

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)

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.

7'2014

Современное проектирование

В.Г. ГАГАРИН, С.В. ГУВЕРНЮК

О достоверности компьютерных прогнозов
 при определении ветровых воздействий на здания и комплексы 3

Расчет конструкций

Н.И. КАРПЕНКО, В.А. ЕРЫШЕВ, Е.В. ЛАТЫШЕВА

Методика построения диаграмм деформирования бетона
 повторными нагрузками сжатия при переменных уровнях напряжений 9

Ю.О. КУСТИКОВА, В.И. РИМШИН, Л.И. ШУБИН

Практические рекомендации и техникоэкономическое обоснование применения
 композитной арматуры в железобетонных конструкциях зданий и сооружений 14

Тепловая защита зданий

Н.П. УМНЯКОВА, И.Н. БУТОВСКИЙ, А.Г. ЧЕБОТАРЕВ

Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий 19

А.А. ДАВИДЮК

Оценка влияния теплопроводных включений на приведенное сопротивление
 теплопередаче наружных многослойных стен на основе легких бетонов на стекловидных
 заполнителях 24

В.М. ГОРИН, Ю.С. ВЫТЧИКОВ, Л.П. ШИЯНОВИ, И.Г. БЕЛЯКОВ

Исследование теплозащитных характеристик
 стеновых ограждающих конструкций зданий коттеджей,
 построенных с применением беспесчаного керамзитобетона 28

Материалы и конструкции

Е.А. КОРОЛЬ, Ю.А. ХАРЬКИН

Технология возведения многослойных монолитных наружных стен
 с теплоизоляционным слоем из бетона низкой теплопроводности 32

Е.И. ЮМАШЕВА

Российская академия архитектуры
 и строительных наук на пороге нового этапа...развития? (Информация) 36

И.В. БЕССОНОВ, В.С. БАРАНОВ, В.В. БАРАНОВ, В.П. КНЯЗЕВА, Т.Ф. ЕЛЬЧИЩЕВА

Причины появления и способы устранения высолов на кирпичных стенах зданий 39

М.Н. БЕРЛИНОВА, В.В. БОБРОВ

Аналитическое определение границы микроразрушений бетона с учетом условий
 твердения, вида напряженного состояния и усадки в защитном слое 44

В.В. ДАНЕЛЬ

Трехслойные наружные стеновые панели с повышенной несущей способностью 48

Градостроительство и архитектура

А.М. ИБРАГИМОВ, А.С. СЕМЕНОВ

Зависимость между физическим износом и техническим состоянием
 элементов зданий жилищного фонда 53

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

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)

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.

ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

7'2014

Modern design

V.G. GAGARIN, S.V. GUVERNYUK, A.S. KUBENIN
About Reliability of Computer Forecasts
when Determining Wind Impacts on Buildings and Complexes 3

Structural calculations

N.I. KARPENKO, V.A. ERY SHEV, E.V. LATYSHEVA
Methods for Construction of Diagrams of Concrete Deformation
by Repeated Compression Loads at Variable Stress Levels 9

YU.O. KUSTIKOVA, V.I. RIMSHIN, L.I. SHUBIN
Practical Recommendations and Technical and Economic Assessment of Using Composite
Reinforcement in Reinforced Concrete Structures of Buildings and Facilities 14

Heat protection of buildings

N.P. UMNIAKOVA, I.N. BUTOVSKIY, A.G. CHEBOTAREV
Development of the Regulation Methods of Heat Shield of Energy Efficient Buildings 19

A.A. DAVIDYUK
Assessment of Influence of Heat Conductivity Inclusions on Reduced Resistance to Heat Transfer
of External Multilayer Walls on the Basis of Light Concretes with Vitreous Fillers 24

V.M. GORIN, Yu.S. VYTCHIKOV, L.P. SHIYANOV, I.G. BELYAKOV
Study of Heat Protection Characteristics of Wall Enclosing Structures of Cottage Buildings Built
with the Use of No-Sand Haydite Concrete 28

Materials and structures

E.A. KOROL, Y.A. KHARKIN
Technology of Construction of Multilayer Monolithic External Walls with Heat-Insulating Layer
from Concrete of Low Heat Conductivity 32

E.I. YUMASHEVA
Is the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences on the Threshold
of a New Stage of Development? (Information) 36

I.V. BESSONOV, V.S. BARANOV, V.V. BARANOV, V. P. KNYAZEVA, T.F. ELCHISHCHEVA
Reasons and Eliminate Efflorescence on the Brick Walls of Buildings 39

M.N. BERLINOVA, V.V. BOBROV
Analytical Determination of a Limit of Concrete Micro-Destructions with Due Regard
for Conditions of Hardening, Tension State and Shrinkage in Protective Layer 44

V.V. DANEL
Three-Layer External Wall Panels with Improved Bearing Capacity 48

Town planning and architecture

A.M. IBRAGIMOV, A.S. SEMENOV
Dependence between Physical Deterioration and Technical Conditions of Elements of Housing
Stock Buildings 53

УДК 624:533:532.517.4

В.Г. ГАГАРИН¹, д-р техн. наук, член-корр. РААСН;
С.В. ГУВЕРНЮК², канд. физ.-мат. наук, советник РААСН, А.С. КУБЕНИН², инженер

¹НИИ строительной физики РААСН (127238, Москва, Локомотивный пр., 21)

²Научно-исследовательский институт механики МГУ им. М. В. Ломоносова (119192, Москва, Мичуринский просп., 1).

О достоверности компьютерных прогнозов при определении ветровых воздействий на здания и комплексы

Представлен критический анализ возможностей современных компьютерных технологий для решения практических задач строительной аэродинамики. Обоснован вывод о том, что существующие технологии численного моделирования ветровых воздействий на здания и комплексы позволяют получать обоснованное распределение средней составляющей аэродинамической нагрузки, но только для масштабных моделей, сравнимых по размеру с теми, которые используются в аэрофизическом эксперименте, то есть – для чисел Рейнольдса на два порядка меньших, чем в натуре. Результаты таких модельных расчетов допустимо применять для прогноза ветровых нагрузок на натурные объекты на основании справедливости принципа автомодельности по числу Рейнольдса. Наиболее рациональным является подход, сочетающий преимущества экспериментального и компьютерного моделирования в рамках одного проекта.

Ключевые слова: турбулентное обтекание, вихревые структуры, численное моделирование, число Рейнольдса, ветровое давление, аэродинамическая интерференция.

V.G. GAGARIN¹, Doctor of Sciences (Engineering), S.V. GUVERNYUK², Candidate of Physical-Mathematical Sciences, A.S. KUBENIN², Engineer
¹Research Institute of Building Physics, Russian Academy Architecture and Construction Sciences (21, Locomotive travel, Moscow, 127238, Russian Federation)
²Research Institute of Mechanics Moscow State University named after Lomonosov (1, Michurinsky Avenue, Moscow, 119192, Russian Federation)

About Reliability of Computer Forecasts when Determining Wind Impacts on Buildings and Complexes

A critical analysis of the possibilities of modern computer technologies for solving practical problems of building aerodynamics is presented. The conclusion that existing technologies of numerical simulation of wind impacts on buildings and complexes make it possible to obtain the reasonable distribution of an average constituent of an aerodynamic load but only for scale models compared with those that are used in the aerophysical experiment, i.e. for Reynolds' numbers which by two orders smaller than in nature is substantiated. The results of such model calculation are permissible to use for forecasting wind loads on the full-scale object on the basis of the correctness of self-similarity principle by the Reynolds' number. An approach combining advantages of experimental and computer simulations within the frame of one project is the most rational.

Keywords: turbulent flow around a body, vortex structures, numerical simulation, Reynolds' number, wind pressure, aerodynamic interference.

Введение

Прогноз ветровых нагрузок на проектируемое здание и элементы его фасадов – обязательная составная часть проектной документации на строительство. Основой соответствующей нормативной базы в России является СНиП «Нагрузки и воздействия» [1] с учетом различных актуализированных версий, а также региональных временных норм и правил. Важнейшим элементом этого свода правил является классификация территории страны по ветровым районам, для каждого из которых определено нормативное значение характерного ветрового давления w_0 , а также задано нормативное распределение коэффициента ветрового напора $k = q / w_0$ по высоте z над уровнем земли в зависимости от типов местности А–В–С в районах застройки. Последнее в обобщенном виде отражает факт влияния рельефа и уровня шероховатости местности на распределение z среднего ветрового напора $q = 0,5 \rho U_m^2$ по высоте приземного пограничного слоя, толщина которого

порядка 300–500 м. Заложенные в нормативы [1] таблицы для определения $k(z)$ основаны на степенном законе увеличения стационарной составляющей скорости ветра U_m с ростом высоты z в приземном пограничном слое [2]. Удобное трехпараметрическое выражение $U_m = U_0 (z / z_0)^\alpha$, в котором параметр U_0 зависит от ветрового района, а величины z_0 и α от типа местности, обосновано в [3]. Например, для ветрового района Москвы и типа местности «В» $w_0 = 230 \text{ Па}$; $\alpha = 0,2$; $z_0 = 30 \text{ м}$.

Однако нормативы СНиП [1] не содержат конкретных ответов на многие другие вопросы, возникающие при формировании обоснованных прогнозов ветровых нагрузок на современные высотные здания и комплексы. Например, для нормативного распределения средней составляющей ветровой нагрузки по высоте фасадов здания приводится выражение $w_m = w_0 k(z) c$, где c – некоторый абстрактный «аэродинамический коэффициент», для которого рекомендации [1] весьма ограничены или неопределены. На самом

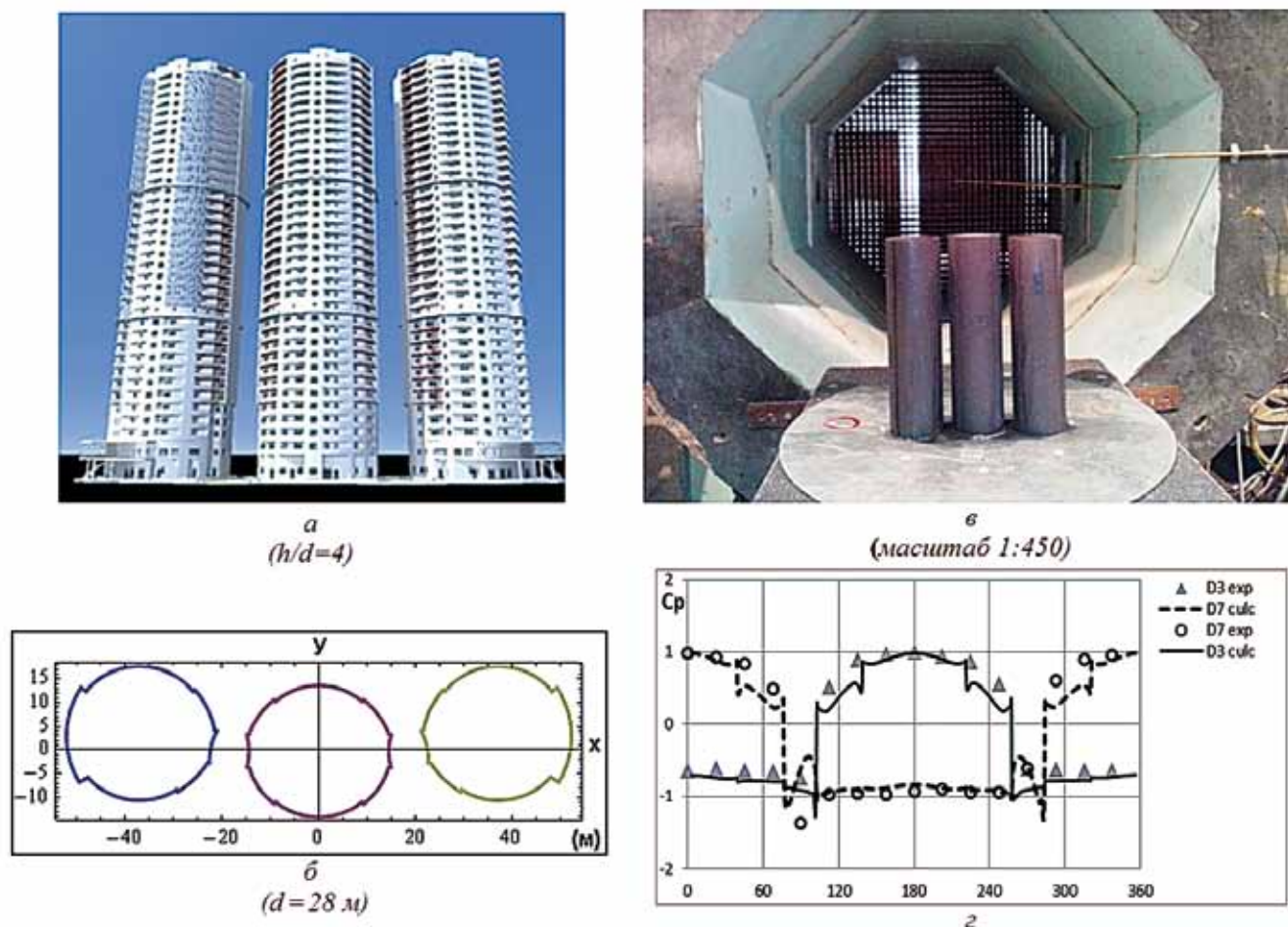


Рис. 1. Трехсекционное здание: а – общий вид, б – конфигурация поперечных сечений, в – масштабная модель в аэродинамической трубе, г – сравнение расчетных и экспериментальных распределений коэффициента давления по угловой координате на периметре горизонтального сечения центральной секции на высоте $z=0,6h$

деле, в большинстве практических случаев, этот аэродинамический коэффициент есть сложный функционал многих факторов, отражающих конкретную геометрию здания, в том числе наличие аэродинамической интерференции от соседних корпусов строительного ансамбля, а также расположенных поблизости иных крупногабаритных объектов окружающей застройки и особенностей рельефа местности. Рекомендация [1] для таких случаев – использовать результаты продувок масштабных моделей здания и окружающей застройки в специализированных аэродинамических трубах. В новейших редакциях СНиП [1] это положение не изменилось.

С другой стороны, повсеместное распространение коммерческих и так называемых открытых программных кодов привело к тому, что все чаще прогноз ветровых воздействий на строительные объекты осуществляют на основе компьютерного моделирования без проведения физических экспериментов в аэродинамических трубах. Такие прогнозы, по прецеденту, принимает государственная экспертиза, поэтому они пользуются возрастающим спросом у заказчиков, стремящихся сократить временные и финансовые затраты на проведение аэродинамических исследований проектируемых строительных комплексов. Однако здесь кроется ряд «подводных камней», о чем будет сказано ниже.

Как бы то ни было, проникновение современных компьютерных технологий в практику формирования прогнозов

ветровых воздействий на проектируемые здания и строительные комплексы необратимо и должно найти отражение в новых редакциях строительных норм и правил. При этом остро встают вопросы контроля обоснованности применяемых компьютерных технологий и достоверности получаемых с их помощью численных прогнозов. Представители заказчика и экспертизы проектов не всегда имеют правильное представление о том, что реально могут современные компьютерные технологии в строительной аэродинамике, а чего пока от них не следует ожидать.

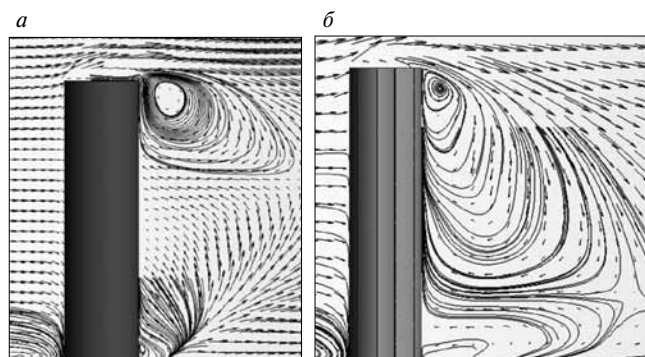


Рис. 2. Осредненная картина (в плоскости симметрии) обтекания цилиндрических тел ($h/d=4$) сдвиговым потоком: а – гладкий цилиндр, б – центральная секция здания (sec M).

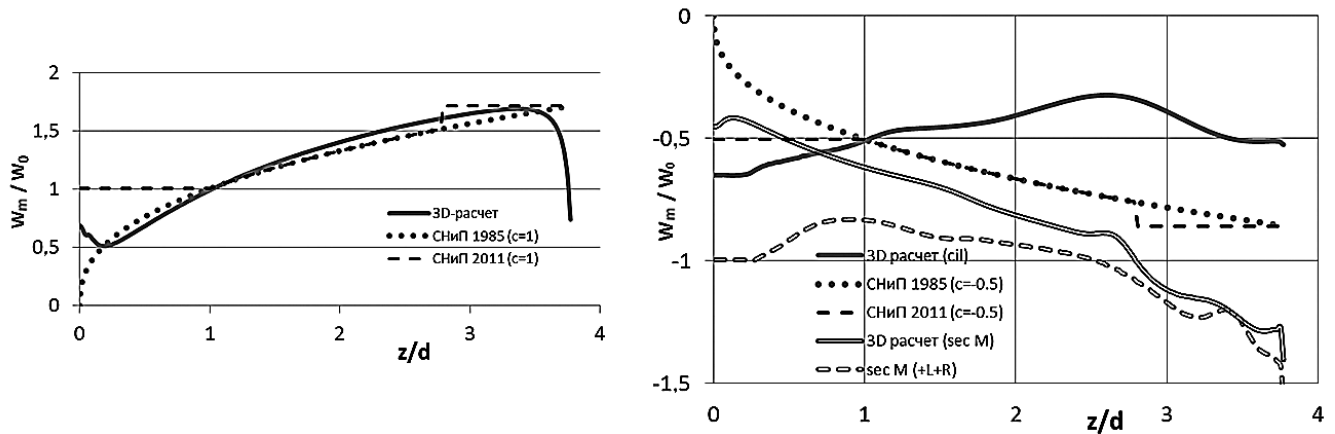


Рис. 3. Расчетные распределения ветрового давления на наветренной (а) и подветренной (б) сторонах цилиндрических тел в сдвиговом потоке.

Компьютерное моделирование в строительной аэродинамике. Процесс внедрения компьютерных CFD-технологий (Computational Fluid Dynamics) в практику строительной аэродинамики в России длится последние 10 лет. Это связано с широким распространением универсальных коммерческих пакетов (FLUENT, STAR CCM+, ANSYS CFX, и др.), а также программных комплексов с открытым кодом (Open Foam, VP2/3 и др.), которые все чаще применяют для численного моделирования ветровых потоков около зданий и архитектурных ансамблей сложной конфигурации. Как правило, это сеточные конечно-объемные технологии моделирования турбулентных течений вязкой несжимаемой жидкости на основе уравнений Навье–Стокса с различными способами осреднения (по времени – RANS/URANS, по пространству – LES, гибридные – DES) и с замыканием с помощью различных полуэмпирических моделей турбулентности (обзор соответствующих публикаций можно найти в [4]). Известны также альтернативные бессеточные технологии моделирования нестационарного отрывного обтекания зданий с помощью вихревых методов [5], основанных на модели идеальной несжимаемой жидкости. Западный опыт применения компьютерных технологий к задачам строительной аэродинамики [6] насчитывает не-

сколько десятилетий. Сильной стороной компьютерного моделирования является возможность получения и визуализации пространственных распределений давления, скорости, интенсивности турбулентных пульсаций, а также разнообразных трехмерных струйно-вихревых и отрывных структур, формирующихся при взаимодействии строительных объектов с ветровым потоком. Тем не менее, эти технологии еще не стали уверенной альтернативой традиционному инженерному аналитическому и экспериментальному методикам.

Из-за стремительного проникновения универсальных коммерческих CFD-пакетов в российскую строительную отрасль, проведение аэродинамических расчетов становится доступным не только специалистам, но и большому числу пользователей, которые имеют весьма отдаленные представления об аэродинамике и вычислительной математике, но, тем не менее, активно предлагают свои услуги по проведению коммерческих расчетов для строительных компаний. Немалое распространение получило поверхностное мнение о том, что доступ к одному из упомянутых коммерческих пакетов обеспечивает инженеру возможность получать достаточные расчетные данные о ветровых воздействиях с помощью только компьютерного

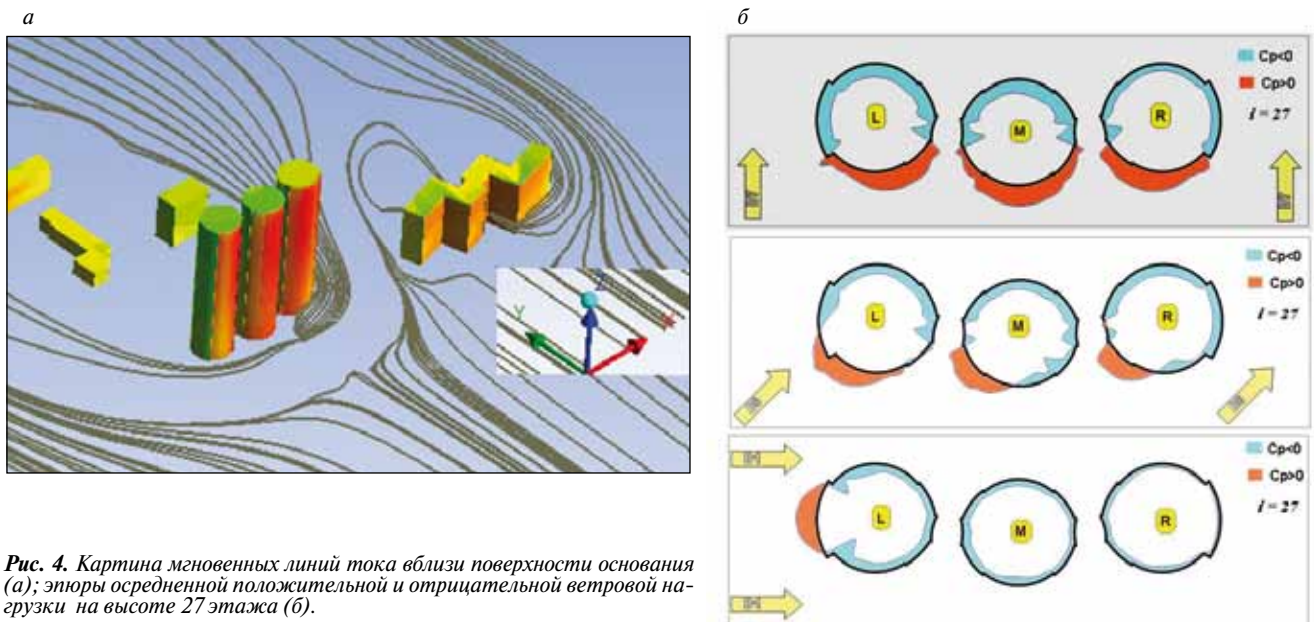


Рис. 4. Картина мгновенных линий тока вблизи поверхности основания (а); эюры осредненной положительной и отрицательной ветровой нагрузки на высоте 27 этажа (б).

моделирования, в то время как эксперименты в аэродинамических трубах – это устаревший способ оценки ветровых воздействий.

На самом деле, такие оптимистические ожидания имеют еще мало реальных оснований. Рассмотрим некоторые из бытующих заблуждений.

Заблуждение 1. *При компьютерном моделировании, в отличие от физического эксперимента в аэродинамической трубе, можно непосредственно задать натурные геометрические размеры крупномасштабного строительного объекта и, соответственно, провести расчеты при натурном значении числа Рейнольдса.*

Однако, известные научно обоснованные требования к размерам расчетной области и к степени густоты расчетных сеток в зависимости от величины числа Рейнольдса таковы, что для обеспечения корректности расчетов при натуральных числах Рейнольдса в общем случае потребовалось бы на 2–3 порядка большее количество расчетных ячеек (контрольных объемов), чем доступные в настоящее время 0,5–5 млн. Поэтому, любые «обычные» расчеты для натурной геометрии с применением сеток, содержащих крупные ячейки (0,1–10-метрового размера), не могут быть корректными приближениями к действительным решениям соответствующих математических краевых задач, которые, собственно, и «решались» с помощью данного численного моделирования. Следует понимать, что такие «решения» получаются вне области обоснованности исходной постановки задачи и корректности вычислительной процедуры ее решения. Как следствие, они сильно зависят от произвольного выбора параметров расчетных сеток. Другими словами, вместо объективной картины, определяемой исходной постановкой математической задачи, получатся субъективные результаты, зависящие от конкретного расчетчика. Ответственные специалисты оперируют понятием «автомодельность по числу Рейнольдса» [4] и фактические расчеты проводят для моделей, масштаб которых сравним с тем, что обычно применяется в физическом эксперименте (1:100 – 1:500). Только в этом случае удается удовлетворить требованиям корректности расчета и обоснованности получаемых результатов.

Заблуждение 2. *Не следует опасаться выхода за рамки рекомендованных (научно обоснованных) пределов применимости стандартных вычислительных технологий ввиду невысоких требований к точности аэродинамических прогнозов в строительной отрасли.*

На самом деле имеется много скрытых причин, способных привести к тому, что наряду с внешне правдоподобными картинками визуализации расчетных распределений ветровых потоков около ансамблей высотных зданий могут быть грубые ошибки в количественных оценках ветровых воздействий на фасады этих зданий, если не соблюдены известные меры обеспечения корректности вычислительной процедуры. В частности, все используемые в названных выше вычислительных технологиях модели турбулентности являются полуэмпирическими, поэтому произвольный выход за границы области их обоснованной применимости, например, по величине интенсивности турбулентных пульсаций выше 10% или при наличии выпуклых угловых областей с острыми кромками, может давать непредсказуемые результаты. Опасность получения ошибочных прогнозов ветровых нагрузок при формальном использовании компьютерных пакетов отмечалась в работах [4, 7–9].

