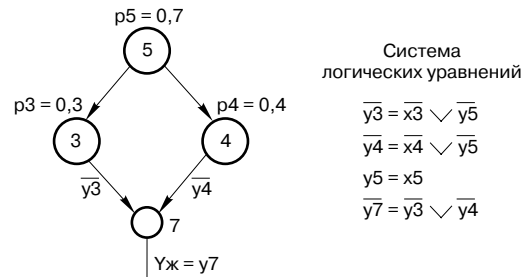


Рис. 3. Схема функциональной целостности живучести системы

До настоящего времени применяется технология системного анализа и вычислительного эксперимента, базирующаяся на ручном построении расчетных моделей сложных систем [6, 7].

Для выявления причины отказа фундамента был применен метод «Дерево отказов» (рис. 1).

Одним из перспективных направлений является разработка логико-вероятностных методов (ЛВМ), математическая сущность которых заключается в использовании функций алгебры логики (ФАЛ) для аналитической записи условий работоспособности системы и в разработке строгих способов перехода от ФАЛ к вероятностным функциям (ВФ), объективно выражающим безотказность этой системы, т. е. с помощью математического аппарата логико-вероятностного метода можно описать различные схемы для расчета надежности, используя теорию вероятностей [8]. Процедура общего логико-вероятностного метода (ОЛВМ) системного анализа свойств объекта выполняется в следующей последовательности:

- а) выбор подхода к исследованию свойств объекта и выполняется математическая модель;
- б) выполнение формализованной постановки задачи структурно-логического моделирования исследуемого свойства объекта.

В начале формализации выполняется анализ процесса функционирования всех элементов объекта, для каждого из которых отображаются данные, при каких условиях он реализует (или не реализует) свои выходные функции. Элемент представляется совокупностью простых бинарных \tilde{x}_i событий, заключающихся в выполнении (невыполнении) i -м элементом своих функций и сложных функциональных \tilde{y}_i событий, определяющих «успех» функционирования i -го элемента при воздействии на него результатов функционирования логически сопряженных с ним других элементов. Графически модель представляет собой множество вершин X (бинарных событий \tilde{x}_i) и множество связывающих их ребер Y (выходных и обеспечивающих функций \tilde{y}_i). Подобное представление называется схемой функциональной целостности $G(X, Y)$ исследуемого объекта. В рассматриваемом примере простые бинарные события выражены как:

Список литературы

1. МДС 2.3–2003 «Правила и нормы технической эксплуатации жилищного фонда».
2. Соков В.Н., Бегляров А.В. Эффективные трехслойные монолитные изделия с наноструктурированным переходным слоем // *Строительные материалы*. 2013. № 11. С. 41.
3. Умнякова Н.П., Шубин И.Л. Актуализированные строительные нормы по защите от шума, естественному и искусственному освещению и тепловой защите зданий, разработанные НИИСФ. *Материалы Международной конференции «Современные инновационные технологии изысканий, проектирования и строительства в условиях Крайнего Севера»*. Якутск. 8–10 августа 2012. С. 40–54.
4. Умнякова Н.П. Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем тепловой защиты // *Вестник МГСУ*. 2013. № 1. С. 94–100.
5. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий // *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 14–17.
6. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1965. 524 с.
7. Левин В.И. Логическая теория надежности сложных систем. М.: Энергоатомиздат, 1985. 264 с.
8. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Политехника, 2001. 276 с.

References

1. MDS 2.3–2003 Rules and regulations of technical maintenance of the housing stock. (In Russian).
2. Sokov V.N, Beglyarov A.V. Efficient three-layer monolithic products with a nano-structured transition layer. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 11, pp. 41. (In Russian).
3. Umnyakova N.P., Shubin I.L. Actualized building codes to protect against noise, natural and artificial light and heat protection of buildings, developed NIISF. *Proceedings of the International Conference «Modern innovative technology research, design and construction in the Far North»*. Yakutsk. 8–10 August 2012, pp. 40–54. (In Russian).
4. Umnyakova N.P. The durability of sandwich walls with brick veneer with a high level of thermal protection. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 1, pp. 94–100. (In Russian).
5. Umnyakova N.P., Butovskiy I.N., Chebotarev A.G. Development of the regulation methods of heat shield of energy efficient buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 14–17. (In Russian).
6. Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Solov'ev A.D. *Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti* [Mathematical methods in reliability theory]. Moscow: Nauka. 1965. 524 p.
7. Levin V.I. *Logicheskaya teoriya nadezhnosti slozhnykh sistem* [The logical theory of reliability of complex systems]. Moscow: Energoatomizdat. 1985. 264 p.
8. Ryabinin I.A. *Nadezhnost' i bezopasnost' strukturno-slozhnykh sistem* [The reliability and safety of structurally complex systems]. Saint-Petersburg: Politehnika. 2001. 276 p.