Заблуждение 3. *По результатам расчета кинетической энергии турбулентности вблизи фасадов здания можно прогнозировать пульсационную составляющую ветровой нагрузки, которая предусмотрена в СНиП [1].*

Трудность определения пульсации давления в том, что в уравнения Навье–Стокса несжимаемой жидкости давление входит только через линейный оператор. Поэтому в осредненных уравнениях турбулентного движения вообще отсутствует член, связанный с уровнем пульсаций давления, а попытки построения методик расчета интенсивности пульсаций давления на фасадах зданий, исходя из расчетных данных о местных величинах кинетической энергии турбулентности потока остаются на уровне необоснованных эвристических соображений. С другой стороны, при моделировании турбулентных течений в рамках URANS- или DES-технологий, как правило, получаются автоколебательные режимы обтекания зданий [4]. Соответственно, воспроизводятся низкочастотные колебания расчетных распределений среднего давления на фасадах. В спектре этих колебаний основная частота соответствует классическому значению числа Струхала $\sim 0,2$, вычисленному по скорости набегающего потока и диаметру здания. Например, при характерной скорости ветра 20 м/с и поперечном размере высотного здания 40 м, период таких колебаний составляет около 10 сек. Могут также присутствовать более высокие частоты, связанные с меньшими масштабами элементов фасадов сложной конфигурации. Такого рода колебания названы в [3] вторичными пульсациями в отличие от первичных пульсаций, связанных с нерегулярными вихревыми порывами в структуре турбулентности реального приземного пограничного слоя. Таким образом, нормируемая в СНиП [1] пульсационная составляющая ветровой нагрузки учитывает только первичные пульсации, связанные с неоднородностью реального настилающего ветра, но никак не учитывает вторичные пульсации. В свою очередь, при компьютерном моделировании наоборот, учитываются только вторичные низкочастотные колебания, вызванные срывным обтеканием объекта и неустойчивостью аэродинамических следов, но не воспроизводятся первичные пульсации, если не принимать специальных мер по внедрению искусственных вихревых включений в набегающий поток.

В отличие от URANS технологий, в вихревых методах [5] не используется осреднение, поэтому они способны учитывать образование и дрейф с потоком интенсивных вихревых включений и порывов при нестационарном обтекании острых угловых кромок фасадов зданий. Однако в этих методах принципиально отсутствует возможность учета изменения средней скорости $U_m(z)$ настилающего ветра с высотой в приземном пограничном слое. Это существенно ограничивает применимость вихревой технологии [5] к практическим расчетам ветровых воздействий на комплексы высоких зданий. В любом случае, эти технологии нуждаются в детальной верификации на примерах задач, имеющих экспериментальные аналоги [10].

Рассмотрим пример из опыта решения практических задач строительной аэродинамики на основе принципа сочетания методов численного и физического моделирования [9] с учетом нормативной базы СНиП [1]. Выполнен прогноз интегральной и распределенной средней ветровой нагрузки на фасады модели трехсекционного высотного здания (рис. 1) с учетом аэродинамической интерференции соседних секций и находящихся в близости крупногабаритных элементов застройки.

Использована компьютерная технология URANS на базе пакета FLUENT. Численные решения построены при различных азимутах настилающего ветра, имеющего нормативные параметры для типа местности «В» в районе Москвы (с соответствующим пересчетом на масштабы эксперимента в аэродинамической трубе). Распределения средних параметров обтекания получены путем осреднения результатов нестационарного расчета на характерных периодах автоколебаний.

Выбор и настройка параметров компьютерной модели и тактика расчета обрабатывались с помощью предварительных методических исследований, включающих проведение недорогих модельных физических экспериментов в аэродинамической трубе А-10 НИИ механики МГУ без имитации сдвига скорости в набегающем потоке. По оси абсцисс на рис. 1, *г* отложена угловая координата точек периметра центральной секции, отсчитываемая от отрицательного направления оси *y* (показана на рис. 1, *б*). Сравнение результатов расчета и эксперимента по распределению коэффициента давления приведено на рис. 1, *г* для двух направлений набегающего потока (D7 – вдоль оси *y*, D3 – против).

Дополнительно проводились методические расчеты обтекания сдвиговым потоком $U_m = U_0 (z/z_0)^\alpha$ уединенной центральной секции здания и такого же по диаметру и удлинению $h/d = 4$ гладкого цилиндра. Обнаружена значительная чувствительность трехмерных вихревых структур ближнего аэродинамического следа за этими телами к различию конфигураций их горизонтальных сечений, рис. 2. На рис. 3 сопоставлены результаты трехмерного компьютерного моделирования ветровой нагрузки $w_m/w_0 = f(z/d)$ и расчетные рекомендации СНиП [1] при $c=1$ для наветренной стороны цилиндра и $c=-0,5$ для подветренной. Сплошная кривая на рис. 3, *а* – результат численного моделирования, две других – расчет по методикам СНиП версий 1985 и 2011 годов (соответственно монотонная и ступенчатая прерывистые кривые на рис. 3). Актуализированная версия СНиП 2011 г. отличается от прежней лишь модификацией формулы $w_m = w_0 k(z) c$ за счет введения понятия «эффективной высоты»,

$$z_c(z) = \begin{cases} h, & z > h - d; \\ z, & d < z < h - d; \\ d, & 0 < z < d; \end{cases} \quad (1)$$

где h – высота здания, d – характерный диаметр поперечного сечения. Аналогичное сравнение для подветренной стороны гладкого цилиндра представлено на рис. 3, *б*. Там же добавлены еще две кривых, полученных для срединной секции здания «М» в случаях изолированного расположения (двойная непрерывная кривая) и в составе застройки (светлые штрихи). Видно, что методика СНиП дает вполне приемлемые результаты для наветренных фасадов, однако практически не пригодна для подветренной стороны даже изолированных высоких объектов. Главным образом, это объясняется ярко выраженным трехмерным характером течения в ближнем следе за телами в сдвиговом потоке. Также видна существенная роль аэродинамической интерференции, в данном случае приводящей к значительному снижению донного давления по сравнению со случаем обтекания изолированного тела.

На рис. 4 представлены результаты расчета обтекания модели здания с элементами окружающей застройки. Эпю-

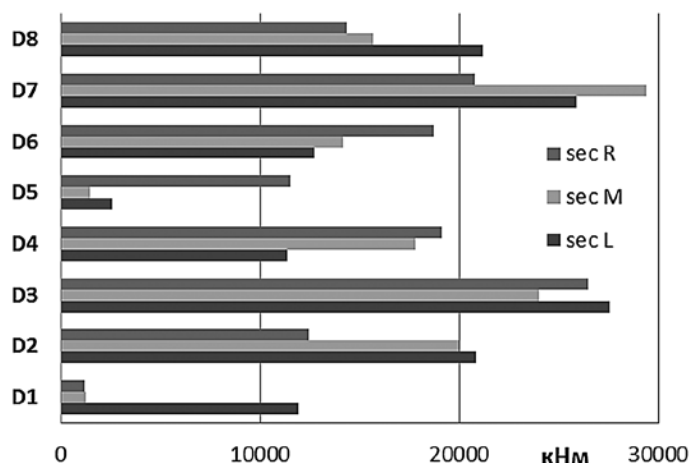


Рис. 5. Диаграмма расчетных значений интегрального опрокидывающего момента от распределенной нагрузки на фасады секций здания при 8 азимутах ветра D1–D8.

ры распределения средней составляющей расчетной ветровой нагрузки $\gamma w_m/w_0$ ($\gamma = 1,4$) вдоль периметра фасадов показывают пример конечного результата для практического применения при проектировании здания. Интегралы от таких распределений для секций каждого этажа здания дают вертикальные распределения суммарной ветровой нагрузки, действующей на соответствующий этаж секции в продольном и поперечном направлениях. Интегрирование этих поэтажных распределений дает полную аэродинамическую силу и полный аэродинамический момент сил ветрового воздействия на секции здания. На рис. 5 дан пример расчета полного опрокидывающего момента от средней аэродинамической нагрузки, действующей на секции здания при различных азимутах нормативного ветра. Эти данные также служат примером конечного результата расчетов для практического применения (в данном случае – для оценки потребной прочности несущих конструкций здания).

В заключение можно сделать вывод, что существующие технологии численного моделирования ветровых воздействий на здания и комплексы уже позволяют получать ряд полезных результатов при решении практических задач строительной аэродинамики. Однако они еще не способны стать тотальной альтернативой методам физического моделирования (в аэродинамических трубах) и традиционным нормативным методикам. На данном этапе наиболее рациональным является расчетно-экспериментальный подход, сочетающий преимущества экспериментального и компьютерного моделирования в рамках одного проекта без увеличения его стоимости. Также очевиден вывод о бесполезности включения в СНиП таких устаревших новаций, как «эффективная высота» (1). Вместо этого целесообразно было бы включить в СНиП рекомендацию о возможности определять среднюю составляющую нормативной ветровой нагрузки не только путем проведения физических экспериментов в аэродинамических трубах, но и путем модельных вычислительных экспериментов с помощью верифицированных компьютерных технологий и, что не менее важно, аттестованных специалистов, использующих эти технологии.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-08-90468_Укр_ф_а)



Список литературы

1. СП 20.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85* «Нагрузки и воздействия». Москва: ОАО «ЦПП». 2011. 85 с.
2. Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Аэродинамика высотных зданий // *АВОК*. 2004. №8. С. 14–23.
3. Гувернюк С.В., Гагарин В.Г. Компьютерное моделирование аэродинамических воздействий на элементы ограждений высотных зданий // *АВОК*. 2007. № 1. С. 16–22.
4. Исаев С.А., Баранов П.А., Жукова Ю.В. и др. Моделирование ветрового воздействия на ансамбль высотных зданий с помощью многоблочных вычислительных технологий // *Инженерно-физический журнал*. 2014. Т. 87, № 1. С. 107–118.
5. Гутников В.А., Лифанов И.К., Сетуха А.В. О моделировании аэродинамики зданий и сооружений методом замкнутых вихревых рамок // *Известия РАН. МЖГ*. 2006. № 4. С. 78–92.
6. Blocken B. 50 years of Computational Wind Engineering: Past, present and future. *Building and Environment*. 2014. Vol. 129, pp. 69–102.
7. Montazeri H., Blocken B. CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: Validation and sensitivity analysis. *Building and Environment*. 2013. Vol. 60, pp. 137–149.
8. Ramponi R. Blocken B. CFD simulation of cross-ventilation for a generic isolated building: Impact of computational parameters. *Building and Environment*. 2012. Vol. 53, pp. 34–48.
9. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Леденев П.В. Аэродинамические характеристики зданий для расчета ветрового воздействия на ограждающие конструкции // *Жилищное строительство*. 2010. № 1. С. 7–11.
10. Леденев П.В., Синявин А.А. Экспериментальное исследование ветрового давления при обтекании тандема двух зданий // *Вестник МГСУ*. 2011. Т. 1. № 3. С. 377–382.

References

1. Rulebook SP 20.13330.2011. SNIP 2.01.07-85 updated edition * «Loads and effects». Moscow, 2011. 85 p. (In Russian).
2. Tabunshchikov Y.A., Shilkin N.V. Aerodynamics of high-rise buildings. *AVOK*. 2004. No. 8, pp. 14–23. (In Russian).
3. Guvernuyuk S.V., Gagarin V.G. Computer simulation of wind effects on tall buildings fencing elements. *AVOK*. 2007. No. 1, pp. 16–22. (In Russian).
4. Isaev S.A., Baranov P.A., Zhukova Yu. V. and other simulation of wind effects on tall buildings ensemble using multiblock computational technologies. *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal*. 2014. Vol. 87. No. 1, pp. 107–118. (In Russian).
5. Gutnikov V.A., Lifanov I.K., Setukha A.V. On the modeling of aerodynamics of buildings and structures by closed vortex frames. *Izvestiya RAN. MZHG*. 2006. No. 4, pp. 78–92. (In Russian).
6. Blocken B. 50 years of Computational Wind Engineering: Past, present and future. *Building and Environment*. 2014. Vol. 129, pp. 69–102.
7. Montazeri H., Blocken B. CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: Validation and sensitivity analysis. *Building and Environment*. 2013. Vol. 60, pp. 137–149.
8. Ramponi R. Blocken B. CFD simulation of cross-ventilation for a generic isolated building: Impact of computational parameters. *Building and Environment*. 2012. Vol. 53, pp. 34–48.
9. Gagarin V.G. Guvernuyuk S.V., Ledenev P.V. Aerodynamic characteristics of buildings to calculate the wind effect on the building envelope. *Zhilishhnoe stroitelstvo*. 2010. No. 1, pp. 7–11. (In Russian).
10. Ledenev P.V. Sinyavin A.A. Experimental study of wind pressure at a flow of the tandem two buildings. *Vestnik MGSU*. 2011. Vol. 1. No. 3, pp. 377–382 (In Russian).

6-я Выставка РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЮГА РОССИИ



2 – 4
сентября 2014

КРАСНОДАР
ул. Зиповская, 5

Основные тематические блоки выставки:

Энергетика и ресурсосбережение

Экология

ЖКХ. Инженерные сооружения, сети и коммуникации

Геодезия, геология, геоинформатика

Одновременно с выставками:



Охрана. Безопасность.
Противопожарная защита



Нефть и газ
Юга России

Организатор:



T +7 (861) 200–12–34, 200–12–53
F +7 (861) 200–12–54
E ides@krasnodarexpo.ru

www.IDES-EXPO.ru

УДК 624.012

Н.И. КАРПЕНКО¹, д-р техн. наук, академик РААСН;
В.А. ЕРЫШЕВ², д-р техн. наук, советник РААСН, Е.В. ЛАТЫШЕВА², канд. техн. наук

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

² Тольяттинский государственный университет (445667, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Белорусская, 14)

Методика построения диаграмм деформирования бетона повторными нагрузками сжатия при переменных уровнях напряжений

Разработана методика построения диаграмм деформирования бетона при сложных режимах нагружения повторными нагрузками, включающими циклическое нагружение с постоянными и переменными уровнями напряжений. Остаточные деформации при разгрузке и деформации в вершинах циклов вычисляются в приращениях напряжений и деформаций лучевым методом в новых системах координат, начало которых переносится на уровни минимальных и максимальных напряжений в каждом цикле. Установлена связь между начальным модулем деформаций исходной диаграммы деформирования бетона, которая реализуется при статическом нагружении образцов до разрушения и модулем деформаций при переходе от одной группы постоянных напряжений к другой с учетом истории нагружения на предыдущих циклах. Предложенные расчетные зависимости прошли проверку опытными данными, полученными при испытаниях стандартных образцов в режимах повторных нагружений на трех уровнях напряжений. Сравнительный анализ показывает, что расчетные значения деформаций и их приращений в вершинах циклов и при полном снятии напряжений сжатия незначительно отличаются от опытных, а замена криволинейных диаграмм отрезками прямых не вносит больших расхождений в конечный результат.

Ключевые слова: деформации, напряжения, лучевой метод, повторные нагрузки.

N.I. KARPENKO¹, Doctor of Sciences (Engineering), Academician of RAABS; V.A. ERYSHEV², Doctor of Sciences (Engineering), Adviser of RAABS, E.V. LATYSHEVA², Candidate of Sciences (Engineering)

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

²Togliatti State University (14, Belorusskaya Street, Samara region, Togliatti, 445667, Russian Federation)

Methods for Construction of Diagrams of Concrete Deformation by Repeated Compression Loads at Variable Stress Levels

Methods for construction of diagrams of concrete deformation at complex loading modes with repeated loads which include the cyclic loadings with constant and variable levels of stress have been developed. Residual deformations at unloading and deformations at the peaks of cycles are calculated in the increments of stresses and deformations with the use of the radial method in the new systems of coordinates, beginnings of which are transferred at the levels of minimal and maximal stresses of each cycle. The connection between the initial deformation modulus of the reference diagram of concrete deformation which is realized at static loading of samples till their destruction, and the modulus of deformations when transferring from one group of constant stresses to another one with due regard for the history of loading during previous cycles has been established. The offered calculated dependences passed the test by the experimental data obtained in the course of tests of standard samples under conditions of repeated loading at three levels of stresses. The comparative analysis shows that calculated values of deformations and their increments at the cycle peaks and at the full release of compression stresses slightly differ from the experimental values, and the replacement of the curved diagrams with straight line segments don't make large changes in the final result.

Keywords: deformation, stress, radial method, repeated loads.

Диаграммы деформирования бетона, связывающие относительные деформации с напряжениями $\varepsilon_b - \sigma_b$ при циклических нагружениях напряжениями сжатия и растяжения, привлекают к себе, особенно в последнее время, внимание исследователей. Они важны как с точки зрения непосредственного применения в расчетах бетонных и железобетонных конструкций в основном стержневых, так и построения более общих моделей деформирования бетона при повторных нагрузках, когда временная нагрузка периодически снимается и прикладывается вновь через определенный промежуток времени.

Авторами разработана методика определения деформаций бетона при разгрузке первого цикла [1] и многократно повторных (малоцикловых) режимах нагружения [2] с постоянными уровнями напряжений сжатия. В основу этой методики положен так называемый лучевой метод, в

котором фактические, построенные по опытным данным криволинейные ветви разгрузки и повторного нагружения, например на уровнях напряжений $\tilde{\sigma}_{b1}$ и $\tilde{\sigma}_{b2}$, рис. 1, а, представляются отрезками прямых линий (секущими), соединяющими конечные точки в вершинах диаграмм и при полном снятии нагрузки в каждом цикле, например при $\tilde{\sigma}_{b1}$, рис. 1, б.

Рассмотрим актуальность развития лучевого метода для более общих схем построения диаграмм малоциклового нагружения напряжениями сжатия, когда некоторое количество циклов уровни максимальных напряжений остаются постоянными, а затем на каком-то цикле напряжения меняются. На последнем цикле при пропорциональном увеличении нагрузки бетонный образец доводится до разрушения. Построение диаграммы с непрерывно изменяющимися вплоть до разрушения уровнями напряжений рассмотрим на

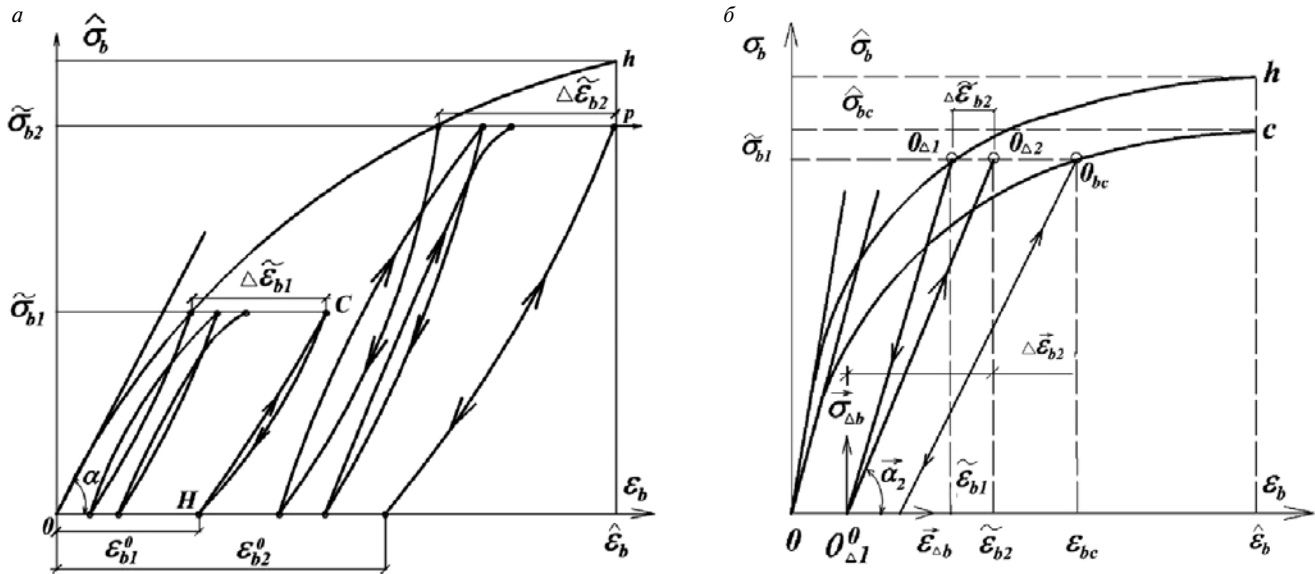


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона при циклических нагрузках с постоянными уровнями напряжения

примере трехуровневой диаграммы, которая включает (рис. 2) три группы циклов на уровнях напряжений: $\tilde{\sigma}_{b1}$ – группа I; $\tilde{\sigma}_{b2}$ – группа II; $\tilde{\sigma}_{b3}$ – группа III ($\tilde{\sigma}_{b1} < \tilde{\sigma}_{b2} < \tilde{\sigma}_{b3}$).

Базой для построения диаграмм бетона при сложных режимах нагружения являются исходная криволинейная диаграмма бетона на сжатие (oh) и стабилизационная диаграмма (oc). Восходящий участок исходной криволинейной диаграммы бетона на сжатие (oh) реализуется при испытаниях стандартных образцов-призм при осевом нагружении с постоянными скоростями роста напряжений до разрушения ($\hat{\sigma}_b, \hat{\epsilon}_b$ – соответственно предельные напряжения и предельные относительные деформации в вершине диаграммы). В рамках модели кратковременного нагружения при центральном сжатии исходная диаграмма деформирования [3] бетона представляется в виде:

$$\epsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b \nu_b}, \quad (1)$$

где $\epsilon_b, \sigma_b, E_b$ – соответственно относительные продольные деформации, напряжения, начальный модуль упругости бетона; ν_b – коэффициент изменения секущего модуля ($E_b \nu_b$ – секущий модуль);

$$\nu_b = \hat{\nu}_b + (\nu_0 - \hat{\nu}_b) \sqrt{1 - \omega_1 \eta - \omega_2 \eta^2}, \quad (2)$$

где $1 \geq \nu_b \geq 0$; ν_b – значение коэффициента изменения секущего модуля $\hat{\nu}_b$ в вершине диаграммы; ν_0 – значение коэффициента ν_b в начале диаграммы; η – уровень напряжений ($0 \leq \eta \leq 1$); ω_1, ω_2 – параметры кривизны диаграммы:

$$\hat{\nu}_b = \frac{\hat{\sigma}_b}{\hat{\epsilon}_b \cdot E_b}; \quad \eta_b = \frac{\sigma_b}{\hat{\sigma}_b}, \quad (3)$$

$$\omega_1 = 2 - 2,5 \cdot \hat{\nu}_b; \quad \omega_2 = 1 - \omega_1. \quad (4)$$

Для восходящей ветви: ($|\epsilon_b| \leq |\hat{\epsilon}_b|$); $\nu_0 = 1$; $\hat{\epsilon}_b$ – деформации в вершине диаграммы.

Аналитическая запись стабилизационной диаграммы бетона представляется единообразно в виде (1), где значение начального модуля упругости E_b заменяется на $E_{bc} = 0,9 E_b$. Изменяются обозначения коэффициента ν_b на ν_{bc} , значения

которого определяются по формуле (2) вычисления коэффициента упругости ν_b , однако вводятся новые начальные параметры: E_{bc} и координаты вершины стабилизационной диаграммы $\hat{\sigma}_{bc} = 0,85 \hat{\sigma}_b$ (величина $\hat{\epsilon}_b$ не изменяется). Отрезки между исходной и стабилизационной диаграммой для уровней напряжений $\tilde{\sigma}_{b1}$ (отрезок $O_{\Delta 1} - O_{bc}$, рис. 1, б) и $\tilde{\sigma}_{b2}$ – группа I (отрезок $1 - C_1$, рис. 2) определяют величину полного приращения деформаций $\Delta \tilde{\epsilon}_{bc}$ в вершине циклов до стабилизации деформаций:

$$\Delta \tilde{\epsilon}_{bc1} = \tilde{\epsilon}_{bc1} - \tilde{\epsilon}_{b1} = \frac{\tilde{\sigma}_b}{E_b} \left(\frac{1}{0,9 \tilde{\nu}_{bc}} - \frac{1}{\tilde{\nu}_b} \right), \quad (5)$$

где здесь и далее вводятся следующие обозначения: параметры с волной (\sim) соответствуют их значениям в вершине диаграмм на каждом цикле $\tilde{\epsilon}_b, \tilde{\sigma}_b, \tilde{\nu}_b$; параметры со стрелками: (\leftarrow) – при разгрузке; (\rightarrow) – при повторных нагружениях.

Циклов на каждом уровне напряжений может быть несколько, и за их конечное число приращения деформаций в вершинах циклов составят $\Delta \tilde{\epsilon}_{b1}, \Delta \tilde{\epsilon}_{b2}$ и $\Delta \tilde{\epsilon}_{b3}$, а остаточные деформации при полном снятии напряжений сжатия – соответственно $\Delta \tilde{\epsilon}_{b1}^0, \Delta \tilde{\epsilon}_{b2}^0$ и $\Delta \tilde{\epsilon}_{b3}^0$. Методика определения деформаций бетона для каждого цикла в группах детально рассмотрена в работах [1–3]. При переходе от одной группы циклов к другой с ростом значений напряжения вводим новые системы координат $\tilde{\epsilon}_{\Delta b} = O_{\Delta i} - \tilde{\sigma}_{\Delta b}$ ($i=1, 2, 3$), направление которых совпадает с направлением осей ϵ_b и σ_b . Начало координат закрепляем в конце отрезка нагрузки последнего цикла в каждой группе напряжений. Углы наклона этих отрезков $\tilde{\alpha}_i$ ($i=1, 2, 3$) определяют секущие модули деформаций ветвей нагрузки до точки $O_{\Delta i}$ последних циклов. Значения этих секущих модулей деформаций для каждой группы циклов принимаем за начальные модули деформаций криволинейных диаграмм, которые строятся по зависимости (1) в новых системах координат. Исходными параметрами для построения этих диаграмм являются: \tilde{E}_{bi} – секущий (начальный) модуль деформаций ветви нагрузки последнего цикла в каждой группе ($i=1, 2, 3$); $\hat{\sigma}_b$ – предельные напряжения в исходной диаграмме; $\hat{\epsilon}_b$ – предельные деформации в вершине исходной диаграммы. Опытные данные свидетельствуют [4–8], что циклические

нагрузки влияют на прочностные и деформационные характеристики бетона (рис. 3, а): на низких уровнях напряжений бетон уплотняется, и сопротивление бетона разрушению возрастает, на высоких уровнях напряжений – уменьшается. В расчетной модели до накопления опытных данных предельные значения $\hat{\sigma}_b$ и $\hat{\varepsilon}_b$ принимаются равными их значениям на исходных диаграммах, полученных статическим нагружением бетонных образцов до разрушения. Исходная из этого и новые диаграммы строятся единообразно с использованием зависимости (1), однако методика определения текущих значений коэффициента изменения секущего модуля ν_b имеет особенности. Для построения исходной диаграммы (ветвь Oh) в формуле (2) значение ν_b в начале диаграммы принимается $\nu_0=1$. Для построения диаграмм в новых системах координат ν_{oi} вычисляется с учетом истории нагружения и уровня напряжений в группах циклов:

$$\nu_{oi} = \frac{\bar{E}_{bi}}{E_b}, \quad (i=1, 2, 3). \quad (6)$$

Деформации бетона при переходе от одной группы циклов к другой $\varepsilon_{\Delta bi}$ ($i=2, 3, 4$) откладываются от начала координат $O_{\Delta i}$ ($i=1, 2, 3$), и они могут вычисляться вплоть до разрушения от каждой группы циклов (ветви $O_{\Delta i} h$). Остаточные деформации после разгрузки на первом цикле каждой группы вычисляются по формуле:

$$\varepsilon_{\Delta bi}^0 = \tilde{\varepsilon}_{bi} - \tilde{\sigma}_{bi} / \bar{E}_{bi}, \quad (7)$$

где $\bar{E}_{bi} = \gamma E_b$; $\gamma = 1,05 \sqrt{\tilde{\nu}_{bi}}$; здесь $\tilde{\nu}_{bi}$ вычисляется по формуле (2) для группы I при $\tilde{\sigma}_{b1}$ в исходных координатах, для других групп в вершине диаграмм в новых системах координат с учетом формулы (6). Величина полных деформаций $\tilde{\varepsilon}_b$

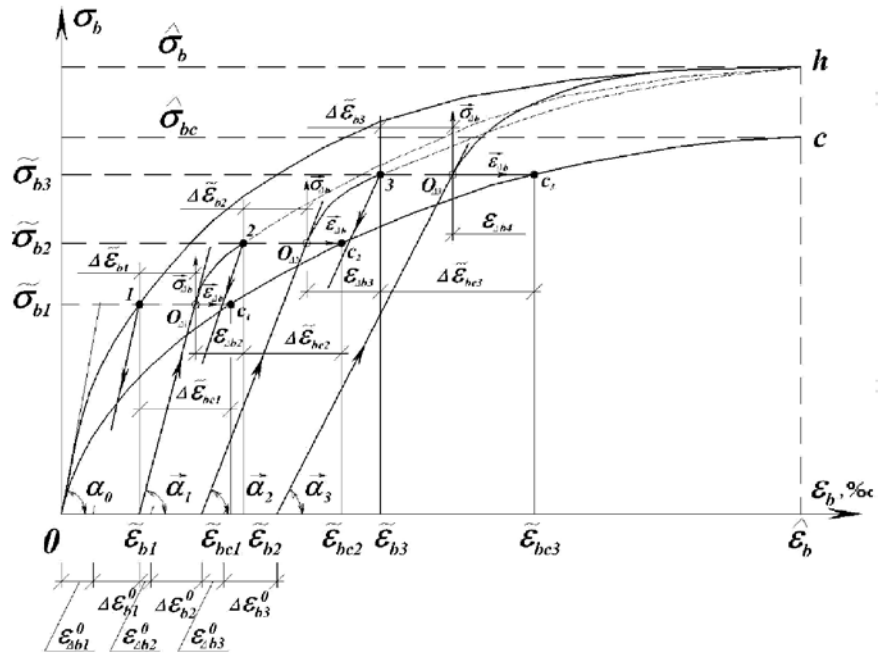


Рис. 2. Диаграмма бетона при меняющихся от цикла к циклу уровнях напряжений

в исходной системе координат вычисляется как сумма деформаций на первом цикле I группы циклов $\tilde{\varepsilon}_{b1}$, приращений деформаций при повторных нагружениях в каждой группе циклов $\Delta \tilde{\varepsilon}_{b1}^j$ ($j=2, 3, \dots, n_i$ – номер цикла в группах; $i=1, 2, 3$) и их значений в новых системах координат $\tilde{\varepsilon}_{\Delta bi}$ при переходе от одной группы циклов к другой. Уравнение в общем виде:

$$\tilde{\varepsilon}_b = \tilde{\varepsilon}_{b1} + \sum \Delta \tilde{\varepsilon}_{b1}^j + \sum \tilde{\varepsilon}_{\Delta bi}. \quad (8)$$

Величина остаточных деформаций в исходной системе координат вычисляется как сумма остаточных деформаций после разгрузки на первом цикле в каждой группе (7) и приращений остаточных деформаций при циклическом нагружении:

$$\varepsilon_b^0 = \sum \varepsilon_{\Delta bi}^0 + \sum \Delta \varepsilon_{bi}^0. \quad (9)$$

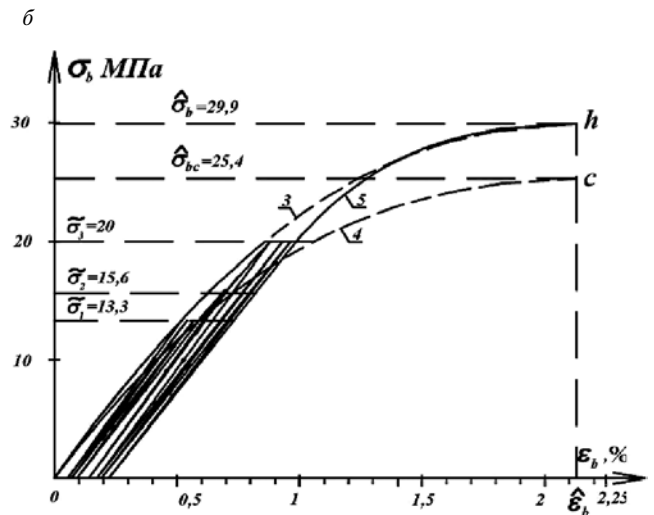
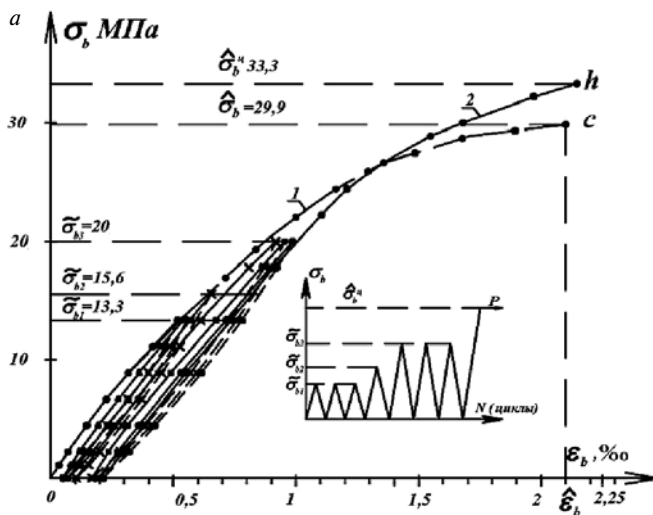


Рис. 3. Опытные (а) и расчетные (б) диаграммы циклического нагружения бетона с меняющимися от цикла к циклу уровнями напряжений: 1 – экспериментальная исходная диаграмма; 2 – ветвь нагрузки до разрушения после циклических нагружений; 3 – расчетная исходная диаграмма; 4 – стабилизационная диаграмма; 5 – ветвь нагрузки последнего цикла до разрушения

Расчетные и опытные (в скобках) значения деформационных параметров бетона

Параметр	Циклы при $\hat{\sigma}_b=13,3$ МПа			Циклы при $\hat{\sigma}_b=15,6$ МПа	Циклы при $\hat{\sigma}_b=13,3$ МПа		
	1	2	3	4	5	6	7
\bar{E}_{bi} , МПа	2,873	2,84	2,8	2,875	2,82	2,707	2,705
\bar{E}_{bi}^0 , МПа	2,9	2,75	2,675	2,681	2,81	2,64	2,44
$\tilde{\varepsilon}_{bi}$, ‰	0,51 (0,52)	0,53 (0,54)	0,57 (0,56)	0,68 (0,66)	0,88 (0,92)	0,93 (0,96)	0,96 (0,99)
$\tilde{\varepsilon}_{bi}^0$, ‰	0,05 (0,05)	0,07 (0,06)	0,09 (0,07)	0,14 (0,11)	0,17 (0,17)	0,19 (0,2)	0,22 (0,22)
$\Delta\tilde{\varepsilon}_{bi}$, ‰	0,07 (0,05)			0,01 (0,05)	0,08 (0,07)		
$\Delta\varepsilon_{bi}^0$, ‰	0,03 (0,02)			0 (0)	0,05 (0,05)		
$\varepsilon_{\Delta bi}^0$, ‰				0,05 (0,03)	0,03 (0,07)		
N_c	4			5	10		
$\tilde{\varepsilon}_{bc}$, ‰	0,59			0,73	0,106		
$\tilde{\varepsilon}_{bc}^0$, ‰	0,1			0,14	0,24		
$\Delta\tilde{\varepsilon}_{bc}$, ‰	0,07			0,04 (0,1)	0,18 (0,2)		
$\Delta\tilde{\varepsilon}_{bc}^0$, ‰	0,05			0	0,07		

Приращения деформаций в вершине циклов $\Delta\tilde{\varepsilon}_{bi}^j$ и остаточных деформаций $\Delta\varepsilon_{bi}^0$ определяются по методике [2] как функции значений приращения деформаций $\Delta\tilde{\varepsilon}_{bci}$ до их стабилизации. Для первой группы циклов $\Delta\tilde{\varepsilon}_{bci}$ вычисляется по формуле (5). Для последующих групп это приращение неполное: отрезок 2–С₂ на уровне напряжений $\tilde{\sigma}_{b2}$, отрезок 3–С₃ на уровне напряжений $\tilde{\sigma}_{b3}$. Формула (5) вычисления $\Delta\tilde{\varepsilon}_{bci}$ в общем виде запишется:

$$\Delta\tilde{\varepsilon}_{bci} = \tilde{\varepsilon}_{bci} - \tilde{\varepsilon}_{bi} = \frac{\tilde{\sigma}_{bi}}{E_b} \left(\frac{1}{0,9\tilde{\nu}_{bc}} - \frac{1}{\tilde{\nu}_{bi}} \right), \quad (10)$$

где $\tilde{\nu}_{bi}$ ($i=2, 3$) – коэффициент секущего модуля на первом цикле в каждой группе циклов. С учетом истории нагружения количество циклов до стабилизации N_c запишется в виде:

$$N_c = \varphi \hat{N} \left(\frac{1-\eta_c}{1-\eta} \right)^2, \quad (11)$$

где $\eta = \sigma_b / \hat{\sigma}_b$ – относительный уровень напряжений ($\eta_c = \hat{\sigma}_{bc} / \hat{\sigma}_b = 0,85$); $\hat{N} = 50$ – количество циклов до стабилизации при напряжениях $\sigma_b = \hat{\sigma}_{bc}$; $\varphi = \Delta\tilde{\varepsilon}_{bci} / \Delta\tilde{\varepsilon}_{bc}$ ($\Delta\tilde{\varepsilon}_{bci}$ вычисляется по формуле (10); $\Delta\tilde{\varepsilon}_{bc}$ – полное приращение деформаций в каждой группе циклов от исходной диаграммы до стабилизационной; (для первой группы циклов $\varphi=1$).

Выполним сравнительный анализ результатов расчета по предложенной методике с опытными данными. По результатам испытаний трех образцов статическим нагружением ступенями в течение 1 ч до разрушения по средним значениям деформаций построена опытная исходная диаграмма (рис. 3, а, кривая 1). Предельные значения напряжений и деформаций соответственно составляют $\hat{\sigma}_b=29,9$ МПа и $\hat{\varepsilon}_b=2,13\%$; модуль деформаций бетона $E_b=2,9$ МПа. Используя эти параметры, по формуле (1) строится исходная расчетная диаграмма (рис. 3, б, кривая 3).

По опытным данным, полученным при испытании образцов [9], конструируется трехуровневая диаграмма, которая включает три группы циклов (с полной разгрузкой в каж-

дом цикле) на уровнях напряжений: $\tilde{\sigma}_{b1}=13,3$ МПа – группа I (3 цикла); $\tilde{\sigma}_{b2}=15,6$ МПа – группа II (1 цикл); $\tilde{\sigma}_{b3}=20$ МПа – группа III (3 цикла). На последнем цикле образец статическим нагружением в течение 1 ч доводился до разрушения. Предельные значения напряжений и деформаций составляют: $\hat{\sigma}_b^{II}=33,3$ МПа; $\hat{\varepsilon}_b^{II}=2,18\%$. Как следует из опытов $\hat{\sigma}_b^{II} > \hat{\sigma}_b$, что свидетельствует о некотором повышении прочностных свойств бетона повторными нагружениями напряжениями сжатия. Используя методики расчета деформаций при повторных нагружениях на постоянных и с меняющимися уровнями напряжений, вычисляются деформационные параметры (см. таблицу) лучевого метода (в скобках для сравнения представлены их опытные значения), по которым конструируется расчетная трехуровневая диаграмма (рис. 3, б). Сравнительный анализ показывает, что расчетные значения деформаций и их приращений в вершинах циклов и при полном снятии напряжений сжатия существенно отличаются от опытных, а замена криволинейных диаграмм отрезками прямых не вносит больших расхождений в конечный результат.

Выводы

1. Предложена методика описания диаграмм деформирования бетона повторными нагрузками напряжениями сжатия при сложных режимах загрузки, когда уровни максимальных напряжений в циклах остаются постоянными или изменяют свои значения по некоторым закономерностям.
2. Представление ветвей разгрузок и повторных нагружений отрезками прямых линий при циклических нагружениях на постоянных уровнях напряжений сжатия, рекомендованное в работе [2], актуально для случаев перехода от одного уровня напряжений к другому; при этом учитывается история нагружения на предыдущих уровнях напряжений, а новые диаграммы вплоть до разрушения описываются единообразно с исходными диаграммами статического нагружения.

Список литературы

1. Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В. Методика расчета параметров деформирования бетона при разгрузке с напряжений сжатия // *Вестник МГСУ*. 2014. № 3. С. 168–178.
2. Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В. К построению диаграмм деформирования бетона повторными нагрузками сжатия при постоянных уровнях напряжений // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 48–52.
3. Ерышев В.А., Тошин Д.С., Диаграмма деформирования бетона при многократных повторных нагрузках // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2005. № 10. С. 109–114.
4. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
5. Беккер В.А., Сергеев С.М. Особенности развития объемных деформаций бетонов при повторном нагружении сжимающей нагрузкой // *Известия вузов. Строительство и архитектура*. 1983. № 10. С. 6–10.
6. Бабич Е.М., Погореляк А.П., Залесов А.С. Работа элементов на поперечную силу при многократно повторных нагружениях // *Бетон и железобетон*. 1981. № 6. С. 8–10.
7. Ставров Г.Н., Руденко В.В., Федосеев А.А. Прочность и деформативность бетона при повторно-статических нагрузках // *Бетон и железобетон*. 1986. № 1. С. 33–34.
8. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: Изд-во АСВ, 2004. 471 с.
9. Ерышев В.А., Латышева Е.В., Бондаренко А.С. Методика экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния линейных железобетонных элементов при осевом нагружении повторными и знакопеременными нагрузками // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета*. 2010. № 3 (13). С. 51–56.

References

1. Karpenko N.I., Eryshev V.A., Latysheva E.V. Method of calculation of parameters of concrete deformation during unloading from the compression stress. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 3, pp. 168–178. (In Russian).
2. Karpenko N.I., Eryshev V.A., Latysheva E.V. About developing diagrams of concrete deformation under repeated loads of compression at constant stress levels. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 48–52. (In Russian).
3. Eryshev V.A., Toshin D.S. Strain diagram of concrete at mnogokratnyh repeated loads. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*. 2005. No. 10, pp. 109–114. (In Russian).
4. Karpenko N.I. Obshhie modeli mehaniki zhelezobetona [General mechanics model of reinforced concrete]. Moscow: Strojizdat, 1996. 416 p.
5. Bekker V.A., Sergeev S.M. Features of development of volume deformations of concrete under repeated loading compressive load. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura*. 1983. No. 10, pp. 6–10. (In Russian).
6. Babich E.M., Pogoreljak A.P., Zalesov A.S. Work elements on the transverse force at mnogokratno repeated loading. *Beton i zhelezobeton*. 1981. No. 6, pp. 8–10. (In Russian).
7. Stavrov G.N., Rudenko V.V., Fedoseev A.A. Strength and deformability of concrete at re-static loads. *Beton i zhelezobeton*. 1986. No. 1, pp. 33–34. (In Russian).
8. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Raschetnye modeli silovogo soprotivlenija zhelezobetona [Computational models of the power of resistance of reinforced concrete]. Moscow: Publishing ASV, 2004. 471 p.
9. Eryshev V.A., Latysheva E.V., Bondarenko A.S. Methodology of experimental studies of the stress-strain state of linear reinforced concrete elements under axial uploading repetitive and alternating loads. *Vektor nauki Tol'jattinskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010. No. 3 (13), pp. 51–56.

12+

**XVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ОСЕННИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ФОРУМ**

30 сентября –
2 октября
2014
КАЗАНЬ

XVI специализированная выставка
ЖИЛИЩЕ

I специализированная выставка
**МАЛОЭТАЖНОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО**

VIII специализированная выставка
**ИНЖЕНЕРНЫЕ
КОММУНИКАЦИИ
ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ**

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
190 - 90013
**КАЗАНСКАЯ
ЯРМАРКА**

Выставочный центр "Казанская ярмарка"
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,
т./ ф.: (843) 570-51-07, 570-51-11, e-mail: d4@expokazan.ru,
www.expohouse.ru, www.expokazan.ru

УДК 691.328.4

Ю.О. КУСТИКОВА, инженер (yulia.kustikowa@yandex.ru), В.И. РИМШИН, д-р техн. наук,
Л.И. ШУБИН, инженер

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

Практические рекомендации и технико-экономическое обоснование применения композитной арматуры в железобетонных конструкциях зданий и сооружений

Рассматривается применение и использование композитной арматуры (стеклопластиковой и базальтопластиковой) в железобетонных конструкциях. Представлены физико-механические характеристики арматуры АСП и АБП, а также сравнительные характеристики базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры со стальной арматурой. Отмечается, что базальтопластиковая арматура может быть эффективно использована и для армирования ненапрягаемых конструкций, так как при той же величине модуля упругости ее прочность может колебаться в широких пределах. Для изготовления ненапрягаемой базальтопластиковой арматуры могут быть использованы менее дефицитные, дешевые аппретирующие составы и связующие, что наряду с использованием сравнительно дешевого волокна снизит отпускные цены на арматуру. Поиск альтернативных путей замещения металлической арматуры в несущих железобетонных конструкциях на композитную, не подвергающуюся коррозии и одновременно имеющую высокую несущую способность, является актуальной научно-исследовательской задачей. Известно, что композитные материалы минимизируют коррозию и другие силовые и средовые воздействия. В то же время они должны быть технологичными в изготовлении, экологически безопасными и не выделять вредных веществ, загрязняющих окружающую среду. В настоящее время ведутся интенсивные исследования по поиску путей замены металла на другую арматуру. Примером таких исследований является создание разных видов пластиков, которые постепенно вытесняют его. Серьезным прорывом в этом направлении за последние годы стало открытие «стекло и базальтовой технологии», которая позволила пополнить базу строительных материалов новыми для строительных конструкций типами арматуры.

Ключевые слова: композитная арматура, предварительно напряженные конструкции, прочность, растяжение, модуль упругости, арамидное волокно.

YU.O. KUSTIKOVA, Engineer, V.I. RIMSHIN, Doctor of Sciences (Engineering), L.I. SHUBIN, Engineer
Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Practical Recommendations and Technical and Economic Assessment of Using Composite Reinforcement in Reinforced Concrete Structures of Buildings and Facilities

The article considers the application and use of composite reinforcement (glass-plastic and basalt-plastic) in reinforced concrete structures. Physical-mechanical characteristics of reinforcements ASP and ABP as well as characteristics of basalt-plastic and glass-plastic reinforcement in comparison with the characteristics of steel reinforcement are presented. It is noted that basalt-plastic reinforcement can be efficiently used for reinforcement of non-tensioned structures as its strength can vary widely at the same value of elastic modulus. The search for alternative ways of substituting the metal reinforcement in bearing reinforced concrete structures for composite one which does not corrode and, at the same time, has high bearing capacity is an actual scientific-research task. It is known that composite materials minimize corrosion and other force and medium impacts. At present the intensive studies aimed at searching for substitution of metal for other reinforcement are conducted. The example of such studies is the creation of various types of plastics which gradually supplant it. In recent years a serious breakthrough in this direction was the opening of "glass and basalt technology" which made it possible to "renew" the building materials base with new types of reinforcement for building structures.

Keywords: composite reinforcement, pre-stressed structures, strength, tension, elastic modulus, aramid fibre.

Потребность капитального строительства в неметаллической арматуре возникла в середине прошлого века. Расширение применения армированных бетонных конструкций в ответственных сооружениях, эксплуатируемых в сильноагрессивных средах, потребовало создание арматуры, способной выдержать воздействие такой среды. Кроме того, необходимо было обеспечить антимагнитные и диэлектрические свойства некоторых изделий и сооружений. Ограниченные запасы руд, пригодных для получения стали и легирующих присадок, также были причиной, ускорившей применение неметаллической арматуры.

В Германии, Нидерландах, СССР, США, Японии и др. странах были проведены научные исследования, позволившие приступить к практическому решению проблемы.

В качестве несущей основы высокопрочной неметаллической арматуры было выбрано непрерывное тонкое высокопрочное стеклянное волокно диаметром 10–15 мкм, нити которого формовали в виде монолитного стержня с использованием синтетических смол (эпоксидной, эпоксифенольной, полиэфирной и др.). К волокну предъявлялись повышенные требования к сохранению прочности в щелочной среде бетона и высокому сопротивлению растяжению.

В прошедшие годы (Москва, Минск, Харьков) была разработана непрерывная технология изготовления такой арматуры диаметром 6 мм из щелочестойкого стекловолокна малоциркониевого состава марки Щ-15 ЖТ, подробно изучены ее физико-механические свойства. Особое внимание уделялось изучению химической стойкости и долговечности стекловолокна и арматуры на его основе в бетоне при воздействии различных агрессивных сред. Выявлена возможность получения стеклопластиковой арматуры со следующими показателями: временное сопротивление разрыву до 1500 МПа; начальный модуль упругости 50000 МПа; плотность 1,8–2 т/м³ при содержании стекловолокна 80 мас. %; рабочая диаграмма при растяжении прямолинейна вплоть до разрыва (предельные деформации к этому моменту достигают 2,5–3%); долговременная прочность арматуры в нормальных температурно-влажностных условиях 65% от временного сопротивления; коэффициент линейного расширения стеклопластиковой арматуры $5,5\text{--}6,5 \cdot 10^{-6}$ [1–4].

Были всесторонне исследованы опытные предварительно напряженные изгибаемые элементы с такой арматурой под воздействием статических нагрузок, разработаны технологические правила изготовления арматуры и рекомендации по проектированию бетонных конструкций с неметаллической арматурой, намечены целесообразные области их применения.

Экспериментальные образцы электроизолирующих траверс опор ЛЭП были установлены на опытных участках линий электропередачи в России, Белоруссии и Аджарии. Проведены исследования по использованию стеклопластиковой арматуры в опорах контактной сети и напорных трубах. Стеклопластиковая арматура нашла также применение в ваннах из полимербетона в цехах электролиза предприятий цветной металлургии, в плитах перекрытий на нескольких складах минеральных удобрений.

К сожалению, заводского производства стеклопластиковой арматуры в промышленных масштабах организовать не удалось, в небольших количествах такая арматура изготавливается на лабораторной установке НТПО «Белстройнаука» в Минске.

В последние годы в России пришли к выводу, что целесообразнее использовать вместо стеклянного волокна базальтовое, производство которого менее трудоемко, а сырье вполне доступно. Можно констатировать, что в нашей стране разработаны основные исходные данные для промышленного выпуска стеклопластиковой арматуры диаметром 6–8 мм, проектирования и изготовления различных предварительно напряженных конструкций с такой арматурой, намечены области их применения.

В Германии разработана и подробно изучена стеклопластиковая арматура диаметром 7,5 мм из алюмоборосиликатного стекловолокна и полиэфирной смолы под названием «полисталь». Испытания на статические, динамические и длительные нагрузки позволили установить следующие исходные характеристики этой арматуры: кратковременная прочность при растяжении 1650 МПа; модуль упругости 51000 МПа; удлинение при разрыве 3,3%; долговременная прочность 1100 МПа; потери напряжения от релаксации 3,2 %; перепад напряжения при $2 \cdot 10^6$ циклов нагружения 55 МПа; коэффициент температурного расширения $7 \cdot 10^{-6}$.

После испытания опытных балок были разработаны основные положения по расчету и конструированию ответственных инженерных сооружений. За последние годы было

возведено десять одно-, двух- и трехпролетных автодорожных и пешеходных мостов с арматурой «полисталь». Пролетные строения мостов, достигавшие 25 м, армировались пучками из стеклопластиковых стержней диаметром 7,5 мм с натяжением на бетон. На стержни наносилось защитное полиамидное покрытие толщиной 0,5 мм. Число стержней в пучке 19, рабочее усилие натяжения пучка 600 кН [5].

Особое внимание проблеме создания и применения высокопрочной неметаллической арматуры уделяется в Японии. Освоено производство фибропластиковой арматуры на базе углеродных и арамидных волокон, исследованы их физико-механические свойства. Проволока и канаты изготавливаются из углеродного волокна диаметром 7 мкм с пределом прочности 3600 МПа. Проволока собирается из 12 тыс. волокон, соединяемых между собой пластиком. Из проволоки свиваются канаты различной несущей способности, подвергаемые после свивки термической обработке.

Разработан перспективный сортамент арматуры, в который входят проволока, а также 7-, 9- и 37-проволочные канаты с усилием от 10 до 100 кН. Например, установлены характеристики 7-проволочных углепластиковых канатов: временное сопротивление 1750 МПа; модуль упругости – 140000 МПа; удлинение при разрыве 1,6 %; плотность 1,5 т/м³; релаксация напряжений 2,5%; теплостойкость 200°C; высокие кислото- и щелочестойкость.