НОВОСТИ

На рынке появился облицовочный материал на основе баклажанов и тростника

Голландская строительная компания Nova Lignum представила свой новый продукт – прочный высококачественный материал Segapex, разработанный для облицовки фасадов.

Segapex – композитные панели средней плотности, производящиеся по запатентованной технологии MOXY на основе воды, порошка и «волокон». В процессе приготовления, не требующем значительных затрат тепла и энергии, эти компоненты смешиваются и превращаются в твердый композитный материал.

По словам производителя, инновационный материал уникален тем, что почти на 90% состоит из волокон растительного происхождения, в основном из отходов от баклажанов и тростника. При этом в его составе нет ни диоксида кремния, ни продуктов нефтепереработки, но в то же время Segapex сочетает преимущества древесины, армированного цемента и пластика. В качестве альтернативы могут быть

использованы любые другие источники сырья, такие как отходы от лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности, например шлифовальная пыль от станков, отходы целлюлозно-бумажной промышленности, а также макулатура, солома и другие остатки от сбора урожая зерновых культур. Более того, облицовочные панели на 100% подлежат вторичной переработке.

Стоит отметить и прочие достоинства материала: инертность к кислотным и агрессивным средам, стойкость к коррозии, влагостойкость, огнестойкость, устойчивость к атмосферным осадкам и ультрафиолетовым лучам, вследствие чего он не выцветает на солнце, а также устойчивость к появлению грибка и гниению. Как и обычная древесина, панели легко обрабатываются любыми подручными инструментами.

По материалам <http://www.vzavtra.net/>

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.



Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Жилищное строительство» для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автором требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНиПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.



ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–3 года в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

ВНИМАНИЕ! С 1 января 2014 г. изменены требования к оформлению статей. Обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам»!

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом не менее 100 слов на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Жилищное строительство», ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»[®] был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf



Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://rifsm.ru/page/7/>

BATIMAT, INTERCLIMA+ELEC и IDEOBAIN –

международные выставки 2015 года – воплощение инновационных технологий и практических решений для развития бизнеса

2-6 ноября 2015 года три флагманские выставки международной строительной индустрии – BATIMAT, INTERCLIMA+ELEC и IDEOBAIN состоятся одновременно в Париже в выставочном центре Норд Вилльпент, образуя всемирную **Парижскую Строительную Неделю – Mondial du Bâtiment**. Это самая многогранная демонстрационная площадка, где представлены передовые технологические решения, оборудование и материалы для строительства и архитектуры.

Ожидая более 2600 французских и иностранных экспонентов и свыше 350 000 посетителей, три выставки – BATIMAT, INTERCLIMA+ELEC и IDEOBAIN, впервые состоявшиеся вместе в 2013 году, заслуженно обретают новое имя – **Парижская Строительная Неделя** и подтверждают статус ведущего международного отраслевого события в области строительства и архитектуры. Сессия 2015 года – универсальная платформа для развития бизнеса, налаживания прямых контактов между экспонентами и посетителями из Франции и всего мира.

1. УНИКАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА – ИСЧЕРПЫВАЮЩЕЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

Парижская Строительная Неделя 2015 всецело представляет строительный процесс:

>>> **BATIMAT:** строительство, столярное дело & окна, внутренняя и внешняя отделка, оснащение строительной площадки & инструменты, транспортные средства & оборудование, IT & новые технологии, сопутствующие услуги.

>>> **INTERCLIMA+ELEC:** отопительные системы и горячее водоснабжение; кондиционирование воздуха; системы охлаждения & вентиляции; инженерные системы и электрооборудование; насосы, краны и фитинги; монтажное оборудование и технологии; оборудование и решения для «многого» дома/здания.

>>> **IDEOBAIN:** сантехника; гидромассажные ванны, различные насадки для душа, материалы для отделки ванной комнаты, интерьеры ванной комнаты: мебель, свет, аксессуары, ковры и текстиль.

2. УНИКАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА – ГЕНЕРАТОР ИННОВАЦИЙ

96% экспонентов и 99% посетителей отметили инновации как основную цель участия в выставке. Парижская Строительная Неделя не только отражает текущий отраслевой срез, но и демонстрирует инновационные решения будущего, тенденции и передовые разработки, которые придут в отрасль в ближайшее время, что делает выставку действительно инновационным событием в строительной индустрии и архитектуре.

Особенная роль отводится Премии за инновации (Innovation Awards), которая присуждается победителям Конкурса Инноваций, организуемого выставкой. Данный Конкурс представляет перспективные технические новинки и является эффективным средством их продвижения на рынке.