Разработана арматура из арамидных волокон диаметром от 3 до 16 мм с разрывным усилием от 8 до 250 кН. Стержни получают путем сплетения жгутов из непрерывных волокон с последующей пропиткой пластиком и тепловой обработкой. Предельное удлинение арматуры при разрыве 2%, модуль упругости – 66000 МПа. Следует отметить, что эта арматура малых диаметров (до 5 мм) пригодна для поперечного спирального армирования конструкций (ТУ 5769-001-00243240–2010 «Арматура неметаллическая композитная», ТУ 5769-248-35354501–2007 «Арматура неметаллическая композитная периодического профиля»).

В Японии проведен значительный комплекс исследований опытных балочных конструкций с различными видами неметаллической арматуры, возведены автомобильные и пешеходные мосты небольших пролетов. Ведутся активные исследования возможности применения углепластиковой арматуры в различных областях строительства. Так, высокопрочные ленты различного поперечного сечения из углепластика начали использовать для усиления железобетонных конструкций в эксплуатируемых ответственных сооружениях.

Необходимо отметить пионерные работы, выполненные в Нидерландах с неметаллической арматурой из арамидных волокон. Накопленный материал по свойствам такой арматуры прямоугольного и круглого сечения был впервые доложен на конгрессе FIB в 1986 г. и вызвал большой интерес. Позднее в этой же стране была разработана композитная проволока диаметром 5 мм из углеродных волокон и эпоксидного связующего. Временное сопротивление проволоки колеблется от 2300 до 3300 МПа в зависимости от прочности волокна и его доли в сечении. Освоено производство такой проволоки и получен опыт ее применения в качестве напрягаемой арматуры в сваях. Отмечается перспективность применения пучков из композитной проволоки в вантах большепролетных мостов и для внешнего армирования различных предварительно напряженных конструкций (СТО 017 НОСТРОЙ 2.6.90–2014 «Применение в

Таблица 1

Размеры периодического профиля

№ профиля	Размеры, мм						Масса теоретическая 1 м., кг
	Наружный диаметр, dn	Предельное отклонение	Внутренний диаметр, dвн	Предельное отклонение	Расчетный диаметр, dp	Предельное отклонение	
5	5	±0,3	3,8	±0,3	3	±0,1	0,025
8	7,8		6,5		5,8		0,065
10	10		8,7		8		0,0125

Таблица 2

Физико-механические характеристики арматуры АСП и АБП, при растяжении

Вид композитной арматуры	Номер профиля	Разрывное усилие, Н	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Модуль упругости, МПа
АСП	5	8800	1200	2,3	52800
	8	28000	1040	2,3	41360
	10	45600	880	2,3	41360
АБП	5	11000	1500	2,5	60000
	8	35000	1300	2,5	47000
	10	57000	1100	2,5	47000

строительных бетонных и геотехнических конструкциях неметаллической композитной арматуры»).

Большой эксперимент проведен учеными США и Канады на одном пролете предварительно напряженного балочного автодорожного моста, армированного проволокой и канатами из углеродного японского производства. Применение современных измерительных систем и продолжение испытаний вплоть до разрушения позволили получить обширный комплекс данных, необходимых для положительной оценки мостов с такой арматурой.

В последние годы научные исследования в области неметаллической арматуры за рубежом значительно продвинулись. Такую арматуру стали использовать в различных сооружениях. Получили применение углеродное и арамидное волокна с более высокими механическими свойствами, расширен сортамент арматуры за счет витых канатов, возведено более десятка автодорожных и пешеходных мостов с различными пролетами.

Многочисленные публикации о неметаллической арматуре в мировой научной литературе подтверждают перспективность этого материала и необходимость интенсификации исследований в этой области. За последние годы в России научные и производственные организации освоили производство неметаллических композитных элементов гибких связей. В основном производятся стеклопластиковые гибкие связи и анкерные стержни. Однако к арматуре бетонных конструкций в отличие от гибких связей предъявляются особые требования, касающиеся длительной прочности, сцепления с бетоном, модуля упругости и т. д [1, 3].

С учетом современного состояния коррозионных исследований и свойств опытно-промышленных партий неметаллической арматуры рекомендуется применение АБП и АСП:

- для армирования бетонных конструкций и смешанного армирования железобетонных конструкций;
- в армированных конструкциях, подвергающихся воздействию агрессивных сред, согласно СНиП 2.03.11–85

и МГСН 2.08–01, вызывающих коррозию стальной арматуры (хлористые соли, агрессивные газы повышенных концентраций и др.). Целесообразно применение АБП и АСП в элементах дорожного строительства, которые подвергаются агрессивному воздействию противогололедных реагентов;

- при ремонте железобетонных конструкций, поврежденных воздействием агрессивных, в первую очередь хлоридных сред;
- в случаях, когда отсутствует возможность обеспечить нормативные требования к толщине защитного слоя (тонкостенные конструкции различного назначения, например панели защитных сооружений от шума, ограды, конструкции архитектурного назначения и другие);
- в бетонах на шлакопортландцементе, пуццолановом цементе, смешанных вяжущих с высоким содержанием активных минеральных добавок и т. п.;
- в монолитных бетонах с хлоридсодержащими противоморозными добавками, (хлорид кальция, нитрат-хлорид кальция, нитрат-хлорид кальция с мочевиной и другие);
- в пористых и крупнопористых бетонах (дренажные трубы), легких и ячеистых бетонах, в том числе при монолитном строительстве;
- при армировании кирпичной кладки, в том числе в зимнее время, когда в кладочный раствор вводятся ускорители твердения и противоморозные добавки – хлористые соли, вызывающие коррозию стальной арматуры [2].

С целью улучшения теплотехнических характеристик стен рекомендуется применение АБП и АСП в наружном слое трехслойных стеновых панелей с гибкими связями, при этом арматура перемычек и зоны усиления платформенного стыка должна оставаться металлической.

С освоением промышленного производства АБП и АСП, улучшением качества арматуры и получением экспериментальных данных за более длительные сроки испытаний область применения АБП и АСП может быть в дальнейшем

Таблица 3

**Сравнительные характеристики базальтопластиковой
и стеклопластиковой арматуры со стальной**

Характеристики	Металлическая арматура класса А-Ш (А400С) ГОСТ 5781-82	Композитная арматура АСП – стеклопластиковая АБП – базальтопластико-вая)
Материал	Сталь 35ГС, 25Г2С и др.	АСП — стеклянные волокна диаметром 13–16 мк, связанные полимером; АБП — базальтовые волокна диаметром 10–16 мк, связанные полимером.
Временное сопротивление при растяжении, МПа	700–900	800-АСП 1200-АБП
Модуль упругости, МПа	25000–35000	30000-АСП 40000-АБП
Относительное удлинение, %	25	2,2-АСП и АБП
Плотность, т/м ³	7	1,9-АСП и АБП
Коррозионная стойкость к агрессивным средам	Корродирует с выделением продуктов ржавчины	Нержавеющий материал первой группы химической стойкости, в том числе к щелочной среде бетона
Теплопроводность	Теплопроводна	Нетеплопроводна
Электропроводность	Электропроводна	Диэлектрик
Долговечность	По строительным нормам	Прогнозируемая долговечность не менее 80 лет
Замена арматуры по физико-механическим свойствам	6А–400 8А–400 10А–400 12А–400 14А–400 16А–400 18А–400	5АСП, 5АБП 6АСП, 6АБП 8АСП, 8АБП 10АСП, 10АБП 12АСП, 12АБП 14АСП, 14АБП 16АСП, 16АБП
Параметры равнопрочного арматурного каркаса при нагрузке 25 т/м ²	При использовании арматуры 8А-400 размер ячейки 14×14 см	При использовании арматуры 8АСП размер ячейки 23×23. Уменьшение веса в 9 раз

Таблица 4

Сравнительная характеристика АСП и АБП с металлической

АСП + АБП				Сравнительно с металлом			
Профиль	Кол-во, м/т	Цена, р/т	Цена р/м	Равнопрочная замена на металл	Цена, р/т*	Кол-во, м/т	Цена р/м
АСП-4	48780	390240	8	6А3	20000	4504	4,44
АБП-4		409752	8,4				
АСП-6	20618	195871	9,5	8А3	20000	2531	7,9
АБП-6		220612,6	10,7				
АСП-8	11299	161575	14,3	12А3	20000	1126	17,76
АБП-8		185303,6	16,4				
АСП-10	7092	151768,8	21,4	14А3	20000	826	24,21
АБП-10		177300	25				
АСП-12	4897	146910	30	16А3	20000	632	31,64
АБП-12		172864,1	35,3				

* Средняя рыночная цена по состоянию на июнь 2013 г.

расширена с учетом совершенствования технологии ее производства.

Неметаллическая арматура выпускается профилем 5; 8 и 10 мм и характеризуется следующими показателями:

- нормальный диаметр стержней 5±0,3 мм; 7,8±3 мм; 10±3 мм.
- длина стержней свыше 32000±5 мм;
- объемная масса 1,9±0,1 т/м³.

Гарантийный срок сохранения свойств арматуры 24 мес. с момента изготовления при соблюдении правил хранения и транспортирования.

Неметаллическая композитная арматура может применяться как в виде отдельных стержней, так и в виде каркасных сеток.

В наружных стеновых панелях арматуру АСП и АБП следует применять преимущественно в виде сеток. В случае невозможности получения готовых сеток они изготавливаются на месте применения.

Сетки изготавливают с перевязкой мест пересечения стержней синтетической нитью и последующей пропиткой эпоксидной смолой и отверждением эпоксидной смолы. Толщина защитного слоя у арматуры назначается из условия совместной работы арматуры и бетона. При проектировании конструкций с неметаллической арматурой толщина защитного слоя назначается по СНиП 2.03.01–84.

При укладке арматуры в форму проектная толщина защитного слоя обеспечивается установкой фиксаторов из

цементно-песчаного раствора или теплостойких и щелочестойких полимерных материалов, например, полиэтилена.

При работе с арматурой АСП и АБП необходимо использовать индивидуальные средства защиты кожи рук по ГОСТ 12.4.068 и специальную одежду по ГОСТ 12.4.011 и ГОСТ 12.4.103. При резке арматуры следует дополнительно использовать индивидуальные средства защиты органов дыхания по ГОСТ 12.4.034 и защиты глаз по ГОСТ 12.4.013.

Композитная арматура во многом превосходит стальную:

- прочнее стальной в 1,5–2 раза;
- легче стальной в 3,5–4 раза;
- имеет высокий модуль упругости при небольшом коэффициенте относительного удлинения, высокую стойкость к стрессовым нагрузкам;
- обладает прекрасными реологическими характеристиками;
- не подвержена коррозии, весьма слабо меняет свои механические свойства под воздействием кислот, солей и щелочей;
- является диэлектриком, радиопрозрачна, магнитоинертна (исключено изменение прочностных свойств под воздействием электромагнитных полей);
- не теряет своих прочностных свойств под воздействием сверхнизких температур;
- коэффициент теплового расширения композитной арматуры соответствует КТР бетона, что исключает порывы армирования и трещинообразование в защитном слое бетона под воздействием температурных циклов.

Срок эксплуатации железобетонных конструкций при воздействии агрессивных сред резко сокращается. Замена их стеклопластбетонными уменьшает затраты на капитальные ремонты, убытки от которых существенно возрастают, когда на время ремонта требуется остановка производства. Капиталовложения на возведение конструкций, где используется стеклопластиковая арматура, практически одинаковы с затратами при возведении железобетонных. Однако через пять лет они окупаются, а через двадцать лет экономический эффект достигает двукратной стоимости возведения конструкций. Положительным фактором можно назвать транспортировку стекло- и базальтопластиковой арматуры, так как вес ее в шесть раз меньше, металлической.

Список литературы

1. Кустикова Ю.О., Римшин В.И., Батдалов М.М. Практические рекомендации и технико-экономическое обоснование применения композитной арматуры при проведении бетонных работ. Актуальные проблемы развития жилищно-коммунального хозяйства городов и населенных пунктов. IX Международная Научно-практическая конференция. Москва – София - Кавала. 30 мая – 6 июня, 2010 г. С. 39-48.
2. Тур В.В., Семенюк О.С. Применение базальтопластиковой арматуры при изготовлении самонапряженных конструкций // Вестник Брестского государственного технического университета Строительство и архитектура. 2013. № 1 (79). С. 99-103.
3. Шалудин С.А. Применение базальтопластиковой и композитной арматуры как инновационно ориентированный инструмент обеспечения социально-экономического развития строительного комплекса // Вестник Московского государственного открытого университета. Техника и технология. 2012. № 2 (8) С.59–63
4. Abashidze G.S., Marquis F.D.S., Chikhradze N.M. Basalt reinforced plastics: Some operating properties. *Materials Science Forum*. 2007. Vol. 561-565, pp. 671–674.
5. ACI 440.1R-06 Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP bars. *American Concrete Institute*, 2006. 44 p.

References

1. Kustikova Yu.O. Rimshin V. I. Batdalov M. M. Practical recommendations and the feasibility study on use of composite fittings when carrying out concrete works. *Actual problems of development of housing and communal services of the cities and settlements. The ninth International Scientific and practical conference*. Moscow-Sofia- Kavalas, May 30 – June 6. 2010, pp. 39-48. (In Russian).
2. Tur V.V., Semenyuk O.S. Application of basalt-plastic reinforcement in the manufacture of self-intense designs. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2013. No. 1 (79), pp. 99-103. (In Russian).
3. Shaludin S.A. Application of basalt-plastic and composite reinforcement as innovation-oriented tool for socio-economic development of the building complex. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo otkrytogo universiteta. Tekhnika i tekhnologiya*. 2012. No. 2 (8), pp. 59–63. (In Russian).
4. Abashidze G.S., Marquis F.D.S., Chikhradze N.M. Basalt reinforced plastics: Some operating properties. *Materials Science Forum*. 2007. Vol. 561-565, pp. 671–674.
5. ACI 440.1R-06 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. *American Concrete Institute*, 2006. 44 p.

2014

СтройЭКСПО. ЖКХ

37 Всероссийская специализированная выставка

СТРОИТЕЛЬСТВО

- Новые технологии в строительстве • Быстровозводимые здания и сооружения
- Металлоконструкции • Строительные и отделочные материалы
- Кровля. Фасады. Изоляция • Окна. Двери. Ворота
- Строительное и промышленное оборудование

СИСТЕМЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

- Системы очистки воды, водоочистители • Канализационные системы и оборудование
- Системы вентиляции и кондиционирования • Системы водоснабжения и отопления
- Котельное оборудование. Насосы • Трубы. Запорная и регулирующая арматура

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЛИЩНЫМ ФОНДОМ

- Реконструкция, ремонт и содержание объектов жилфонда
- Локальный ремонт труб и трубных конструкций
- Материалы и оборудование для диагностики и санации
- Новые формы управления ЖКХ
- Коммунальные машины и механизмы для ЖКХ

Официальная поддержка:

- Министерство строительства Волгоградской области
- Министерство жилищно-коммунального хозяйства и топливно-энергетического комплекса Волгоградской области
- Министерство транспорта и дорожного хозяйства Волгоградской области
- Администрация Волгограда
- НП «Гильдия управляющих и девелоперов», С.-Петербург
- ОАО «Корпорация развития Волгоградской области»
- НП «Совет директоров предприятий и организаций Волгоградской области»



ВСЁ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО РЕМОНТА И НАДЕЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА!

Организатор



(8442) 55-13-15
www.volgogradexpo.ru

Генеральный
информационный спонсор



24-26

СЕНТЯБРЯ

ВОЛГОГРАД
ЭКСПОЦЕНТР

УДК 699.86

Н.П. УМНЯКОВА, канд. техн. наук, И.Н. БУТОВСКИЙ, канд. техн. наук,
А.Г. ЧЕБОТАРЕВ, инженер-строитель

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

Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий

Разработка современных требований по тепловой защите зданий стала возможной благодаря научной базе по строительной теплофизике, которая создавалась в нашей стране на протяжении XX века. В статье рассмотрено развитие методов нормирования уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, начиная от работ О.Е. Власова и А.М. Шкловера (30-е гг. XX в.) до современного подхода к нормированию тепловой защиты оболочки здания и расхода энергии на отопление, представленного в СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция».

Ключевые слова: энергосбережение, тепловая защита, теплоизоляция, приведенные затраты, приведенное сопротивление теплопередаче, удельная теплозащитная характеристика.

N.P. UMNYAKOVA, Candidate of Sciences, I.N. BUTOVSKIY, Candidate of Sciences, A.G. CHEBOTAREV, Civil Engineer
Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Development of the Regulation Methods of Heat Shield of Energy Efficient Buildings

Development of modern requirements for thermal protection of buildings was made possible thanks to scientific basis for building thermal physics, which was created in our country during the XX century. The article describes the development of methods for the valuation for level of thermal protection of the external enveloping constructions, beginning from works of O.E. Vlasov and A.M. Shklovera (30th years of XX century) till the modern approach to the valuation of the building envelope thermal protection and energy consumption for heating buildings in SP 50.13330.2012 «SNIP 23-02-2003 Thermal protection of buildings. Updated edition».

Keywords: energy saving, thermal protection, thermal insulation, reduced costs, reduced resistance to heat transfer, specific heatproof characteristics.

Энергосберегающая политика РФ в строительном секторе базируется на внедрении на строительных объектах эффективных средств поддержания параметров внутренней среды и оптимизации теплозащиты зданий. Решение этих задач также зависит от правильного учета таких факторов, как влияние качества строительства на действительные теплотери через наружные ограждения, учет расхода энергии при изготовлении строительных материалов и конструкций, анализ затрат, связанных с устройством систем теплоснабжения зданий.

Строительство зданий с хорошей тепловой защитой является рациональным с точки зрения уменьшения расходов на отопление. Однако увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций всегда сопровождается повышением их стоимости, т. е. уменьшение расходов на отопление или охлаждение помещений связано с повышением стоимости здания.

Теоретические основы оптимизации теплозащиты зданий в России впервые были изложены в работах О.Е. Власова, А.М. Шкловера [1, 2]. Анализ структуры приведенных затрат на 1 м² наружной ограждающей конструкции позволил получить следующее выражение для определения их величины:

$$\Pi = a c_{\text{ут}} \delta_{\text{ут}} + [(t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) / R_0] c_{\text{т}} z_{\text{от}}, \quad (1)$$

где a – доля отчисления на амортизацию в капитальный ремонт ограждения; $c_{\text{ут}}$ – стоимость материала теплоизоляционного слоя многослойной конструкции или стоимость однородной ограждающей конструкции, р./м³; $\delta_{\text{ут}}$ – толщина теплоизоляционного слоя ограждающей

конструкции, м; $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С; $t_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С; $c_{\text{т}}$ – стоимость тепловой энергии, р./Дж; $z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут/г.; R_0 – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт.

Если построить кривую, откладывая по оси абсцисс толщину теплоизоляционного слоя, а по оси ординат годовые расходы, то по ней можно установить, что точка кривой, соответствующая минимальным приведенным затратам, определяет оптимальную толщину данного ограждения.

Несложно найти оптимальную толщину слоя утеплителя $\delta_{\text{ут}}^{\text{опт}}$, который является основным в теплоизоляционном отношении, задавшись размерами остальных слоев многослойной конструкции. Для этого достаточно взять производную от приведенных затрат на 1 м² ограждения (Π) по толщине этого слоя и приравнять ее к нулю. Тогда:

$$R_0^{\text{опт}} = [(t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) c_{\text{т}} z_{\text{от}} / (a \lambda_{\text{ут}} c_{\text{ут}})]^{0,5}, \quad (2)$$

$$\delta_{\text{ут}}^{\text{опт}} = (R_0^{\text{опт}} - R') \lambda_{\text{ут}}, \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{ут}}$ – расчетный коэффициент теплопроводности материала теплоизоляционного слоя многослойной или однослойной конструкции, Вт/(м·°С); $R_0^{\text{опт}}$ – экономически целесообразное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт; R' – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт.

Формула (2) позволяет определить сопротивление теплопередаче конструкции для случая, когда толщина изолирующего слоя будет оптимальной [1].

Аналитическое решение оптимизации теплозащиты ограждающих конструкций, предложенное в работе О.Е. Власова [1], послужило основой методики определения экономически целесообразного термического сопротивления и толщины теплоизоляционного слоя ограждающей конструкции, предложенной в СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника».

Требуемое сопротивление теплопередаче R_o^{TP} , определенное на основе гигиенических требований, в зависимости от климатической зоны обычно находится в пределах 0,6–1,5 м²·°С/Вт. Такой подход не встречал особых возражений, пока применялись малоэффективные теплоизоляционные материалы, такие как полнотелый кирпич, шлакоблоки и др. Однако при применении эффективных теплоизоляционных материалов малые значения термического сопротивления перестали быть обоснованными с точки зрения экономики [3]. Экономическая целесообразность увеличения термического сопротивления во многом зависит от того, в какие сроки окупаются дополнительные капиталовложения на увеличение R_o за счет ежегодной экономии в расходе топлива.

Если стоимость одной из двух сравниваемых ограждающих конструкций выше, а коэффициент теплопередачи меньше, то при ее применении снижаются годовые эксплуатационные расходы на отопление. Через определенный период эта экономия покрывает излишний расход на более дорогостоящую ограждающую конструкцию.

Условие, при котором необходимо повышать термическое сопротивление ограждения по сравнению с термическим сопротивлением, полученным на основе R_o^{TP} , вытекает из основной формулы и характеризуется равенством:

$$\lambda_{yT} c_{yT} < [T_n (t_b - t_{от}) c_T z_{от}] / (R_o^{TP})^2, \quad (4)$$

где c_{yT} , c_T , $t_{от}$, $z_{от}$ – то же, что и в формуле (1); λ_{yT} – то же, что и в формуле (2); T_n – нормативный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, г; R_o^{TP} – требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт.

Выбор того или иного конструктивного решения ограждающей конструкции для применения в конкретных климатических условиях осуществлялся по минимуму приведенных затрат сравниваемых вариантов.

В СНиП II-A.7-62 «Строительная теплотехника» рекомендовалось величину R_o^{TP} , определяемую из санитарно-гигиенических требований, уточнять экономическим расчетом, методические основы которого были изложены в [4].

Основные формулы по оптимизации теплозащиты здания были представлены в следующем виде:

$$\Pi = A R_o + B (t_b - t_{н5}) / R_o; \quad (5)$$

$$R_o^3 = \sqrt{B (t_b - t_{н5}) / A}, \quad (6)$$

где A – расходы, связанные с устройством ограждающей конструкции; B – расходы, связанные с устройством системы теплоснабжения.

В следующей редакции главы СНиП «Строительная теплотехника» (СНиП II-A.7-71) формула (6) претерпела некоторые изменения:

$$R_o^3 = \sqrt{(B_k + B_3 T_n) / (c_{yT} \lambda_{yT})}. \quad (7)$$

Однако B_3 можно учитывать лишь в том случае, когда увеличение толщины ограждающих конструкций приводит к изменению количества единиц отопительного оборудования. Поэтому этими формулами в большинстве случаев было трудно пользоваться.

В СНиП II-3-79 вернулись к упрощенной формуле, приведенной в работе [1], с введением несколько новых коэффициентов:

$$R_{yT}^3 = \sqrt{n_{yT} (t_b - t_{от}) z_{от} m c_{yT} l_T} / c_{yT} \lambda_{yT} E_{н.п.}, \quad (8)$$

где n_{yT} – коэффициент, учитывающий отношение термического сопротивления утеплителя многослойной ограждающей конструкции (или однородной конструкции) и сопротивлению теплопередаче, равный 0,85; m – коэффициент, учитывающий дополнительные потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха и принимаемый равным 1,05; l_T – коэффициент, учитывающий изменение стоимости тепловой энергии на перспективу; $E_{н.п.}$ – нормативный коэффициент для приведения разновременных затрат, 1/г.

С учетом приближенного характера формулы (8) окончательный выбор толщины теплоизоляции осуществляют по минимуму приведенных затрат, определяемых расчетом для вариантов ограждающей конструкции, в том числе и светопрозрачных, с различным сопротивлением теплопередаче.

На последующий период (после 80-х гг.) российскими специалистами рекомендовано осуществить переход от оптимизации теплозащиты отдельных видов ограждающих конструкций (стен, покрытий, светопрозрачных конструкций, пола первого этажа или подвала) к комплексной оптимизации теплозащиты всей оболочки здания, что по их мнению позволит установить сбалансированное соотношение термических сопротивлений отдельных видов ограждений, обеспечивающее наиболее экономичное решение оболочки всего здания.

Анализируя опыт применения в проектировании СНиПов по строительной теплотехнике, действующих до 1995 г., по нормированию уровня теплозащиты зданий на основе расчета экономически целесообразного сопротивления теплопередаче элементов наружных ограждений, можно сделать вывод, что практика использования этого подхода в течение десятилетий при проектировании зданий так и не позволила установить реального эффекта от его применения.

Следующие причины сделали этот метод несостоятельным:

- математически задача была решена только для однородного бесконечного слоя теплоизоляции в наружном ограждении, тогда как проектирование ограждающей оболочки здания связано с различного рода теплотехническими неоднородностями (оконными проемами, углами, связями между слоями), которые делают практически невозможным правильный выбор уровня теплозащиты по этому методу;
- метод применялся только к отдельным элементам ограждений (стенам, окнам и др.) и не учитывал совокупности всех ограждающих конструкций, образующих оболочку здания;
- зависимость приведенных затрат от переменной толщины теплоизоляционного слоя имеет очень пологую кривизну, поэтому поиск минимума функции для установления оптимальной толщины затруднен;

- непредсказуемость изменения цен на топливо, теплоизоляционные материалы и их монтаж делает нерентабельным правильный выбор толщины теплоизоляции в 7–10-летней перспективе;
- метод не учитывает капитальных затрат на создание теплогенерирующих мощностей и стоимости транспортировки теплоты до здания, т. е. по существу не учитывает конечный экономический эффект.

В практике реального проектирования этот метод не использовался вследствие многочисленных неопределенностей, заложенных в него.

С другой стороны, практика отечественного строительства отапливаемых зданий показала, что жилой фонд зданий в России с точки зрения энергопотребления являлся достаточно эффективным. Проводимая в прошлые годы политика «дешевых» энергоносителей привела к строительству зданий с относительно невысоким уровнем теплозащиты, а отсутствие средств регулирования и учета расхода тепловой энергии, горячей и холодной воды и природного газа создавало условия для их расточительного потребления. Завышенному потреблению тепловой энергии способствовали также низкая эффективность автономных теплогенераторов, большие теплотери в тепловых сетях при централизованном теплоснабжении, отсутствие оперативного управления параметрами теплоносителя и пр.

В результате внесения в 1995 и 1998 гг. изменений в СНиП II-3–79* и в редакции СНиП 23-02–2003 новые поэлементные нормативы уже предъявляли значительно более высокие требования к теплозащите отдельных элементов ограждающих конструкций, обеспечивающие требования по снижению энергопотребления здания. Исходя из этого, в основу изменений были положены фиксированные величины удельных энергозатрат на отопление зданий за отопительный период, приходящихся на 1 м² отапливаемой площади или на 1 м³ отапливаемого объема и одни градусо-сутки, которые регламентировали теплозащитные свойства отдельных элементов ограждающих конструкций оболочки зданий [5, 6, 7].

Следует отметить, что утвержденные в этих СНиПах нормативные требования по сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций были установлены едиными независимо от типов конструкций.

В качестве главного требования с общегосударственной точки зрения было предложено установить нормативы по удельному расходу энергии на отопление зданий за отопительный период в местах первичного потребления топливных ресурсов q_T^{TP} , например, по расходу газа в котельных или мазута на ТЭЦ. Таким образом, при нахождении уровня теплозащиты ограждений рассматривается вся цепочка: первичное преобразование топлива в тепловую энергию, теплотери при транспортировке теплоты потребителю и преобразование ее в низкопотенциальные параметры в тепловых пунктах и эффективность систем отопления.

С другой стороны, в здании должны обеспечиваться комфортные условия пребывания в нем людей. Создание комфортных условий в здании при заданных расходах энергии на их поддержание и составляет главную задачу с точки зрения потребителя и пользователя. И, наконец, санитарно-гигиенический аспект теплотехнического проектирования приводит к требованию о недопустимости образования конденсата на внутренних поверхностях ограждающих конструкций.

Расчетный удельный (на 1 м² отапливаемой площади здания или на 1 м³ отапливаемого объема) расход тепловой энергии системой теплоснабжения на отопление проектируемого здания от источника теплоты q_T^D , кДж/(м²·°C·сут), кДж/(м³·°C·сут), должен быть меньше или равен требуемому значению q_T^{TP} , кДж/(м²·°C·сут), кДж/(м³·°C·сут), и определяется путем выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания и типа, эффективности и метода регулирования используемой системы теплоснабжения до удовлетворения условию:

$$q_T^{TP} \geq q_T^D \quad (9)$$

Если в результате расчета q_T^D окажется меньше нормативного значения q_T^{TP} , то допускается снижение сопротивления теплопередаче для отдельных элементов теплозащиты по сравнению с требуемыми по СНиП II-3–79* (но не ниже значений, обеспечивающих санитарно-гигиенические условия и требование невыпадения конденсата) до значений, когда расчетный удельный расход энергии достигает требуемого значения.

В полном объеме этот алгоритм был реализован в СНиП 23-02–2003, разработанном в 2003 г. В этих нормах впервые было введено два альтернативных подхода определения уровня теплозащиты зданий – прежний предписывающий подход, соответствующий предыдущим федеральным нормам, и новый подход по потребительским свойствам здания. Этот второй подход нормирует здание в целом с энергетической точки зрения.

В рамках дальнейшего совершенствования СНиП 23-02–2003 в 2010 г. проведены работы по актуализации этого документа в направлении развития методологии оценки теплозащиты и энергопотребления отапливаемых зданий [8, 9].

Для оценки общей теплозащиты зданий предложено ввести новый комплексный показатель: удельную теплозащитную характеристику здания $\kappa_{об}$, Вт/(м³·°C), которая определяется по формуле:

$$\kappa_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ} \\ K_{комп} = A_H^{CYM} / V_{от}, \quad K_{общ} = [\sum (A_i / R_{o,i}^{np})] / A_H^{CYM}, \quad (10)$$

где A_i – площади наружных ограждений, м²; $R_{o,i}^{np}$ – приведенные сопротивления теплопередаче соответствующих наружных ограждений, м²·°C/Вт; ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °C·сут/г; $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, ограниченный рассматриваемой совокупностью ограждающих конструкций, м³; A_H^{CYM} – суммарная площадь всех наружных ограждающих конструкций, м².

Величина $\kappa_{об}$, определяемая уравнением (10), – удельная характеристика, которую предложено называть «теплозащитной», Вт/(м³·°C). Физический смысл этого параметра $\kappa_{об}$ заключается в том, что он численно равен количеству тепловой энергии, теряемой 1 м³ отапливаемого объема здания в единицу времени посредством теплопередачи через оболочку здания при перепаде температуры воздуха в 1°С. Если умножить удельную теплозащитную характеристику на ГСОП и на размерный коэффициент 0,024, то получится количество тепловой энергии в кВт·ч, которое теряется через оболочку здания 1 м³ отапливаемого объема за отопительный период, т. е. удельный расход энергии на отопление здания, обусловленный теплотерями через

оболочку здания, отнесенный к 1 м^3 . Если это количество умножить на высоту этажа, h , то получится удельный расход тепловой энергии на отопление здания, обусловленный теплотерями через оболочку здания, измеряемый в $\text{кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$. Однако для нормирования удельного расхода энергии через оболочку здания следует использовать удельную теплозащитную характеристику, поскольку она не зависит от климатических параметров.

Нормирование удельной теплозащитной характеристики здания в СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция» осуществляется путем сравнения; расчетная величина должна быть не больше нормируемой (требуемой): $k_{об} \leq k_{об}^{тр}$. Значения требуемой удельной теплозащитной характеристики определяются по формулам:

$$\begin{aligned} k_{об}^{тр} &= [4,74 / (0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61)] \cdot (1 / \sqrt{V_{от}})^3 \\ &\text{при } V_{от} \leq 960; \\ k_{об}^{тр} &= [(0,16 + (10 \sqrt{V_{от}})) / (0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61)], \\ &\text{при } V_{от} > 960. \end{aligned} \quad (11)$$

Если здание имеет форму, близкую к эталонной, и сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания близки к нормируемым значениям, то его теплозащитная характеристика не превысит требуемого значения, определенное по формуле (19). Если же здание будет иметь более сложную форму, например развитую поверхность стен, то его теплозащитная характеристика может превосходить требуемое значение. Тогда для удовлетворения рассматриваемого требования необходимо будет увеличить сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций здания, изменить форму здания или фасада.

В СП 50.13330.2012 реализовано совершенствование расчета показателя энергоэффективности здания. Анализ методики расчета удельного расхода тепловой энергии на отопление здания, используемой в СНиП 23-02–2003 показал, что расчетная величина $q_{от}^p$ фактически может измеряться в $\text{Вт}/(\text{м}^3\cdot\text{°C})$ и представляется в виде:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot v \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \beta_h, \quad (12)$$

где $k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3\cdot\text{°C})$, определяемая по формуле (10); $k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3\cdot\text{°C})$; $k_{быт}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений в здании, $\text{Вт}/(\text{м}^3\cdot\text{°C})$; $k_{рад}$ – удельная характеристика теплоступлений в здание от солнечной радиации, $\text{Вт}/(\text{м}^3\cdot\text{°C})$; β_h , v , ζ – коэффициенты, определенные в приложении Г в СНиП 23-02–2003, которые характеризуют систему отопления и не связаны со свойствами ограждающих конструкций; ξ – коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление; при-

нимается до получения статистических данных фактического снижения $\xi=0,1$.

Расчетные формулы для $k_{вент}$, $k_{быт}$ и $k_{рад}$ выводятся из формул методики расчета в приложения Г СНиП 23-02–2003.

Параметр $q_{от}$ назван в актуализированной редакции СНиП «удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания». Требование к значению параметра $q_{от}$ здания выглядит традиционно: расчетное значение должно быть не больше нормируемой величины: $q_{от}^p \leq q_{от}^{тр}$.

В описанной системе нормирования теплозащиты и удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий [6] в актуализированном СНиП «Тепловая защита зданий» повышение требований к энергетической эффективности зданий осуществляется за счет:

- нормирования метода расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;
- нормирования удельной теплозащитной характеристики здания.

Эти мероприятия позволят задействовать резервы повышения теплозащиты зданий в основном за счет:

- проектирования конструкций с пониженным влиянием теплотехнических неоднородностей;
- проектирования зданий с оптимальными архитектурно-планировочными решениями.

В то же время они не вызовут существенного удорожания стоимости строительства.

Методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий по своему содержанию практически соответствует методике в СНиП 23-02–2003 (с небольшими изменениями, в частности ликвидирована ошибка определения площади), но по форме видоизменена с целью удобства использования ее в практических расчетах и анализах расхода тепловой энергии.

Система нормирования обладает потенциалом для развития. Наиболее важным при этом представляется переход зависимости от этажности при нормировании показателя энергетической эффективности к зависимости от объема здания.

Развитие нормативной базы невозможно без создания новых типов энергосберегающих термически однородных ограждающих конструкций зданий с повышенной теплозащитой. При этом основными направлениями при проектировании этих конструкций является оптимизация теплозащитных и теплоинерционных свойств на основе преимущественного использования многослойных конструкций с малотеплопроводными теплоизоляционными материалами.

Представленная в актуализированной редакции СНиП 23-02–2003 методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче будет способствовать современным тенденциям развития промышленных ограждающих конструкций с существенно повышенным термическим сопротивлением и увеличенной теплотехнической однородностью наружных ограждений, конечным пределом которой является равенство приведенного сопротивления теплопередаче по глади.

Список литературы

1. Власов О.Е. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций. М.: Госстройиздат. 1933. 146 с
2. Шкловер А.М. Определение сравнительной экономичности наружных ограждений с учетом их теплоизоляционной способности. Проект и стандарт. 1933. № 7.
3. Боброва К.Н., Зезин В.Г. Экономическая эффектив-

References

1. Vlasov O.E. Teplotehnicheskij raschot ograjdauschih konstrukcij [Thermotechnical calculation of external enveloping constructions]. Leningrad. Gosstroyizdat. 1933. 146p.
2. Shklover A.M. Determination of the relative economic efficiency of outdoor enclosures based on their insulating ability. Proekt I Standart. 1933. No. 7.

- ность легких ограждающих конструкций. М.: Стройиздат. 1976. 127 с
4. Пособие по проектированию ограждающих конструкций зданий. Разработано НИИСФ. Под редакцией Н.В. Морозова, П.Н. Умнякова, Л.Ф. Янкелева. и др. М.: Стройиздат, 1967.
 5. Матросов Ю.П., Бутовский И.Н. Стратегия по нормированию теплозащиты зданий с эффективным использованием энергии // *Жилищное строительство*. 1999. № 1. С. 2–6
 6. Матросов Ю.П., Бутовский И.Н. Стратегия по нормированию теплозащиты зданий с эффективным использованием энергии // *Жилищное строительство*. 1999. № 2. С. 13–16
 7. Матросов Ю.П., Бутовский И.Н. Стратегия по нормированию теплозащиты зданий с эффективным использованием энергии // *Жилищное строительство*. 1999. № 3. С. 8–11
 8. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Нормирование расхода энергии на отопление и вентиляцию, а также теплозащиты в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // *Материалы конференции «Актуальные вопросы строительной физики – энергосбережение – экологическая безопасность»* М.: 3–5 июля 2012 г.
 9. Шубин И.Л., Умнякова Н.П. Нормативные документы по энергосбережению и строительной акустике, разработанные в НИИСФ РААСН. БСТ. 2013. № 2. С. 7–13.
 3. Bobrova K.N., Zezin V.G. Ekonomicheskaya effektivnost legkih ograjdayuschih konstrukciy [Economic efficiency of light external enveloping constructions]. Moscow. Stroiizdat. 1976.127p.(In Russian)
 4. Allowance for designing building envelopes. NIISF. Edited by Morozov N.V., Umnyakov P.N., Yankelev L.F., Moscow. Stroyizdat. 1967. (In Russian)
 5. Matrosov Y.A., Butovskiy I. N. Strategy for standardization of thermal protection of energy efficient buildings. *Zhilishchnoe Stroitelstvo* [Housing Constructions].1999. No. 1, pp. 2–6. (In Russian)
 6. Matrosov Y.A., Butovskiy I. N. Strategy for standardization of thermal protection of energy efficient buildings. *Zhilishchnoe Stroitelstvo* [Housing Constructions].1999. No. 2, pp. 13-16. (In Russian)
 7. Matrosov Y.A., Butovskiy I. N. Strategy for standardization of thermal protection of energy efficient buildings. *Zhilishchnoe Stroitelstvo* [Housing Constructions].1999. No. 3, pp. 8–11. (In Russian)
 8. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Standardization of energy consumption for heating and ventilation, as well as thermal protection in the draft updated edition SNIP «Thermal protection of buildings.» *Proceedings of the conference «Actual problems of building physics – energy efficiency – environmental security»*. Moscow. 3–5 July 2012. (In Russian)
 9. Shubin I.L., Umnyakova N.P. Normative documents on energy efficiency and building acoustics developed in NIISF RAACS. BST.2013. No. 2, pp. 7–13. (In Russian)



Строительная компания «КТБстрой» КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Реклама

Генеральный подряд и осуществление функций Технического заказчика

- Строительство офисных и торговых центров
- Жилых многоквартирных домов любой этажности
- Специальных и уникальных сооружений повышенной опасности
- Административных и складских помещений
- Строительство коттеджей и особняков, жилых поселков

НОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- Осуществление нулевого цикла строительства с устройством котлована, фундаментов и подземных сооружений, в т.н. возведение шпунтового ограждения и «стены в грунте»
- Общестроительные работы – возведение несущих и ограждающих конструкций любой конфигурации (монолитный и сборный железобетон, металлоконструкции, каменная кладка)
- Устройство навесных фасадных конструкций – вентилируемых фасадов из плитки, стекла или сэндвич - панелей, рекламных конструкций из металла и прочих элементов
- Проектирование и монтаж наружных и внутренних инженерных сетей
- Кровельные и гидроизоляционные работы
- Отделочные работы любой сложности
- Благоустройство территории
- Подготовка полного комплекта исполнительной документации и сдача объекта госкомиссии

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЙ, УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ

- Усиление или устройство новых фундаментов и подземных конструкций, в т.ч. с устройством свай
- Усиление строительных конструкций с применением инновационных технологий – устройство обоймы или клеенных лент и сетей из углепластика, усиление перекрытий и увеличение пролетов при существующей сетке колонн с применением преднапряженных элементов и пр.
- Усиление существующих строительных конструкций (стен, колонн, перекрытий) традиционными методами с применением металлических и железобетонных элементов усиления
- Надстройка зданий, монтаж антресолей, выполнение пристроек к существующим площадям
- Торкретирование конструкций, инъектирование трещин, устройство новой и ремонт старой гидроизоляции, в т.ч. в подвальных помещениях методом инъектирования
- Ремонт и усиление фасадов в т.ч. многослойных с облицовкой из кирпичной кладки, вентилируемых фасадов, выполнение дополнительного утепления наружных стен
- Текущие и капитальные ремонты отдельных строительных элементов и конструкций любой сложности

Тел. +7 (495) 643-00-99; +7 (495) 286-70-01 www.ktbstroy.ru e-mail: stroy@ktbstroy.ru

УДК 699.86

А.А. ДАВИДЮК, инженер

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

Оценка влияния теплопроводных включений на приведенное сопротивление теплопередаче наружных многослойных стен на основе легких бетонов на стекловидных заполнителях

Проведены исследования влияния теплопроводных включений на приведенное сопротивление теплопередаче наружных многослойных стен на основе легких бетонов на стекловидных заполнителях. Установлены рациональные толщины конструкций наружных многослойных стен с использованием блоков из легких бетонов плотностью Д600–Д700 для возможности их применения без дополнительного утепления в климатических условиях Московского региона.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, наружные стены, фасадные конструкции, теплотехнические характеристики, сопротивление теплопередаче, теплопроводность, теплопроводные включения, бетоны на стекловидных заполнителях.

A.A. DAVIDYUK, Engineer

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

Assessment of Influence of Heat Conductivity Inclusions on Reduced Resistance to Heat Transfer of External Multilayer Walls on the Basis of Light Concretes with Vitreous Fillers

The study of influence of heat conductivity inclusions on the reduced resistance to heat transfer of external multilayer walls on the basis of light concrete with vitreous fillers has been conducted. Rational thicknesses of structures of external multilayer walls on the basis of light concrete block with vitreous fillers of D600–D700 density for their possible use without additional heat insulation under climatic conditions of the Moscow Region have been determined.

Keywords: enclosing structures, external walls, façade structures, thermo-technical characteristics, resistance to heat transfer, heat conductivity, heat conductivity inclusions, concrete with vitreous fillers.

В результате проводимой в стране политики энергосбережения основным типом наружных стен в жилых и общественных зданиях стали многослойные конструкции с использованием блоков из ячеистых или легких бетонов с применением плитных утеплителей и наружной облицовкой из различных материалов [1].

При эксплуатации таких стен обнаружен ряд недостатков, уже на начальной стадии эксплуатации приводящих к появлению дефектов, связанных с низкой прочностью и недолговечностью узлов крепления наружной облицовки во внутреннем слое стен из легких или ячеистых бетонов плотностью 600 кг/м³ и менее [2–4]. В случае применения более плотных и прочных бетонов необходимо дополнительное утепление, что ограничивает долговечность эксплуатационных качеств наружных стен сроком службы самого утеплителя и ухудшает теплотехническую однородность конструкции.

Одним из направлений решения этой проблемы является применение в наружных стенах легких конструкционно-теплоизоляционных бетонов на основе новых пористых заполнителей, твердая фаза которых находится в аморфизированном стекловидном состоянии (в дальнейшем – стекловидных) [5–7].

Такие бетоны могут обеспечить необходимые теплотехнические качества наружных стен без применения плитных утеплителей и в сравнении с равноплотными ячеистыми бетонами существенно повысить эксплуатационные качества конструкций, в том числе при креплении к ним различных фасадных облицовок [2].

Для проектирования наружных стен на основе легких конструкционно-теплоизоляционных бетонов на стекловидных заполнителях с различными вариантами облицовки необходимо выполнить анализ их теплозащитных характеристик и определить рациональные толщины базового (внутреннего) слоя стены с учетом имеющихся теплопроводных включений.

Для обеспечения современных архитектурных требований к фасадам зданий были исследованы конструкции наружных стен с тремя вариантами облицовки:

- с кирпичной кладкой толщиной 120 мм, выполненной с опиранием на междуэтажные перекрытия либо металлические уголки (рис. 1, а, б);
- с штукатурным слоем (рис. 1, в);
- с навесными фасадными системами (рис. 1, г).

Для исследований теплотехнических характеристик моделировались блоки из легких бетонов на вспученном туфоаргиллитовом гравии плотностью 600–700 кг/м³, прочностью при сжатии 3,1–7,3 МПа, коэффициентами теплопроводности $\lambda_0=0,14–0,18$ Вт/(м·°С) и $\lambda_5=0,19–0,21$ Вт/(м·°С), коэффициентом паропроницаемости $\mu=0,175–0,115$ мг/м·ч·Па и морозостойкостью F35–F150.

В качестве кладочных смесей возможно использование традиционных с $\lambda_5=0,93$ Вт/(м·°С) или «теплых» с $\lambda_5=0,22$ Вт/(м·°С) цементно-песчаных растворов на основе портландцемента с толщиной кладочных швов 10–20 мм. Также возможно применение клеевых составов, имеющих теплопроводность до 0,7 Вт/(м·°С), при этом толщина кладочных швов уменьшается до 3–5 мм.

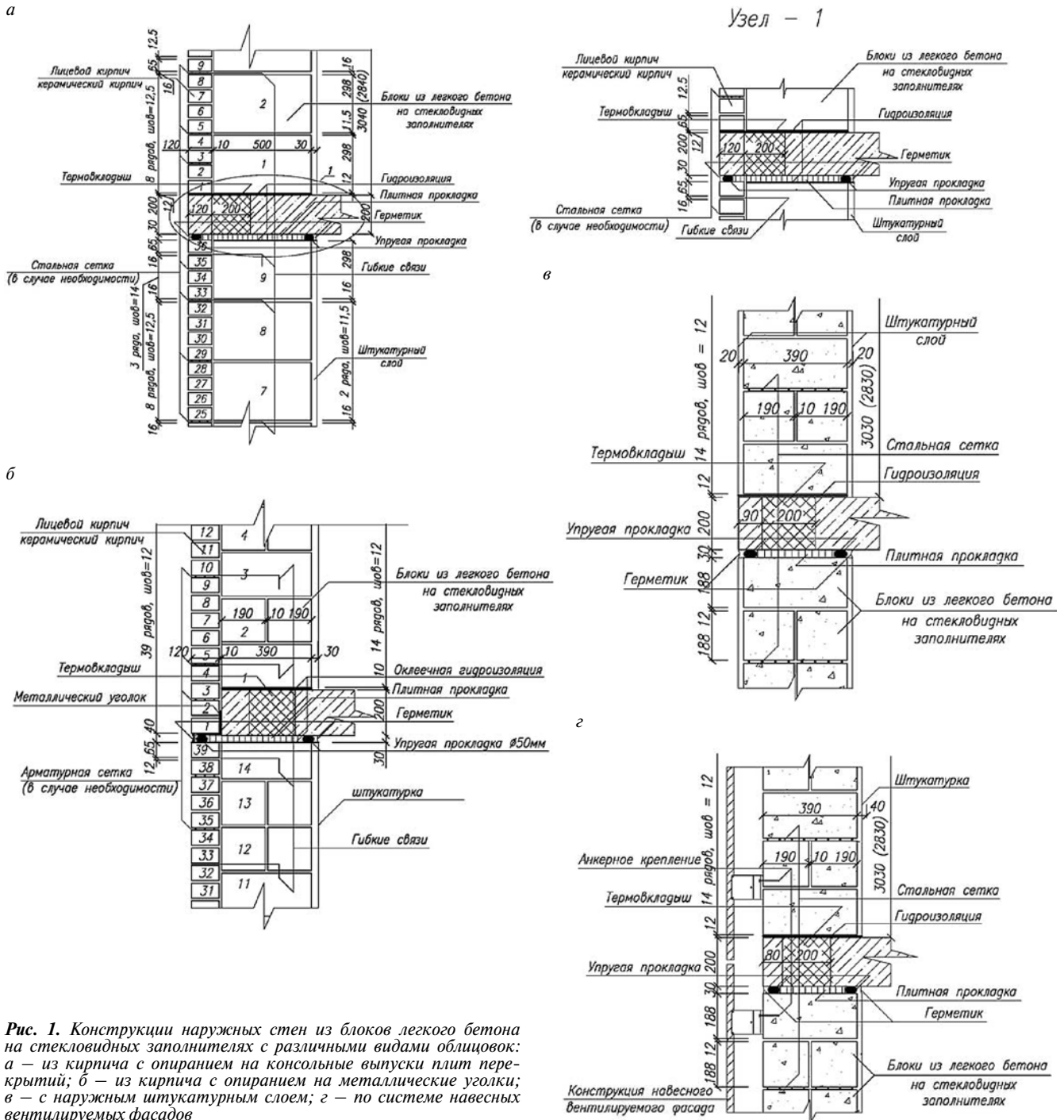


Рис. 1. Конструкции наружных стен из блоков легкого бетона на стеклобидных заполнителях с различными видами облицовок: *а* – из кирпича с опиранием на консольные выпуски плит перекрытий; *б* – из кирпича с опиранием на металлические уголки; *в* – с наружным штукатурным слоем; *г* – по системе навесных вентилируемых фасадов

Назначение минимальных требований к тепловой защите наружных стен должно выполняться из условий энергосбережения в соответствии с потребительским подходом по табл. 9 СП 50.13330.2012 СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция», при котором удельный расход тепловой энергии в здании оказывается меньше нормируемого значения. В этом случае допускается уменьшение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен по сравнению с нормируемым, но не ниже минимальных величин, определяемых по формуле $R_{\text{мин}} = 0,63R_{\text{треб}}$; для климатических условий Москвы $R_{\text{мин}} = 1,97 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

С целью учета влияния проемов в наружных стенах при теплотехнических расчетах примем коэффициент тепло-

технической однородности $g = 0,8$ в соответствии с [8] для жилых зданий при остекленности фасада до 18%, тогда $R_{\text{мин}} = 1,97/0,8 = 2,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Таким образом, указанная величина определяет минимальные требования к тепловой защите наружных стен из условий энергосбережения в климатическом районе Москвы с учетом всех теплопроводных включений (перекрытий, кладочных швов и т. п.).

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкций определялось на основе расчета двумерных температурных полей с использованием программного комплекса ELCUT 5.4, реализующего метод конечных элементов (рис. 2).

При расчете исследуемая конструкция изображалась в виде блоков с разными характеристиками, на поверхно-

		Стены из ВТГ-блоков с наружным и внутренним штукатурными слоями δ=20 мм (рис. 1, в) либо с вентилируемой наружной облицовкой, выполненной на основе от основной стены (рис. 1, г).										Стены из ВТГ-блоков с внутренним штукатурным слоем δ=20 мм и наружным кирпичным слоем δ=120 мм (рис. 1, а, б).															
		Тип конструкции стены*																									
		1					2					3					2					3					
Класс ВТГ-блоков по плотности	Мин. толщина кладки, мм	Допустимая толщина горизонтальных швов кладки (мм) в зависимости от рассматриваемого типа конструкций стены и вида кладочного раствора*																									
		К	P1	P2	P3	Арм	К	P1	P2	P3	Арм	К	P1	P2	P3	Арм	К	P1	P2	P3	Арм	К	P1	P2	P3	Арм	
D600	450	5	20	12	-	P1	-	Расчеты не проводились																			
	500	5	20	20	12	P2	5	20	-	-	P1	5	20	12	-	P1	5	20	20	10	P2	5	20	20	12	P2	
	550	5	20	20	20	P3	5	20	14	-	P2	5	20	20	14	P3	5	20	20	14	P3	5	20	20	20	P3	
D700	500	5	20	12	-	P1	-	Расчеты не проводились																			
	550	5	20	20	14	P2	5	20	12	-	P1	5	20	14	-	P1	5	20	20	10	P2	5	20	20	12	P2	
	600	5	20	20	20	P3	5	20	20	12	P2	5	20	20	14	P3	5	20	20	20	P3	5	20	20	20	P3	

*Примечание. Конструкция 1 – К конструкция без влияния перекрытий на теплотехническую ее однородность, например, самонесущая стена; конструкция 2 – ненесущая стена с опиранием на плиты перекрытий с термовкладышами в уровне каждого этажа; конструкция 3 – то же, с опиранием через этаж; К – кладочный клеевой состав ($\lambda_{\text{к}} \leq 0,7$ Вт/(м·°C); P1 – теплый цементный раствор на пористом заполнителе ($\lambda_{\text{п}} \leq 0,21$ Вт/(м·°C); P2 – теплый цементный раствор на пористом заполнителе ($\lambda_{\text{п}} \leq 0,6$ Вт/(м·°C)); P3 – традиционный цементно-песчаный раствор ($\lambda_{\text{п}} \leq 0,93$ Вт/(м·°C)); Арм – тип кладочного раствора по допустимой (максимальной) величине теплопроводности и толщине горизонтальных швов 12 мм, при котором наружные стены с горизонтальным армированием из металлической сетки $\varnothing 4$ мм с ячейкой 50×50 мм через каждые 2 ряда кладки будут удовлетворять условиям энергосбережения по [8].