Два нововведения, связанных с Премией инноваций:

>>> **Церемония награждения** состоится за **6 недель до открытия выставки**. 24 сентября 2015 г. Таким образом, победители получают больше времени на презентацию своих новинок будущим посетителям выставки и смогут войти в обзор перспективных трендов развития отрасли, которые будут представлены на Парижской Строительной неделе.

>>> **Инновационные Башни:** во время проведения выставки в центре каждого Павильона будут установлены 7-метровые Башни с целью наилучшей презентации инновационной продукции номинантов и победителей Конкурса. На экранах (3x4 м), расположенных на каждой из 4 сторон этих гигантских сооружений, будут демонстрироваться рекламные ролики, представляющие продукцию экспонентов именно той специальности, которая представлена в данном Павильоне выставки.

3. УНИКАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА – ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ И ОБУЧАЮЩИЙ РЕСУРС

Выставка является важным информационным ресурсом для профессионалов, при этом, одним из основных источников актуальной информации служит программа мероприятий, в рамках которой обсуждаются текущие и будущие тенденции в строительстве и архитектуре. Деловая программа сессии 2015 года состоит из 200 тематических конференций, круглых столов, посвященных «горячим» отраслевым вопросам:

>>> **В центре внимания Премия за инновации:**

Кто может принять участие: Экспоненты и со-экспоненты трех выставок: Batimat, Interclima+elec и Ideobain

Каковы критерии отбора? Продукция/технологии должны быть не старше 2 последних лет (отсчет ведется с ноября 2013 г.)

Сроки регистрации: с 25 марта по 5 июня 2015 г.

Правила регистрации: заполнение он-лайн формы, размещенной на сайте соответствующей выставки в разделе для экспонентов

Когда и где будут объявлены результаты? На Церемонии награждения, которая состоится 24 сентября 2015 г.

>>> **Цифровые технологии в строительстве: BIM** – информационное моделирование зданий (Building Information Modeling) — информационное моделирование здания (от проектирования до эксплуатации, технологии, инструменты, обучение), 3D печать, «умные» сети электроснабжения - smart grids...

>>> **Энергоэффективность:** инновации, регламенты, обучение

>>> **От автономных зданий к агрегированным городам:** домашняя автоматика, технологии «умных домов» и «умных городов» (включая программы для эко-эффективных городов)

>>> **Дома и люди:** страховые услуги, социальная защищенность, безопасность работ, риски, эргономичный дизайн

В каждом павильоне выставки будет создана специальная зона Форум, где и будут проходить тематические мероприятия, ориентированные на раздел экспозиции, размещенный в этом секторе.

Получение знаний и передача опыта – одна из стратегических задач современной строительной индустрии, и Парижская Строительная Неделя внесет свой вклад в ее решение через проведение ряда семинаров, демонстраций и обучающих мастер-классов.

>>> Демонстрационные зоны дадут возможность экспонентам наглядно представить посетителям выставки новую продукцию, решения и услуги.

>>> **ModesdeBains** – раздел, расположенный в павильоне 4, представит тенденции, новые методы инсталляций и технические разработки, созданные в соответствии с самыми современными нормами и требованиями по оснащению ванных комнат.

>>> **Здание будущего** – это информационное пространство разместится в павильоне 3 и будет специально спроектировано для демонстрации реальных практических решений (или их прототипов), новые определяют стандарты в строительстве завтрашнего дня. Например, здесь посетители увидят и смогут опробовать новые средства проектирования (цифровое моделирование и 3D печать), интегрированные решения для проектирования и управления, новые способы индустриализации строительных работ (3D печать, экзоскелеты, монтаж сборных конструкций) и др.

4. УНИКАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА – РАЗВИТИЕ БИЗНЕСА

В этом году почетным гостем Парижской Строительной недели станут страны Тропической Африки – части африканского континента, находящейся к югу от пустыни Сахара, многообещающего и перспективного региона с точки зрения инвестиций и бизнес интеграции.

В этом году экспоненты и посетители смогут оценить **привлекательность и разнообразные возможности этого масштабного континента**, имеющего серьезные текущие социально-экономические проблемы, требующие быстрого разрешения. Рост численности населения, необходимость развития инфраструктуры и создания транспортных путей способствует увеличению количества строительных проектов.

Встречи с архитекторами, девелоперами, предпринимателями, а также - президентами Ассоциаций и представителями министерств и других государственных организаций из таких стран, как Сенегал, Кот-д'Ивуар, Камерун, Габон и Нигерия **станут залогом новых успешных проектов.**

BATIMAT

Все для успешного строительства



**СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ
ЗАКАЖИТЕ СВОЙ БЕСПЛАТНЫЙ БАДЖ*
НА САЙТЕ WWW.BATIMAT.COM - КОД: PBP9UNHFY**

*стоимость входного билета на выставке при отсутствии электронного баджа: 65€

BATIMAT le
IDÉOBAIN mondial
INTERCLIMA+ELEC du bâtiment