стях конструкции задавались граничные условия III рода – расчетная температура наружного и внутреннего воздуха, коэффициенты теплообмена: ($t_{\text{н}} = -28^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{\text{н}} = 23$ Вт/(м²·°C), $t_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·°C).

Приведенное сопротивление теплопередаче вычисляется по формуле [9]:

$$R_0^r = \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot S}{\Sigma Q},$$

где ΣQ – сумма тепловых потоков, пересекающих исследуемую область; Вт, S – площадь исследуемой области, м²; $t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}$ – соответственно температура внутреннего и наружного воздуха, °C.

По типу наружной облицовки рассматривались: стены из ВТГ-блоков толщиной 450–600 мм с внутренним и наружным штукатурным слоем из цементно-песчаного раствора толщиной 20 мм с $\lambda_{\text{б}} = 0,93$ Вт/(м·°C); стены из ВТГ-блоков толщиной 500–600 мм, с внутренним штукатурным слоем из цементно-песчаного раствора толщиной 20 мм с $\lambda_{\text{б}} = 0,93$ Вт/(м·°C) и наружной кирпичной облицовкой из полнотелого керамического кирпича с $\lambda_{\text{б}} = 0,81$ Вт/(м·°C) толщиной 120 мм.

По виду конструктивных решений наружных стен рассматривались: самонесущие стены, когда плиты пере-

крытий не оказывают влияния на теплотехническую однородность конструкции вследствие отсутствия поэтажного переопирания; ненесущие наружные стены с опиранием в уровне каждого этажа на плиты перекрытий (высота этажа 3 м); ненесущие наружные стены с опиранием на плиты перекрытий через этаж.

По типу кладочного раствора рассматривались: клеевые составы с теплопроводностью $\lambda_{\text{б}} = 0,7$ Вт/(м·°C) и $\lambda_{\text{б}} = 0,3$ Вт/(м·°C), при этом горизонтальные швы принимались толщиной 3–5 мм; цементные растворы с теплопроводностью $\lambda_{\text{б}} = 0,21$ Вт/(м·°C), $\lambda_{\text{б}} = 0,6$ Вт/(м·°C) – теплые цементные растворы на пористом песке; $\lambda_{\text{б}} = 0,93$ Вт/(м·°C) – традиционные цементно-песчаные растворы при толщине горизонтальных швов 10, 12, 14, 20 мм. Также при толщине шва 12 мм рассмотрено влияние арматурной сетки диаметром 4 мм и ячейкой 50×50 мм на сопротивление теплопередаче кладки.

Приведенное сопротивление теплопередаче железобетонных плит перекрытий толщиной 200 мм и $\lambda_{\text{б}} = 2,04$ Вт/(м·°C) рассчитывалось с учетом контурного утепления термовкладышами размерами 800×200×200 с $\lambda_{\text{б}} = 0,04$ Вт/(м·°C), расположенными через каждые 200 мм.

В результате анализа выполненных теплотехнических расчетов конструкций наружных стен на основе легких бетонов на стекловидных заполнителях с различными типами облицовок с учетом влияния теплопроводных включений (наличия узлов примыкания перекрытий, вида наружной облицовки, теплопроводности и толщины горизонтальных растворных швов, наличия армирования) предложены наиболее рациональные толщины кладки внутреннего слоя из легкобетонных блоков на стекловидных заполнителях, удовлетворяющие требованиям энергосбережения в климатических условиях Москвы без применения эффективных утеплителей (см. таблицу).

Таким образом, рациональная толщина внутреннего слоя наружной многослойной стены при ее эксплуатации без применения утеплителя для блоков плотностью D600 составила от 400 до 500 мм, для блоков D700 – от 500 до 600 мм.

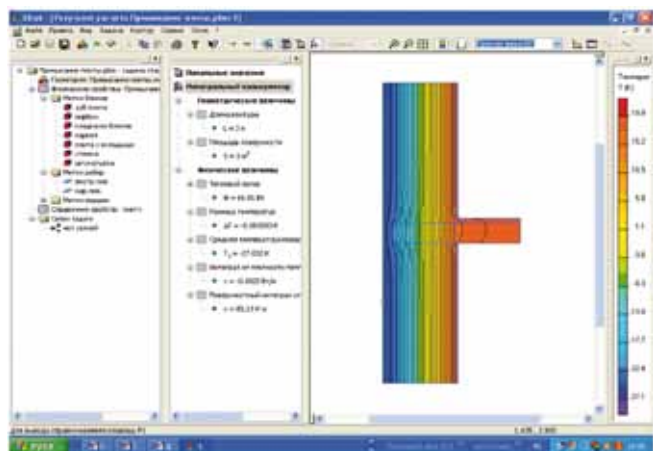


Рис. 2. Окно программы ELCUT 5.4 с результатами расчета

Список литературы

1. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. Основы теории, методы расчета и технологическое проектирование. М.: АСВ, 2008. 320 с.
2. Давидюк А.А. Несущая способность анкерного крепежа и гибких базальто-пластиковых связей в кладке из легкобетонных блоков на стекловидных заполнителях // *Жилищное строительство*. 2014. № 3. С. 39–43.
3. Давидюк А.А. Анализ результатов обследования многослойных наружных стен многоэтажных каркасных зданий // *Жилищное строительство*. 2010. № 6. С. 21–26.
4. Ищук М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кирпичной кладки. М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. 360 с.
5. Давидюк А.Н., Давидюк А.А. Прочностные свойства легких бетонов на стекловидных заполнителях для многослойных ограждающих конструкций // *Бетон и железобетон*. 2008. № 6. С. 9–13.
6. Давидюк А.Н. Легкие конструкционно-теплоизоляционные бетоны на стекловидных пористых заполнителях. М.: Красная звезда, 2008. 208 с.
7. Давидюк А.Н., Давидюк А.А. Деформативные свойства легких бетонов на стекловидных заполнителях // *Бетон и железобетон*. 2009. № 1. С. 10–13.
8. Ливчак В.И. О практике применения МГСН 201-99 при разработке раздела «Энергоэффективность» проектов зданий // *Мосгосэкспертиза*. Информационный бюллетень. 1999. № 2. С. 40–46.

References

1. Bazhenov Yu.M., Korol' E.A., Erofeev V.T., Mitina E.A. Ograzhdayushchie konstruksii s ispol'zovaniem betonov nizkoi teploprovodnosti. Osnovy teorii, metody rascheta i tekhnologicheskoe proektirovanie [Protecting designs using concrete low thermal conductivity. Fundamentals of the theory, methods of calculation and technological design]. Moscow: ASV. 2008. 320 p.
2. Davidyuk A.A. Bearing capacity of anchor fastening and flexible basalt-plastic ties in masonry made of light-concrete blocks with glassy binders. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 3, pp. 39–43. (In Russian).
3. Davidyuk A.A. Analysis of results of the study of multilayer external walls of multistory frame buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2010. No. 6, pp. 21–26. (In Russian).
4. Ishchuk M.K. Otechestvennyi opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnymi stenami iz oblegchenoi kerpichnoi kladki [Domestic experience in the construction of buildings with exterior walls made of lightweight masonry]. Moscow: «Stroimaterialy», 2009. 360 p.
5. Davidyuk A.N., Davidyuk A.A. Mechanical properties of lightweight concrete aggregates for multilayer glassy walling. *Beton i zhelezobeton*. 2008. No. 6, pp. 9–13. (In Russian).
6. Davidyuk A.N. Legkie konstruksionno-teploizolyatsionnye betony na steklovidnykh poristykh zapolnitelyakh [Lightweight structural heat-insulating concrete on glassy porous aggregates.]. Moscow: Krasnaya zvezda, 2008. 208 p.
7. Davidyuk A.N., Davidyuk A.A. Deformation properties of lightweight concrete aggregates on vitreous. *Beton i zhelezobeton*. 2009. No. 1, pp. 10–13. (In Russian).
8. Livchak V.I. On the practice of MGSN 201–99 in the development section «Energy» building projects. *Mosgosekspertiza. Newsletter*. 1999. No. 2, pp. 40–46. (In Russian).



«КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА»

50 лет в стройкомплексе Москвы и России

Комплексное проектирование и конструирование зданий и сооружений, в т.ч. разработка предложений для усиления, реконструкции, капитального ремонта.

Жилые административные здания. Торговые комплексы. Коттеджи. Гаражи.

Обследование технического состояния зданий и сооружений.

Диагностика зданий и сооружений. Оценка физического износа здания. Усиление строительных конструкций. Контроль качества строительно-монтажных работ. Мониторинг зданий и сооружений. Определение в лабораторных условиях прочности раствора и бетона по пробам, отобранным из конструкций.

Генподряд. Строительство и реконструкция зданий и сооружений. (Работы выполняет ООО «КТБстрой»).

Выполнение любого этапа общестроительных работ: фундамент, ограждающие конструкции, кровля, облицовка фасадов, отделка).
Выполнение функций технического надзора.

Научно-техническое сопровождение и мониторинг большепролетных, высотных и других зданий с оценкой надежности конструктивных решений и проверкой технического состояния строительных конструкций.

Научная деятельность.

Научно-технические и опытно-конструкторские разработки для строительства.
Разработка нормативно-технической документации.
Разработка стандартов организации.

Инженерно-геологические изыскания.

Выполнение комплекса работ по определению физико-механических свойств грунтов (полевые и лабораторные исследования грунтов).

Сертификация.

Проведение сертификационных испытаний и оформление сертификатов на конструкции, материалы и услуги.

Адрес: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, стр. 15 А
Тел.: +7 (495) 286-70-01 Факс: +7 (499) 170-64-10, маркетинг: +7 (495) 286-80-01
E-mail: ktb@ktbbeton.ru, marketing@ktbbeton.ru
www.ktbbeton.com, www.ktbbeton.ru

Реклама

УДК 666.973.2 : 699.86

В.М. ГОРИН¹, канд. техн. наук; Ю.С. ВЫТЧИКОВ², канд. техн. наук;
Л.П. ШИЯНОВ³, генеральный директор; И.Г. БЕЛЯКОВ², инженер

¹ ЗАО «НИИКерамзит» (443086, г. Самара, ул. Ерошевского, 3А)

² Самарский государственный архитектурно-строительный университет (443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194)

³ ООО «Завод керамзитового гравия» (445240, Самарская обл., г. Октябрьск, Кирпичный пер., 31)

Исследование теплозащитных характеристик стеновых ограждающих конструкций зданий коттеджей, построенных с применением беспесчаного керамзитобетона

Приводятся результаты теплотехнического обследования стеновых ограждающих конструкций двух коттеджей, построенных из керамзитобетонных камней различных размеров. Наружные стены выполнены из крупногабаритных стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона плотностью 500 кг/м³ на растворе с улучшенными теплотехническими характеристиками с применением керамзитового песка и из стандартных блоков на цементно-песчаном растворе. Сравнительный анализ показал целесообразность использования крупногабаритных камней при строительстве коттеджей из-за более высоких теплозащитных характеристик наружных стен 3,23 м²·°С/Вт).

Ключевые слова: беспесчаный керамзитобетон, керамзитобетонные блоки.

V.M. GORIN¹, Candidate of Sciences (Engineering), Yu.S. VYTCHEKOV², Candidate of Sciences (Engineering),
L.P. SHYANOV³, General Director; I.G. BELYAKOV², engineer

¹ «НИИКерамзит» CJSC (3A, Eroshevskogo Street, 443086, Samara, Russian Federation)

² Samara State University of Architecture and Civil Engineering (194, Molodogvardeyskaya Street, 443001, Samara, Russian Federation)

³ «Zavod keramzitovogo graviya» LLC (31, Kirpichny lane, Oktyabrsk, Samara Oblast, Russian Federation)

Study of Heat Protection Characteristics of Wall Enclosing Structures of Cottage Buildings Built with the Use of No-Sand Haydite Concrete

Results of the thermo-technical survey of wall enclosing structures of two cottages built from haydite concrete stones of different sizes are presented. External walls are made of large-size wall stones from no-sand haydite concrete of 500 kg/m³ density on the mortar with improved thermo-technical characteristics with the use of haydite sand and standard blocks on cement-sand mortar. The comparative analysis shows the reasonability to use large-size stones when constructing cottages because of higher heat protection characteristics of external walls (3.23 m²·°C/W).

Keywords: no-sand haydite concrete, haydite concrete blocks.

Согласно СНиП 23–02 «Тепловая защита зданий» к строительным ограждающим конструкциям жилых зданий предъявляются повышенные требования по теплозащите, реализация которых в настоящее время осуществляется в том числе за счет применения полимерных теплоизоляционных материалов, обладающих пониженной долговечностью.

Альтернативным решением является разработка строительных технологий возведения энергоэффективных зданий с использованием легких бетонов и керамических изделий, подробно изложенных в работах [1–3].

На ООО «Завод керамзитового гравия» и ООО ПСК «Атлант», расположенных на территории Самарской области, организован выпуск стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона плотностью 300–600 кг/м³. В настоящее время разрабатываются проекты социального жилья эконом-класса, возводимого с применением беспесчаного крупнопористого керамзитобетона. ООО «Завод керамзитового гравия» выпускает стеновые камни из беспесчаного керамзитобетона как стандартных размеров 390×190×188 мм, так и крупногабаритных 400×440×2440 мм. Применение крупногабаритных стеновых камней позволяет существенно

повысить теплотехническую однородность наружной стены и, как следствие, сопротивление теплопередаче.

Нанесение наружной и внутренней штукатурки из цементно-песчаного раствора осуществляется на самом предприятии. Результаты исследования теплофизических характеристик беспесчаного керамзитобетона производства ООО «Завод керамзитового гравия» представлены в табл. 1.

В целях определения теплозащитных характеристик ограждающих конструкций, выполненных из беспесчаного керамзитобетона, было проведено теплотехническое обследование двух коттеджей, построенных в г. Октябрьске и с. Подстепки Ставропольского района (Самарская обл.).

Наружные стены первого коттеджа возведены в виде кладки из крупногабаритных стеновых камней из беспесчаного керамзитобетона плотностью 500 кг/м³ на растворе с улучшенными теплотехническими характеристиками с применением керамзитового песка.

Чердачное перекрытие выполнено из армированного керамзитобетона плотностью 850 кг/м³ и толщиной 300 мм. Фундаментная плита состоит также из армированного керамзитобетона плотностью 850 кг/м³, толщиной 400 мм.

Таблица 1

Наименование материала	Плотность материала в сухом состоянии, кг/м³	Расчетные коэффициенты в условиях эксплуатации			
		теплопроводности, Вт/(м·°С)		паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	
		сухое	А	Б	А, Б
Беспесчаный керамзитобетон D600	600	0,125	0,138	0,148	0,14
Беспесчаный керамзитобетон D500	490	0,12	0,13	0,14	0,16

Таблица 2

	Температура внутреннего воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Сопротивление теплопередаче наружных стен, м²·°С/Вт
Коттедж в г. Октябрьске	22–23,5	32–38	3,23
Коттедж в с. Подстепки	22,5–24	40–46	2,6

Наружные стены второго коттеджа выполнены в виде кладки из стеновых камней с применением беспесчаного керамзитобетона стандартных размеров на цементно-песчаном растворе.

На рис. 1 представлен фрагмент кладки крупногабаритных керамзитобетонных камней на растворе с улучшенными теплотехническими характеристиками с керамзитовым песком.

Теплопроводность кладки определяется согласно [4] по формуле:

$$\lambda_{эф} = \frac{\lambda_1 \cdot F_1 + \lambda_2 \cdot F_2}{F_1 + F_2}, \text{ Вт/(м·К)}, \quad (1)$$

где λ_1, λ_2 – коэффициенты теплопроводности беспесчаного керамзитобетона и раствора с улучшенными характеристиками соответственно; F_1, F_2 – площади фрагмента стены, приходящиеся на керамзитобетонные камни и раствор с улучшенными характеристиками соответственно, м².

$$\lambda_{эф} = \frac{0,13 \cdot 2,147 + 0,32 \cdot 0,049}{2,147 + 0,049} = 0,134 \text{ Вт/(м·°С)}.$$

Сопротивление теплопередаче фрагмента наружной стены, сечение которой представлено на рис. 2, определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_n} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_n}, \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}; \quad (2)$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{0,4}{0,134} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{1}{23} = 3,28 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

По результатам теплотехнического расчета фрагмента кладки наружной стены, возводимой из керамзитобетонных камней стандартных размеров на цементно-песчаном растворе, сопротивление теплопередаче составило $R_0 = 2,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.

Обследование коттеджей проводилось 27.01.2013 г. при температуре наружного воздуха $t_n = -19^\circ\text{C}$. Измерения температуры и относительной влажности внутреннего и наружного воздуха производились с помощью термогигрометра CENTER 313.

Температура внутренней и наружной поверхностей ограждающих конструкций регистрировалась с помощью измерителя температуры CENTER 301 и контактной термопары TP-04, а также с помощью тепловизора THERMA CAM B2. Величина удельного теплового потока измерялась с помощью прибора ИПП–2. Сопротивление теплопередаче опре-

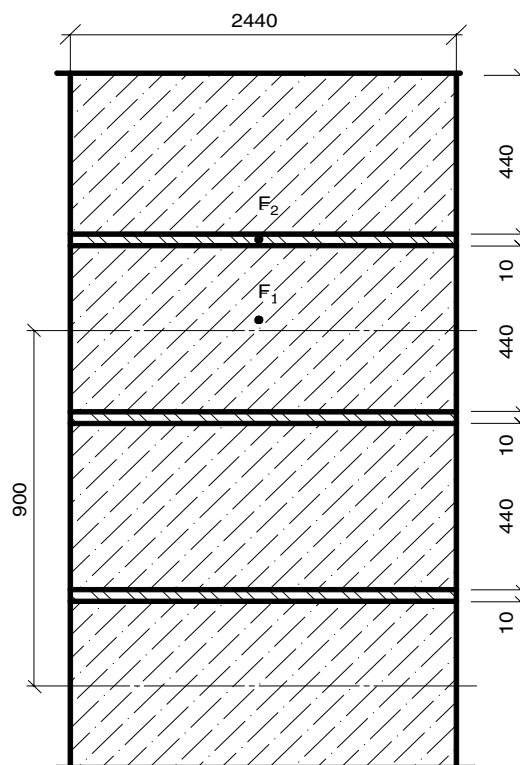


Рис. 1. Фрагмент кладки керамзитобетонных камней

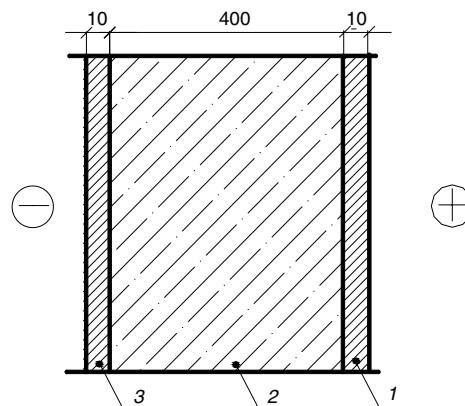


Рис. 2. Сечение наружной стены: 1, 3 – цементно-песчаный раствор; 2 – кладка из крупногабаритных керамзитобетонных камней

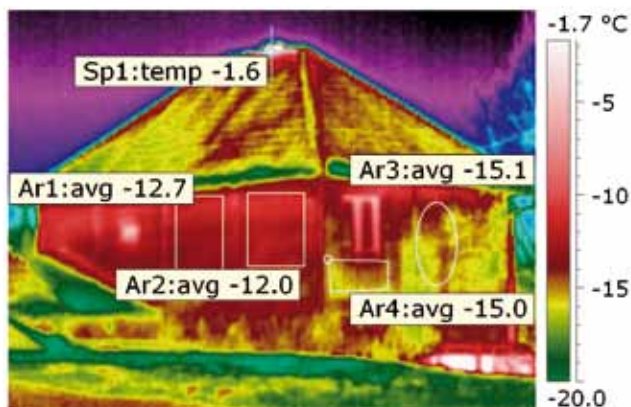
делялось согласно ГОСТ 26254–84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций».

Фотоснимки и термограммы фасадов зданий коттеджа представлены на рис. 3 и 4.

Результаты измерений представлены в табл. 2.

Из представленных данных следует, что температура и относительная влажность внутреннего воздуха соответствуют нормативным требованиям для жилых зданий, представленных в ГОСТ 30499–96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

Значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен коттеджа, возведенных из крупногабаритных камней на растворе с улучшенными теплотехническими характеристиками, равно $3,23 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$, соответствует нормативным требованиям предписывающего подхода, предъявляемым для жилых зданий, строящихся на территории Самарской области ($R_0^{тп} = 3,19 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$).



Sp1 Температура -1.6 °C
Ar1 Средняя температура -12.7 °C
Ar2 Средняя температура -12.0 °C
Ar3 Средняя температура -15.1 °C
Ar4 Средняя температура -15.0 °C



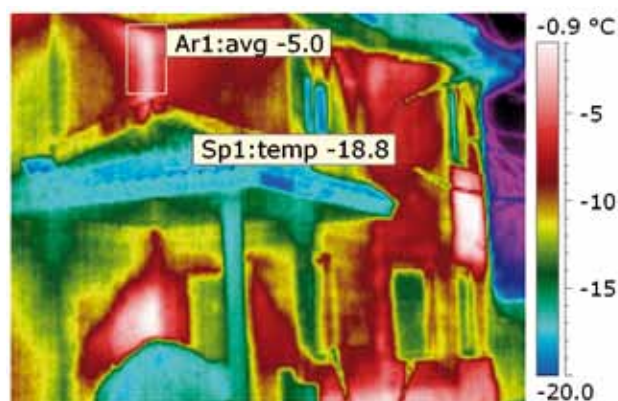
Рис. 3. Фотоснимок и термограмма фасада коттеджа в г. Октябрьске

Для определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций производилось также измерение температуры и тепловых потоков с помощью контактных приборов. Температура поверхностей ограждающей конструкции измерялась с помощью определителя температуры CENTER 301, тепловых потоков – с помощью измерителя плотности теплового потока ИПП-2. Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен коттеджа в с. Подстепки оказалось равным 2,6 м²·°C/Вт, что соответствует нормативным требованиям потребительского подхода для жилых зданий ($R_{0\text{ min}}=2\text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$).

Полученные теоретические и экспериментальные значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен незначительно различаются, что подтверждает достоверность изложенной выше методики теплотехнического расчета наружных стен.

Список литературы

1. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности: основы теории, методы расчета и технологическое проектирование. М.: АСВ, 2008. 319 с.
2. Комиссаренко Б.С., Чикнорьян А.Г. Ограждающие конструкции из керамзитобетона. Самара: СамГАСА – РАТН (Поволжское отд.), 1997. 424 с.



Sp1 Температура -18.8 °C
Ar1 Средняя температура -5.0 °C



Рис. 4. Фотоснимок и термограмма фасада коттеджа в с. Подстепки Ставропольского района

3. Горин В.М., Токарева С.А., Вытчиков Ю.С. Современные ограждающие конструкции из керамзитобетона для энергоэффективных зданий // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 34–36.
4. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих конструкций. М.: АВOK-ПРЕСС, 2006. 256 с.

References

1. Bazhenov Ju.M., Korol' E.A., Erofeev V.T., Mitina E.A. Ograzhdajushhie konstrukcii s ispol'zovaniem betonov nizkoj teploprovodnosti: osnovy teorii, metody rascheta i tehnologicheskoe proektirovanie [Protecting designs with use of concrete of low heat conductivity: theory bases, methods of calculation and technological design]. Moscow: Izdatel'stvo Associacija stroitel'nyh vuzov. 2008. 319 p.
2. Komissarenko B.S., Chiknovor'jan A.G. Ograzhdajushhie konstrukcii iz keramzitobetona [Protecting designs from Haydite Concrete]. Samara: SamGASA – RATN (Povolzhskoe otdelenie). 1997. 424 p.
3. Gorin V.M., Tokareva S.A., Vytchikov Ju.S. Up-to-Date Enclosing Structures Made of Haydite Concrete of for Energy Efficient Building. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2011. No. 3, pp. 34–36. (In Russian).
4. Fokin K. F. Stroitel'naja teplotehnika ograzhdajushhih konstrukcij [Construction of the heating engineer of protecting designs]. Moscow: AVOK-PRESS. 2006. 256 p.

CCT
СПЕЦИАЛЬНАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

WWW.CCT-DRILL.RU

КОМПЛЕКС ИНЪЕКЦИОННЫЙ



"ИНИ"

для приготовления и нагнетания
цементных растворов при
выполнении следующих работ:

- устройство грунтовых анкеров;
- устройство буроинъекционных свай;
- усиление и реконструкция фундаментов и пр.

(495) 226-18-37, (342) 219-61-56
info@cct-drill.ru

Реклама

Реклама



ИНЖ
ПРОЕКТ
СТРОЙ

СОВРЕМЕННЫЕ GEOTEKHOLOGII

- УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ
- ОГРАЖДЕНИЕ КОТЛОВАНОВ
- ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ
- ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ЗАВЕСЫ
- УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

(499) 951-03-21
www.jet-grouting.ru

УДК 692.232

Е.А. КОРОЛЬ, д-р техн. наук, Ю.А. ХАРЬКИН, канд. техн. наук
Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Технология возведения многослойных монолитных наружных стен с теплоизоляционным слоем из бетона низкой теплопроводности

Представлена новая технология возведения наружных стен монолитных зданий: внутренний слой выполняется из конструкционного бетона, средний – из легкого теплоизоляционного бетона, наружный – из плит мелкозернистого бетона. Отличительной особенностью данной технологии является изготовление конструкционного и теплоизоляционного слоев стены без технологического перерыва, что значительно сокращает сроки производства работ и позволяет возводить наружные стены одновременно с несущими монолитными вертикальными конструкциями этажа. Данное решение не предполагает производства работ по утеплению и отделке фасада после завершения бетонных работ. Разработанная технология позволяет снизить трудоемкость и продолжительность строительства, а также повысить долговечность наружной стены за счет использования в качестве теплоизоляции легкого бетона, долговечность которого сопоставима с долговечностью несущих железобетонных конструкций здания.

Ключевые слова: полистиролбетон, многослойные конструкции, наружные стены, легкие бетоны, технология изготовления.

E.A. KOROL, Doctor of Sciences (Engineering), Y.A. KHARKIN, Candidate of Sciences (Engineering)
Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Technology of Construction of Multilayer Monolithic External Walls with Heat-Insulating Layer from Concrete of Low Heat Conductivity

A new technology of construction of external walls of monolithic buildings is presented: an inner layer is made of structural concrete, middle layer – light heat-insulating concrete, external one – fine concrete slabs. The distinctive feature of this technology is production of structural and heat-insulating layers of the wall without technological break that significantly reduces the time of work execution and makes it possible to construct the external walls simultaneously with bearing monolithic vertical structures of the storey. This solution does not imply the works for heat insulation and faade finishing after completion of concrete works. The developed technology makes it possible to reduce the labor intensity and duration of construction as well as to improve the durability of an external wall due to the use of light concrete as heat insulation which durability is comparable with the durability of bearing reinforced concrete structures of the building.

Keywords: polystyrene concrete, multilayer structures, external walls, light concretes, production technology

В последние годы все более широкое распространение в строительной практике получают технологии возведения ограждающих конструкций с навесными вентилируемыми фасадными системами, системы скрепленной теплоизоляции, слоистые кладки. Отвечая требованиям энергосбережения, эти системы отличаются повышенной трудоемкостью, относительно длительными сроками производства работ, предусматривают применение преимущественно ручного труда, что в совокупности приводит к увеличению сроков строительства и окупаемости инвестиций. Кроме того, техническая сложность и повышенные требования к качеству производства работ и применяемых материалов могут привести к снижению срока службы фасада [1–4]. Возведение наружных несущих стен в монолитном здании с использованием перечисленных технологических решений отличается производством работ в два основных этапа: возведение монолитного несущего слоя стены и устройство фасада, производимое после значительного технологического перерыва. Такая особенность актуальна, например, для торцевых стен монолитных зданий с поперечно-стеновой конструктивной схемой (см. рисунок). При этом работы по возведению фасадов монолитных зданий, как правило, производятся отдельными специализированными бригадами, требуют дополнительных затрат

на обеспечение защиты теплоизоляционных и отделочных материалов от атмосферных воздействий, установку лесов, подмостей, подъемных механизмов и т. д. Кроме того, следует отметить отсутствие полного спектра нормативных



Возведение монолитного здания с торцевыми несущими наружными стенами

ческих документов, регламентирующих организационные и технологические особенности возведения современных навесных фасадных систем, требования к качеству производства работ, а также нормы времени и стоимости производства работ [5].

Одним из альтернативных конструктивно-технологических решений наружных стен в современном монолитном строительстве являются многослойные наружные стены, выполняемые из монолитного железобетона. При этом в теплоизоляционном слое используется легкий бетон низкой теплопроводности, являющийся перспективной альтернативой современным фасадным теплоизоляционным материалам [6–9].

Сравнение удельной трудоемкости возведения многослойной монолитной наружной стены с распространенными в монолитном строительстве технологическими решениями фасадных систем показало, что трудоемкость возведения разработанной конструкции более чем на 30% ниже, чем для аналогов [10].

Исследования технологии возведения проведены для разработанной конструкции, которая состоит из трех слоев – наружного, выполняющего декоративную и защитную функцию, теплоизоляционного, а также внутреннего конструкционного. Наружный слой выполняется из дисперсно-армированного стекловолокном мелкозернистого бетона; теплоизоляционный – из полистиролбетона, плотность, теплопроводность и толщина слоя которого варьируются согласно теплотехническому расчету применительно к различным климатическим районам строительства. Характеристики бетона и армирования внутреннего несущего слоя назначаются исходя из требований проекта. Совместная работа наружного и внутреннего слоев конструкции обеспечивается за счет арматурных выпусков из плиты несъемной опалубки, соединяемых с выпусками из несущего слоя.

Особенностью возведения многослойной монолитной наружной стены на строительной площадке является последовательная вертикальная укладка нескольких бетонных слоев с различными прочностными и деформативными показателями в едином технологическом цикле. Для обеспечения возможности укладки теплоизоляционного и конструкционного бетонных слоев без значительного перерыва на границе слоев используется металлическая сетка, крепящаяся к арматурному каркасу. Крепление сетки производится к П-образным хомутам из арматурной проволоки, расположенным с шагом, равным шагу рабочей арматуры каркаса таким образом, чтобы обеспечить требуемый защитный слой рабочей арматуры.

Одним из рациональных технологических решений представляется использование при изготовлении конструкции несъемной опалубки с наружной стороны стены и щитовой – с внутренней. Несъемная опалубка представляет собой щиты из фибробетона плотностью не более 1800 кг/м³. Щиты изготавливаются в заводских условиях в соответствии с проектным решением здания. При этом может быть использован окрашенный в массу фибробетон либо применено отделочное покрытие, закладываемое в форму при изготовлении.

С внутренней стороны стены используются инвентарные щиты опалубки с металлической рамой и многослойной ламинированной фанерой в качестве палубы. Наружная несъемная опалубка разрабатывается с учетом возможности ее использования вместе с конкретной опалубочной системой.

Так как обеспечение соответствия взаимного расположения швов щитов внутренней опалубки и наружных бетонных плит затруднено в связи с требованиями к архитектурной выразительности фасадов (обеспечению регулярности рисунка фасада), в наружных плитах устраиваются отверстия в местах пропускания стяжных штырей. При этом выравнивание наружных плит происходит за счет использования прогонов-стеноравнителей. После снятия внутренней опалубки отверстия для стяжных штырей в облицовочных плитах заделываются окрашенными в массу ремонтными составами.

Важной отличительной особенностью возведения многослойных наружных стен с применением в теплоизоляционном слое легких бетонов низкой теплопроводности является производство бетонных работ. С учетом того что бетонная смесь на особо легких заполнителях используется в сравнительно небольших объемах, предусмотрено два альтернативных варианта – доставка бетонной смеси на строительный объект в автобетоносмесителе или ее приготовление непосредственно на строительной площадке. Подача бетонной смеси к месту укладки может осуществляться как бетононасосом, так и в бадье при помощи башенного крана, в зависимости от объемов работ и принятой организационной схемы. В случае подачи бетонных смесей бетононасосами при приготовлении полистиролбетонной смеси на объекте используется пневматическая установка для приготовления и подачи легких бетонов, устанавливаемая на перекрытии в пределах радиуса ее действия. Подача приготовленной полистиролбетонной смеси осуществляется по гибким бетоноводам к месту укладки. Тяжелая бетонная смесь при этом подается посредством гидравлического бетононасоса с использованием бетононасосной стрелы. Подвижность бетонных смесей для теплоизоляционного и конструкционного слоев составляет 10–20 см (марки ПЗ и П4).

Последовательность укладки бетонной смеси имеет определяющее значение для обеспечения качества формирования как контактной зоны, так и конструкции в целом. Первоначально укладывается полистиролбетон на всю высоту конструкции с послойным уплотнением глубинным вибратором, после чего производится укладка тяжелой бетонной смеси конструкционного слоя. Последующий слой конструкции должен укладываться до начала схватывания предыдущего, этим обеспечивается монолитность связи слоев и исключаются дополнительные швы в сечении конструкции. Для обеспечения данного условия конструкция разделяется на технологические зоны таким образом, чтобы время укладки бетонной смеси в конструкционный слой в каждой зоне составляло не больше времени схватывания бетона в теплоизоляционном слое. Кроме того, проведенными ранее исследованиями установлено, что для обеспечения надежной связи слоев в многослойной бетонной конструкции временной интервал между их укладкой должен составлять 0,5–1,5 ч [11].

Последовательность возведения многослойной монолитной наружной стены представлена в таблице.

Разработанная технология возведения в едином технологическом цикле многослойных наружных стен с использованием конструкционных бетонов, выполняющих несущие функции, и бетонов низкой теплопроводности, выполняющих теплоизоляционные функции, отличается следующими преимуществами:

– позволяет снизить трудоемкость производства работ по возведению наружных стен;

Технологическая последовательность возведения монолитной многослойной конструкции с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона

Вид работ	Схема	Технологические процессы	Состав исполнителей
Изготовление арматурного каркаса		<ul style="list-style-type: none"> – Вязка арматурного каркаса из отдельных стержней; – закрепление металлической разделительной сетки; – подача арматурного каркаса к месту установки; – установка и временное закрепление арматурного каркаса 	Арматурщики 4-го разряда, 2-го разряда; машинист 5-го разряда
Установка опалубки		<ul style="list-style-type: none"> – Установка плит несъемной опалубки с наружной стороны стены с временным закреплением; – установка щитов инвентарной опалубки с внутренней стороны стены; – соединение щитов опалубки стяжными штырями, выверка и закрепление; – установка подмостей 	Опалубщики 3-го разряда, 2-го разряда; машинист 5-го разряда
Бетонирование конструкции		<ul style="list-style-type: none"> – Подача бетонной смеси теплоизоляционного слоя с укладкой и послойным уплотнением; – подача бетонной смеси конструкционного слоя с укладкой и послойным уплотнением 	Бетонщики 4-го разряда, 2-го разряда; машинист 5-го разряда
Выдерживание и уход за бетоном			Бетонщик 2-го разряда
Разборка опалубки		<ul style="list-style-type: none"> – Снятие подмостей; – откручивание крыльчатых гаек, снятие замков; – отсоединение щитов инвентарной опалубки от поверхности стены; – подача щитов опалубки краном к месту складирования; – заделка технологических отверстий 	Опалубщики 3-го разряда, 2-го разряда; машинист 5-го разряда

- позволяет исключить необходимость в дополнительных такелажных и подготовительных работах;
- не требует привлечения специализированных исполнителей, так как работы по возведению стены сводятся к арматурным, опалубочным и бетонным и могут быть выполнены теми же исполнителями, которые возводят монолитный каркас здания;
- позволяет исключить временной перерыв между возведением несущего каркаса здания и наружных стен, так

- как монолитные наружные стены могут частично или полностью возводиться вместе с монолитным каркасом здания, что приводит к сокращению сроков строительства объекта;
- позволяет повысить долговечность наружных стен зданий, поскольку используемые материалы имеют срок службы, сопоставимый со сроком службы несущих конструкций, в отличие от навесных фасадных систем, требующих периодического ремонта за счет более низкой долговечности материалов и технической сложности конструкции.

Список литературы

1. Воробьев В.Н. Навесные фасадные системы: проблемы безопасности. Владивосток. 2012. 86 с.
2. Терехов В.А., Гагарин В.Г., Горбунов А.М., Павлова М.О. О нормах проектирования многослойных наружных стен из облегченной кладки в каркасных зданиях // *Жилищное строительство*. 2010. № 9. С. 10–12.
3. Ищук М.К. Проблемы норм по проектированию каменных конструкций // *Строительные материалы*. 2010. №10. С. 15–17.
4. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 5. С. 7–11.
5. Яворский А.А., Киселев С.А. Актуальные задачи обеспечения надежности фасадных теплоизоляционно-отделочных систем // *Вестник МГСУ*. 2012. № 12. С. 78–84.
6. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. Основы теории, методы расчета и технологическое проектирование. М: АСВ, 2008. 320 с.
7. Рахманов В.А. Энергосбережение в строительстве на основе применения инновационной технологии изготовления особо легких полистиролбетонов // *Промышленное и гражданское строительство*. 2011. № 8. С. 61–62.
8. Ярмаковский В.Н., Семченков А.С. Конструкционные легкие бетоны новых модификаций – в ресурсоэнергосберегающих строительных системах зданий // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 31–39.
9. New Ярмаковский В.Н., Костин А.Н., Фотин О.В., Кондюрин А.Е. Теплоэффективные наружные стены зданий, возводимые с использованием монолитного полистиролбетона с высокопоризованной и пластифицированной матрицей // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 18–23.
10. Король Е.А., Харьков Ю.А. Технологическая и организационная эффективность возведения многослойных наружных стен в монолитном строительстве // *Строительство и реконструкция*. 2013. № 6. С. 3–8.
11. Король Е.А., Пугач Е.М., Николаев А.Е. Экспериментальные исследования сцепления бетонов различной прочности в многослойных железобетонных элементах // *Технологии бетонов*. 2006. № 4. С. 54–55.

References

1. Vorob'ev V.N. Navesnye fasadnye sistemy: problemy bezopasnosti. [Hinged facade systems: safety problems]. Vladivostok. 2012. 86 p. (In Russian).
2. Terehov V.A., Gagarin V.G., Gorbunov A.M., Pavlova M.O. About norms of design of multilayered external walls from the facilitated laying in frame buildings. *Zilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2010. No. 9, pp. 10-12. (In Russian).
3. Ishhuk M.K. Problems of norms on design of stone designs. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 10, pp.15-17. (In Russian).
4. Nemova D.V. Hinged ventilated facades: review of the main problems. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*. 2010. No 5, pp. 7–11, (In Russian).
5. Yavorskiy A.A., Kiselev S.A. Relevant objectives of assurance of reliability of faade systems serving thermal insulation and finishing purposes. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 12, pp. 78–84. (In Russian).
6. Bazhenov Yu.M., Korol' E.A., Erofeev V.T., Mitina E.A. Ograzhdayushchie konstruksii s ispol'zovaniem betonov nizkoy teploprovodnosti. Osnovy teorii, metody rascheta i tekhnologicheskoe proektirovanie. [Exterior walls using low thermal conductivity concrete. Fundamentals of the theory, calculation procedure and technological designing]. Moscow: ASV. 2008, 320 p. (In Russian).
7. Rakhmanov V.A. Energy saving in construction on the basis of application of innovative manufacturing technology of especially light polystyrene concretes. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2011. No. 8, pp. 61–62. (In Russian).
8. Yarmakovskiy V.N., Semchenkov A.S. New modifications of lightweight structural concrete – in resources and energy saving construction systems of buildings. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3, pp. 31–39. (In Russian).
9. Yarmakovskiy V.N., Kostin A.N., Fotin O.V., Kondyurin A.E. The heateffective external walls of the buildings which are put up with use of monolithic polysterene concrete with a vysokoporizovanny and plasticized matrix. *Zilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 6, pp. 18-23. (In Russian).
10. Korol' E.A., Khar'kin Yu.A. Technological and organizational efficiency of multilayer exterior walls construction in monolithic building. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2013. No 6, pp. 3–8. (In Russian).
11. Korol' E.A., Pugach E.M., Nikolaev A.E. Experimental research of different strength concrete connection in multilayer reinforced concrete elements. *Tekhnologii betonov*. 2006. No. 4, pp. 54–55. (In Russian).

Е.И. ЮМАШЕВА, инженер химик-технолог

ООО РИФ «Стройматериалы» (127434, г. Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3)

Российская академия архитектуры и строительных наук на пороге нового этапа... развития?



Как отметил президент академии А.П. Кудрявцев, пятилетний период 2009–2013 гг. для РААСН – это одновременно период максимального расцвета и неожиданного завершения ее деятельности. Этап наибольшего развития – поскольку была сформирована оптимальная система структуры госзаказа и исполнения фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, обеспечена координация планирования академической науки, разработана программа развития науки и технологий на период до 2020 г.

Определяющим этапом в НИР Академии стало внедрение программно-целевого подхода в планирование и организацию научных работ. Важным направлением стали междисциплинарные исследования, объединяющие все три основных направления научной деятельности Академии. В структуре научных исследований сформировалась иерархия приоритетов. Было определено пять тематических направлений.

1. Создание условий для развития человека и общества на принципах биосферной совместимости.
2. Обеспечение безопасности зданий и сооружений, новые технологии и материалы.
3. Ресурс и энергоминимизация.
4. Типология зданий нового поколения.
5. Теоретические и экспериментальные основы строительной физики.

Ежегодно на Общих собраниях всесторонне обсуждались наиболее актуальные темы.

В 2010 г. (Иваново) темой научной части Общего собрания стали фундаментальные исследования РААСН в стратегии инновационного развития России. Социальные стандарты качества жизни в градостроительстве, архитектуре и строительстве обсуждались в Орле в 2011 г. Традиции и новации в архитектуре, градостроительстве и строительстве академическое сообщество обсуждало в Москве в 2012 г. Тогда состоялось юбилейное собрание к 20-летию создания РААСН. Город-

Более 20 лет ежегодно в апреле проходили Общие собрания членов Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) – высшей государственной самоуправляемой научно-творческой организации. Не стал исключением и 2014 год – 16–18 апреля в Москве в Центральном Доме архитектора состоялось Общее отчетно-выборное собрание. Академическое сообщество заслушало и обсудило отчетные доклады президента РААСН А.П. Кудрявцева, первого вице-президента В.А. Ильичева и главного ученого секретаря Г.В. Есаулова о деятельности РААСН и ее подразделений с 2009 по 2013 год.

герой Волгоград принимал Общее собрание академии в 2013 г. В том числе на его примере были выявлены проблемы и перспективы развития городов России.

В итоговых документах, подготовленных по результатам обсуждений, отражалось состояние проблематики и формулировались конкретные предложения по дальнейшему развитию и совершенствованию архитектурно-градостроительной и строительной деятельности в стране. Эти документы использовались в ежегодных докладах, представляемых Президенту РФ и в Правительство РФ.

Потенциал РААСН и комплексный характер ее деятельности позволил проводить научно-экспертную оценку и готовить предложения по стратегическим направлениям формирования среды жизнедеятельности, направленной на развитие экономического потенциала страны, сохранение ее историко-культурных и национальных традиций; по истории и теории архитектуры, исследованиям развития российского зодчества в контексте мировой архитектуры, осмыслению человеческого опыта в архитектурной сфере, анализу особенностей современного состояния архитектуры, научного прогнозирования ее перспектив, с учетом охраны и реставрации архитектурного наследия.





Важнейшим преимуществом стало взаимодействие научно-практических исследований градостроительной и архитектурной науки с исследованиями в области строительных наук, позволившее создать концепцию преобразования городов в биосферосовместимые, проводить исследования по безопасности зданий и сооружений, по применению новых технологических и конструктивных решений, по нанотехнологиям в области строительства, по переработке техногенных отходов в экологически чистые и низкоэнергоемкие материалы, по энергоэффективности и энергосбережению.

Главный ученый секретарь Г.В. Есаулов привел в докладе следующие фактические данные: за отчетную «пятилетку» исследования вели пять НИИ РААСН и семь ее региональных отделений. В соответствии с Программой фундаментальных научных исследований РААСН в 2008–2012 гг. были выполнены исследования по 1236 темам, в том числе по архитектуре – 429 тем, градостроительству – 413 тем, строительным наукам – 394 тем.

По результатам научных разработок были осуществлены 3272 публикации, включая статьи, монографии, учебники и учебные пособия, проведено более 1000 научно-творческих как российских, так и международных мероприятий (симпозиумы, конференции, круглые столы, семинары, выставки и др.).

Значительное место в фундаментальных научных исследованиях по архитектуре занимали работы исторического направления. Новые знания об архитектуре прошлых эпох необходимы для решения актуальных вопросов развития исторических поселений, сохранения архитектурных памятников, а также для теоретического осмысления всего хода эволюции архитектурно-градостроительного дела, включая новейшие явления и перспективные тенденции.

С учетом проведенных РААСН исследований были сформулированы и приняты Государственной думой Российской Федерации дополне-



ния к ФЗ № 73 «Об охране объектов культурного наследия Российской Федерации» (декабрь 2012 г.).

Важным достижением в области сохранения наследия явились научно-методические разработки по выявлению и определению границ территорий новой категории объектов охраны – «достопримечательного места» – и разработке соответствующих методик.

Историко-теоретические исследования Академии позволили разработать содержательные основы концепции реконструкции и гармонического развития жилищного фонда малых и средних городов. По их результатам в 2012 г. выпущены СТО РААСН «Модель гармоничного развития жилищного фонда малых и средних городов» и «Мансардный этаж».

Таким образом, фундаментальные исследования воплощаются в предпроектные и методические проработки и оказывают влияние на творческую практику современных отечественных архитекторов.

Феноменом современной урбанизации является развитие агломераций, образование крупных столичных регионов. По этой проблематике в ЦНИИП градостроительства РААСН был выполнен ряд актуальных исследований.

В ходе научного сопровождения и экспертизы проектов генеральных планов Москвы и Московской области, проведенных специалистами РААСН, подчеркивалось, что Генеральный план Москвы в границах кольцевой дороги, разработанный без достаточного учета связей с областью, а Генеральный план Московской области – без учета развития Москвы, могут породить сложнейшие, а порой и неразрешимые проблемы. Выразим надежду, что рекомендации научного сообщества будут восприняты и учтены чиновниками, предпринимателями и строителями.

О значимости и результативности фундаментальных исследований членов РААСН по строительным наукам красноречиво говорит ряд премий Правительства Российской Федерации в 2008–2013 гг.

Важнейшей частью общего собрания стали перевыборы руководства Академии. *Новым Президентом РААСН избран академик А.В. Кузьмин*, до недавнего времени – главный архитектор г. Москвы, ныне возглавляющий ОАО «НИЦ «Строительство»».

Первым вице-президентом избран академик В.И. Теличенко, вице-президентами по направлению градостроительства – академик И.Г. Лежава, вице-президентом по направлению строительных наук – академик В.И. Травуш. При выборах вице-президента по направлению архитектуры по результатам тайного голосования академики Г.В. Есаулов и А.П. Кудрявцев набрали равное количество голосов, поэтому, согласно Уставу, место вице-президента РААСН по направлению архитектуры осталось вакантным до следующего общего собрания Академии в 2015 г.

В научно-отраслевых отделениях Академии академик А.Б. Некрасов избран академиком-секретарем по отделению архитектуры, член-корреспондент М.В. Шубенков – по отделению градостроительства, академик Н.И. Карпенко – по отделению строительных наук. Главным ученым секретарем избран член-корреспондент П.А. Акимов

Общее отчетно-выборное собрание членов РААСН–2014 традиционно завершилось церемонией награждения. Избранный президент РААСН Кузьмин А.В. вручил медали и дипломы лауреатам XVII Конкурса на лучшие научные и творческие работы за 2013 г. С удовольствием отметим постоянных авторов журнала, получивших награды.

В номинации «За лучшую опубликованную работу в области строительных наук» Золотая медаль РААСН присуждена за монографию «Модель деформирования железобетона в приращениях и расчет балок-стенки и изгибаемых плит с тре-

щинами» (Петрозаводск: ПетрГУ, 2013. 156 с.). Авторы: Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Петров А.Н., Палювина С.Н. (Москва, Петрозаводск).

Диплом РААСН получил авторский коллектив Зайцев Ю.В., Леонович С.Н., Доркин В.В., Шнайдер У. (Россия – Москва, Белоруссия, Австрия) за монографию «Структура, прочность и механика разрушения бетонов при двухосном и трехосном сжатии» (Минск: БИТУ, 2011. 382 с.).

Диплом РААСН в номинации «За лучший изданный учебник (учебное пособие), рекомендованный Министерством образования и науки РФ» присужден Мангушеву Р.А., Никифоровой Н.С., Коношковой В.В., Осокину А.И., Сапину Д.А. (Санкт-Петербург, Москва) за учебное пособие «Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах» (М., СПб.: АСВ, 2013. 256 с.).

В конкурсе молодых ученых и специалистов в возрасте до 35 лет включительно Диплом РААСН в номинации «За лучшую научную опубликованную работу в области строительных наук» получил наш казанский автор Мухаметрахимов Р.Х. за серию научных статей по разработке эффективных фиброцементных композиционных материалов.

В области градостроительства Диплом РААСН в номинации «За лучшую работу в области градостроительной науки» присужден авторскому коллективу Магай А.А., Дубынин Н.В., Гарнец А.М., Базилевич А.М., Азаренкова З.В., Давиденко П.Н. (Москва) за свод правил «Городская среда. Правила проектирования для маломобильных групп населения» (СП. 140.13330.2012, Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой), официальное издание, Москва, 2013 г.).

Общее отчетно-выборное собрание 2014 г. обозначило новый этап в истории академии и в академической деятельности в рамках принятого 27 сентября 2013 г. Федерального закона № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

На вновь созданное Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации возложены отдельные функции учредителя РААСН. Минстрой также становится собственником имущества академии. Правительством РФ определены принципы взаимодействия РААСН и Минстроя России.

Как будет реализовываться это взаимодействие, покажет время.



Из инаугурационного выступления нового Президента РААСН А.В. Кузьмина

УДК 692.232:699.88

И.В. БЕССОНОВ¹, канд. техн. наук, В.С. БАРАНОВ², инженер-механик (генеральный директор),
В.В. БАРАНОВ², юрист, В.П. КНЯЗЕВА³, канд. техн. наук, Т.Ф. ЕЛЬЧИЩЕВА⁴, канд. техн. наук

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

² ООО «НПФ «СТРОЙМОСТ» (Москва, ул. Буракова, 27, к. 2)

³ Московский архитектурный институт (107031, Москва, ул. Рождественка, 11/4, к. 1, стр. 4)

⁴ Тамбовский государственный технический университет (392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106)

Причины появления и способы устранения высолов на кирпичных стенах зданий

Определены факторы, приводящие к образованию высолов на кирпичных слоистых наружных стенах зданий. Установлены виды солей, составляющих высолы. Выявлено, что для недопущения формирования высолов и возникновения биоповреждений кладки материалы следует подбирать с учетом сбалансированности химического состава и капиллярно-пористых свойств. Это позволяет предотвратить метастабильность системы в целом при сочетании материалов и их увлажнении. Установлено предпочтительное использование для кладки сложного раствора состава песок – известь – цемент с развитой капиллярно-пористой структурой по отношению к кирпичу или известково-песчаного раствора с заполнителем из тонкомого песка. Разработаны предложения по устранению высолов методом смывки составом на основе полифункциональных кислот с последующей обработкой поверхности кладки кремнийорганическими гидрофобизаторами для недопущения повторного солеобразования.

Ключевые слова: высолы, гигроскопические соли, кирпичная кладка, метастабильная система, эмерджентность.

I.V. BESSONOV¹, Candidate of Sciences, V.S. BARANOV², Engineer-Mechanic (General Director), V.V. BARANOV², Lawyer,
V. P. KNYAZEVA³, Candidate of Sciences, T.F. ELCHISHCHEVA⁴, Candidate of Sciences.

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

² ООО «НПФ «СТРОЙМОСТ» (27/2, Burakova Street, Moscow, Russian Federation)

³ Moscow Architectural Institute (The State Academy) (11/4, Rogdestvenka Street, Moscow, 107031, Russian Federation)

⁴ Tambov State Technical University (106 Sovetskaya Street, Tambov, 392000, Russian Federation)

Reasons and Eliminate Efflorescence on the Brick Walls of Buildings

The factors leading to the formation of efflorescence on brick layered exterior walls of the building. The types of salts, efflorescence components. Revealed that the prevention of the formation of efflorescence and biodegradation of masonry materials should be selected taking into account the balance between the chemical composition and properties of capillary-porous. This avoids the metastability of the system as a whole by combining materials and moisture. Set the preferred use for the solution of complex masonry sand-lime-cement developed capillary-porous structure with respect to the brick or lime-sand mortar with a filler of from fine sand. Proposals to eliminate efflorescence wash composition method based on polyfunctional acids followed by treatment with silicone masonry surface repellents to prevent the recurrence of salt formation.

Keywords: efflorescence, hygroscopic salts, brickwork, metastable system emergence.

Изменение внешнего вида и разрушение облицовочно-кирпича в кладке часто связаны с воздействием гигроскопических солей [1], которые ухудшают эксплуатационные и архитектурно-художественные качества зданий и снижают морозостойкость и долговечность стен [2–5].

В строительстве высолы [6] делятся на первичные и вторичные. Первичные проявляются на стадии твердения бетона и кладочного раствора: капилляры свежего раствора заполнены водным раствором продуктов гидратации цемента, главным образом гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который в процессе образования цементного камня реагирует с углекислым газом воздуха, карбонизируется, и поры и капилляры заполняются карбонатом кальция CaCO_3 . При твердении раствора происходит массоперенос $\text{Ca}(\text{OH})_2$ наружу кладки. По пленке воды он распространяется по всей поверхности кладочных швов и кирпича, карбонизируется, а после высыхания воды образует несмываемый водой и дождем налет – высол. Это характерно и для кирпича, когда для его изготовления используется глина, не отвечающая нормам по содержанию солей [7].

Вторичные высолы образуются в процессе эксплуатации конструкций при старении бетона, раствора и кирпича под воздействием внешней среды и проявляются как общее или локальное осветление за счет пленки CaCO_3 и др. солей. Обычно высолы образуются при нарушении нормального влажностного режима стен, что вызывает усиленный приток к ним влаги. Вносят свой вклад в образование высолов добавки по ГОСТ 24211–2003 «Добавки для бетонов. Общие технические требования»: ускоряющие или замедляющие схватывание смесей и твердение, противоморозные, пластифицирующие и др., а также доменные шлаки, зола-унос ТЭЦ и другие природные и искусственные химические добавки, вводимые для улучшения технологических свойств и снижения себестоимости бетонов [8, 9]. Интенсивность образования высолов зависит от количества влаги, пришедшей в жидкой фазе к поверхности, химического состава и концентрации солей в растворе и площади испарения. Итак, источники образования высолов на кирпичной кладке следующие:

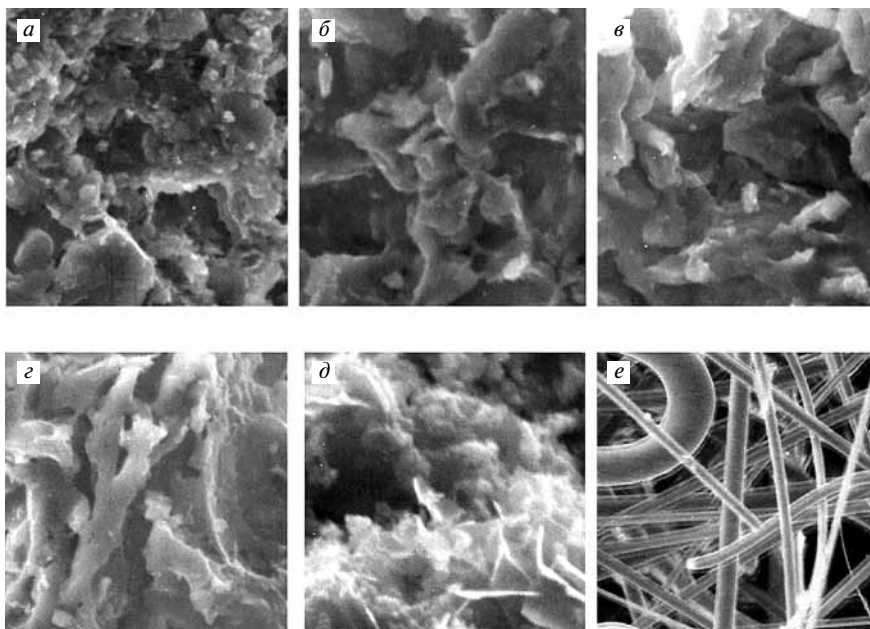


Рис. 1. Высолы в образцах стеновых материалов: а, б, в, г, д – пробы №№ 0, 1, 2, 3, 4 (увеличение 1200×); е – проба № 5 (увеличение 300×)

– растворимые соли в сырье (глине, песке, шамоте) и воде затворения до 0,9 г/л в сухих остатках водных вытяжек из кирпича;

– кладочные растворы, содержащие вяжущие (цемент, гипс, известь), заполнители (песок, шлак), воду затворения, противоморозные и технологические добавки. В портландцементе содержатся вещества, попадающие в вяжущее из сырьевых материалов: оксиды натрия, калия и серы (Na_2O , K_2O , SO_3 – до 0,5–1 мас. %), которые находятся в портландцементном клинкере в составе силикатов. При гидратации они образуют гидрокарбонаты $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, дающие при взаимодействии с углекислым газом воздуха CaCO_3 . Кладка, сложенная на цементном растворе, имеет большее количество высолов, чем на известковом. Гипс $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, содержит сульфат-ион, который реагирует с ионом натрия, содержащимся в полево шпате $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, и образует водорастворимый сульфат натрия Na_2SO_4 . Последний может образовываться и в результате обменной реакции между сульфатом кальция Ca_2SO_4 и гидроксидом натрия NaOH , содержащимся в кирпиче и кладочном растворе. Затворение кладочного раствора жесткой или загрязненной промышленными отходами водой, введение противоморозных добавок для понижения температуры замерзания строительной смеси при зимних работах и ускорения сроков схватывания цемента также повышают общую засоленность кладки;



Рис. 2. Высолы на внутренней поверхности кладки



Рис. 3. Движение солей изнутри на наружную поверхность кладки через растворный шов

– влага, попадающая в стены в процессе их возведения. Количество влаги зависит от местных климатических и метеорологических условий, времени года, свойств, условий транспортирования и хранения строительных материалов. Влага вносится при применении разжиженных кладочных растворов и отсыревших материалов после ненадлежащего хранения. Керамический обожженный кирпич после изготовления имеет влажность до 1 мас. %, при хранении на открытом воздухе его средняя влажность повышается до 5–6, иногда до 10 мас. %. Затвердевший кладочный раствор влажностью до 20 мас. % занимает в кирпичной стене 25 об. %, и количество влаги, вносимой в стену в процессе строительства, составляет 4,5–5 мас. %. При повышении влажности кирпича начальная влажность кладки может достигать 19–21 мас. %;

– грунтовые и технологические воды с растворенными солями;

– атмосферная влага: в виде кислотных дождей, содержащая продукты сжигания воздуха при разрядах атмосферного электричества (оксиды азота, нитрат аммония NH_4NO_3) и агрессивные примеси (в промышленных районах); в виде тумана, инея, образующаяся при конденсации водяного пара в приземной атмосфере (содержит аммиак, азотную и азотистую кислоты, серо- и хлорсодержащие соединения). Дождевая вода может поступать в стены, когда здание не подведено под крышу, при косых дождях и продолжительных ливнях.

Вследствие изменения температурного режима наружных стен происходит миграция солей по системе пор и капилляров кирпичной кладки, в результате которой на фасадах зданий появляются высолы. Последние снижают эстетические качества фасадов, портят городской пейзаж и являются индикаторами разрушительных процессов облицовки и конструкционного стенового материала. Разрушение вызывается развитием солевой коррозии от попеременного увлажнения и высыхания, приводящих к кристаллизации солей в порах материала. Часто соли выпадают с образованием многоводных кристаллогидратов, превышающих объем пор и оказывающих кристаллизационное давление больше предела прочности и разрушающее кирпич. Внешними признаками солевой коррозии лицевого кирпича является шелушение, трещины, крошение, вплоть до образо-



вания мелкого щебня. Солевая коррозия вызывает разрушение кирпичных зданий через 15–20 лет при среднем нормативном сроке службы 100–150 лет [6].

Возведение наружных стен исследуемого жилого дома осуществлялось с конца января до середины мая при наружной температуре воздуха от -15 до $+10^{\circ}\text{C}$. Конструкция стены многослойная: облицовочный кирпич – 120 мм, минераловатные плиты – 140 мм, внутренняя кладка из полнотелого кирпича – 250 мм. При температуре $+5^{\circ}\text{C}$ и ниже для изготовления кладочного раствора применялась противоморозная добавка. При возведении наружных стен использовались материалы (на которые имелись сопроводительные документы о качестве, сертификаты и паспорта), пробам которых были присвоены номера: № 1 и № 2 – кирпич глиняный обыкновенный полнотелый, различных заводов-изготовителей; № 3 – кирпич облицовочный пустотный; № 4 – кладочный раствор; № 5 – сухая смесь для изготовления кладочного раствора; № 6 – противоморозная добавка; № 7 – минераловатные плиты.

Натурные исследования заключались в определении характерных мест высаливания на стенах здания, фотофиксации засоленных участков фасадов и мест хранения строительных материалов. Отбор образцов, подготовка проб и проведение лабораторных исследований осуществлялись: по ГОСТ 9980.2–96, ГОСТ 22091–84, ГОСТ 21472–81 (СТ СЭВ 1145–78); общепринятым методикам работ на сканирующем электронном микроскопе с химическим анализатором Stereoscan 600 (Cambridge Instrument, Великобритания) и рентгеноструктурном дифрактометре; методами индикаторного анализа по системе MERCK и качественно и количественного анализа сульфатов, нитратов и хлоридов в растворах водных вытяжек. Оборудование и методы использовались для экспрессного анализа микроструктуры, фазового и химического состава. Также исследовалась проба № 0 – кирпич с типичными высолами из кладки.

В результате натурных исследований установлено: высолы на лицевом кирпиче появились с наступлением положительных температур воздуха, их развитие происходит изнутри наружу по растворному шву. В лабораторных условиях получены рентгенограммы фазового анализа проб стеновых материалов и выделены следующие составляющие:

– проба № 0: Na_2SO_4 , KCl, NaCl, агвит $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg}) \cdot (\text{Si}_2\text{O}_6)$, Mg – следы, $\text{Na}_6\text{Mg}_2\text{Cl}$, нортупит $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaCl}$, тихит $\text{Na}_6\text{Mg}_2(\text{CO}_3)_4(\text{SO}_4)$, Fe_2O_3 и MgCO_3 ;

– проба № 2: Fe_2O_3 , полевой шпат ($\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$), кристобалит (SiO_2), MgO, Al_2O_3 , шпинель (MgAl_2O_4), стеклофаза;

– проба № 5: портландцемент негидратированный, гематит Fe_2O_3 , гетит ($\alpha\text{-FeOOH}$), корунд Al_2O_3 , слюда ($\text{R}_1(\text{R}_2)_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$, где $\text{R}_1 = \text{K}, \text{Na}$; $\text{R}_2 = \text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li}$), SiO_2 , гипс ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), полимерная добавка.

Результаты фазового анализа показали, что высолы на пробе № 0 представлены Na_2SO_4 (тенардитом) и CaCO_3 , проба № 5 содержала гипс $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.



Рис. 4. Высолы на облицовочном кирпиче

Результаты физико-химического анализа водной вытяжки свидетельствовали об образовании на поверхности кирпича Na_2SO_4 . Метастабильными фазами являлись полевые шпаты и соединение магния – гетит.

Результаты испытаний фазового состава проб № 0; 2 и 5 показали, что система материалов кирпичной кладки не сбалансирована по химическому составу и любое увлажнение и высыхание стен будет сопровождаться миграцией солевых растворов в поровом пространстве материалов, их фазовыми превращениями по схеме раствор соли ↔ кристаллическая соль, что может привести к физико-химическим процессам коррозии стеновых материалов.

На рис. 1–6 представлены микроструктуры проб материалов. Пробы кирпича по микроструктуре подобны между собой. Проба № 0 отличалась повышенным содержанием CaO. Метастабильной фазой кладочного раствора являлся гипс, его кристаллизация видна на рис. 1, д. Минераловатные плиты (проба № 7) содержали метастабильную натриевую составляющую, что также определяло образование высолов.

Противоморозная добавка включала нитраты в количестве до 500 мг/л в пересчете на NO_3^- , что увеличивало возможность образования карбонатов.

Количественные показатели соединений указывают на метастабильность системы и придают системе конгломерата свойство эмерджентности (от англ. emergence – возникновение, появление нового), появление у системы особых свойств, не присущих составляющим ее элементам. При определенных физико-химических и влажностных условиях эти соединения могут вступать в реакции обмена и образовывать высолы.

Метастабильной фазой кладочного раствора является гипс, минераловатных плит натриевая составляющая, противоморозная добавка включает нитраты. Высолы представлены в основном сульфатами натрия и карбонатами кальция, которые образуются в результате физико-химического взаимодействия растворной составляющей с

Водопоглощение и паропроницаемость керамического кирпича

Вид обработки кирпича	w, мас. %			μ, мг/(м·ч·Па)
	за 24 ч	за 48 ч	за 96 ч	
Без гидрофобизатора	7,1	7,6	8,3	0,17
С гидрофобизатором	3	3,8	4,8	0,15



Рис. 5. Фрагменты фасадов здания: слева — нижний этаж после обработки; справа — верхний этаж без обработки

кирпичом. Наличие Na_2O и MgO в минераловатных плитах при контакте с раствором и кирпичом дает потенциальную возможность образования нерастворимых солей. Противоморозная добавка не способствует образованию высолов (в ее составе преимущественно нитраты кальция, смешанные соли), но существенно увеличивает сорбционные свойства кладочного раствора и кирпича, что облегчает миграцию солей на лицевую поверхность кладки. При увлажнении стен возможны физико-химические процессы коррозионного повреждения отделочных и конструкционных материалов. Обнаруженные растворимые соли гигроскопичны, что затрудняет сушку стен и снижает эффективность теплоизоляции.

Анализ состава высолов на пробе № 0 показал, что в его состав входят анионы $[\text{CO}_3]^{2-}$, $[\text{SO}_4]^{2-}$, $[\text{NO}_3]^-$ и катионы: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} . По химическому составу все зафиксированные в исследуемых пробах загрязнители можно подразделить на сульфаты (тенардит Na_2SO_4 , афтиталин $\text{K}_3\text{Na}[\text{SO}_4]_2$, ангидрит CaSO_4 , бассанит CaSO_4); водные сульфаты (сингенит $\text{K}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, гексанит $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, эпсомит $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); водные сульфаты с дополнительными нитрат-анионами (дарапскит $\text{Na}_3[\text{SO}_4][\text{NO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$, хумберстонит $\text{K}_3\text{Na}_7\text{Mg}_2[\text{SO}_4]_6[\text{NO}_3]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и др.).

Наличие кристаллогидратов способствует развитию коррозионных процессов по физико-химическому механизму со значительным увеличением объема новообразований при попеременном увлажнении и высыхании кирпичной кладки. Большое содержание хорошо растворимой соли — тенардита, образующей кристаллогидрат $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, отрицательно влияет на прочность материала вследствие кристаллизационного давления, возникновения нагрузок на разрыв и образования трещин. Несбалансированность системы приводит к образованию высолов и во внутренней части кирпичной кладки (рис. 2) и распространению солей через растворный шов на ее лицевую поверхность (рис. 3, 4).

В зданиях с высолом поддержание экологически комфортной среды проживания без предварительной санации и высушивания до равновесной влажности 2–3 мас. % пе-

ред началом отделочных работ осложняется по показателям тепловлажностного режима в помещениях и биозагрязнения воздуха при оштукатуривании стен изнутри, возможна активизация биохимического разрушения вследствие присутствия азотсодержащих загрязнителей в кирпичной кладке, развитие биоповреждений отделочных и конструкционных материалов.

Для удаления высолов с кирпича традиционно применяются: механический способ, смывка синтетическими моющими средствами и ПАВ, обработка водными растворами соляной кислоты HCl . Первые два неэффективны, последняя обладает мощным разрушительным действием: в толще раствора образуется хлорид натрия NaCl , который, даже будучи нейтрализован раствором NaOH , разрушает контактные слои между цементным камнем и заполнителем, уменьшает прочность и резко увеличивает проницаемость раствора.

Минимальным разрушающим эффектом обладают очистители высолов с кирпича и других облицовочных материалов, изготовленные на основе кислот неминерального происхождения и полимерных добавок. Эффективность очистителей различных составов выявлялась в лабораторных условиях путем экспериментов по удалению солей с поверхности кирпича. В результате был выбран очиститель с рН 1–2 и плотностью 1,05 г/см³, представляющий водный раствор комплексов одноосновных и двухосновных полифункциональных кислот и модифицирующих добавок.

В натуральных условиях эффективность очистителя апробировалась на участке фасада площадью 25 м². Наросты, осыпающиеся частицы и пыль солей удалялись механически. Поверхности стены с высолом обрабатывались очистителем кистью до растворения солей (исчезновения белого налета).

Для предотвращения появления повторных высолов после высыхания поверхность очищенной кирпичной стены покрывалась водным кремнийорганическим гидрофобизатором, предназначенным для защиты от воды и высолов бетона, кирпича и камня (рис. 2, д, е). Состав наносился на чистую сухую поверхность кистью, валиком или распылителем в 1–2 слоя «мокрый по мокрому» до насыщения кирпича. На период высыхания (1 ч при температуре воздуха +20°C) поверхность защищалась от воды и атмосферных осадков. Применение гидрофобизатора, по результатам лабораторных испытаний, позволило снизить водопоглощение кирпича (w) и защитить кладку от атмосферных осадков и капиллярного подсоса воды (см. таблицу), не вызывая кольматации (уплотнения) пор и сохраняя паропроницаемость (μ).

Важным достоинством примененных на объекте очистителя и гидрофобизатора является отсутствие в их составе токсичных органических растворителей и раздражающего запаха. Составы не оказывают вредного воздействия на человека и окружающую среду и разрешены для использования в строительстве, в том числе пищевых предприятий, бассейнов и резервуаров с питьевой водой. Предложенная система профилактических мероприятий по предупреждению развития коррозии стеновых материалов включает антисолевую обработку поверхности с последующей гидрофобизацией кремнийорганическими составами.

При проектировании слоистых наружных ограждающих конструкций для недопущения высолов и биоповреждений материалы, используемые в кирпичной кладке, сле-

дует подбирать с учетом сбалансированности химического состава и капиллярно-пористых свойств системы в целом для предотвращения метастабильности при сочетании материалов и их увлажнении.

Хранение кирпича на строительной площадке должно обеспечивать защиту от атмосферной влаги. Переувлажненный кирпич и разжиженный раствор увеличивают общую начальную влажность кладки, что создает условия для активной миграции солей в системе.

Для кладки следует использовать сложный раствор (песок, известь, цемент) с развитой капиллярно-пористой структурой по отношению к кирпичу, что снижает вероятность вытеснения солей в кирпич, либо известково-песчаный раствор с заполнителем из тонкомолотого песка (аморфный кремнезем SiO_2 , что обеспечивает химическое связывание CaO в растворной части).

Для удаления высолов и предупреждения развития коррозии предлагается использование технологии смывки составом на основе смеси полифункциональных кислот с последующей обработкой поверхности кремнийорганическими гидрофобизаторами. До и после проведения работ по удалению солей в течение годового цикла эксплуатации следует проводить периодические инструментально-визуальные обследования состояния стен с отслеживанием динамики процесса в связи с возможным появлением микротрещин на лицевом кирпиче. Дополнительными являются мероприятия по санированию стен, которые включают: высушивание ограждающих конструкций и в случае усиления эффекта высаливания проведение антисолевой обработки поврежденных поверхностей; контроль за влажностью и засоленностью стен перед их отделкой; применение сухих отделочных систем без покрытий на полимерной основе.

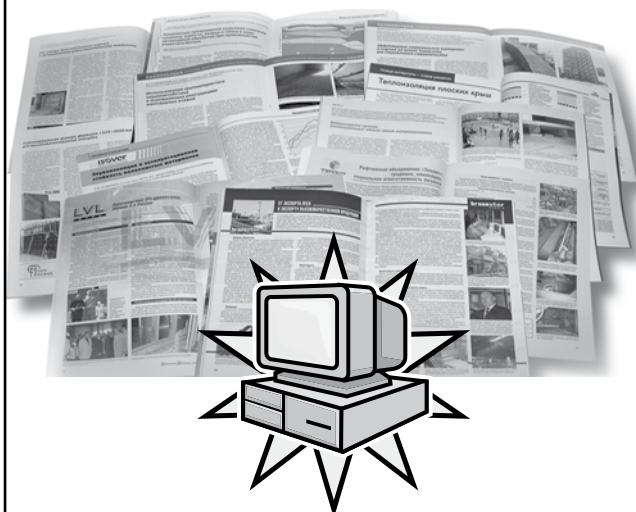
Список литературы

1. Kimbal J. Basley. Masonry Facade Stress Failures// *The Construction Specifier*. 1998. Vol. 51. No. 2.
2. Krogh H., Hansen K. Collection and use of environmental data on building materials// *Second International Conference on Buildings and Environment*. Paris. 1997, pp. 149–156.
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Крышов С.И., Пономарев О.И. Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки // *АВОК*. 2009. Ч. 1. № 5. С. 48–56. Ч. 2. № 6. С. 48–55.
4. Чумаченко Н.Г., Мироненко Е.В. Влияние кладочных растворов на высолообразование в кирпичных зданиях // *Технологии, материалы, конструкции в строительстве*. 2003. № 4. С. 65–73.
5. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. М.: Казанский ГАСУ: Издательство «Палеотип», 2006. 244 с.
6. Инчик В.В. Высолы и солевая коррозия кирпичных стен. СПб.: СПбГАСУ. 1998. 324 с.
7. Ищук М.К. Причины дефектов наружных стен с лицевым слоем кирпичной кладки // *Жилищное строительство*. 2008. № 3. С. 28–31.
8. Калашников В.И., Махамбетова К.Н. Коррозионная стойкость цементно-песчаных растворов в агрессивной среде // *Строительные материалы*. 2010. № 11. С. 12–13.
9. Краснова Т.А., Бороуля Н.И. Влияние противоморозных добавок на свойства бетона // *Технологии бетонов*. 2011. № 11–12. С. 22–24.

References

1. Kimbal J. Basley. Masonry Facade Stress Failures// *The Construction Specifier*. 1998. Vol. 51. No. 2.
2. Krogh H., Hansen K. Collection and use of environmental data on building materials// *Second International Conference on Buildings and Environment*. Paris. 1997, pp. 149–156.
3. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Kryshov S.I., Ponomarev O.I. Thermal insulation of external walls of buildings with masonry cladding // *AVOK*. 2009. Ch. 1. No. 5, pp. 48–56. Ch. 2. No. 6, pp. 48–55. (In Russian).
4. Chumachenko N.G., Mironenko E.V. Influence of masonry mortars on vysoloobrazovanie in brick buildings // *Tekhnologii, materialy, konstruktсии v stroitel'stve*. 2003. № 4, pp. 65–73. (In Russian).
5. Izotov V.S., Sokolova Yu.A. Khimicheskie dobavki dlya modifikatsii betona [Chemical additives for concrete modifications]. M. : Kazanskii GASU: Izdatel'stvo «Paleotip», 2006. 244 p.
6. Inchik V.V. Vysoly i solevaya korrozziya kirpichnykh sten [Efflorescence and salt corrosion brick walls]. SPb.: SPbGASU, 1998. 324 p.
7. Ishchuk M.K. Causes of defects exterior walls with a facing layer of brickwork // *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2008. № 3, pp. 28–31. (In Russian).
8. Kalashnikov V.I., Makhambetova K.N. Corrosion resistance of cement mortars in aggressive environments // *Stroitel'nye materialy*. 2010. № 11, pp. 12–13. (In Russian).
9. Krasnova T.A., Boroulya N.I. Effect of antifreeze additives on the properties of concrete // *Tekhnologii betonov*. 2011. № 11–12, pp. 22–24. (In Russian).

Подписка на электронную версию



Актуальная информация для всех работников
строительного комплекса

ЖИЛИЩНОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО

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

УДК 624.07

М.Н. БЕРЛИНОВА¹, канд. техн. наук, В.В. БОБРОВ², инженер¹ Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское ш., 26)² ОАО «ЦНИИПромзданий» (127238, Москва, Дмитровское ш., 46, к.2)

Аналитическое определение границы микроразрушений бетона с учетом условий твердения, вида напряженного состояния и усадки в защитном слое

Разработана методика аналитического расчета границы микроразрушений бетона. Показано, что возможно аналитическое прогнозирование границы микроразрушений R_T^0/R_b . Такое прогнозирование может быть осуществлено, если R_T^0/R_b рассматривать как функцию прочности бетона при сжатии. Получены аналитические зависимости $R_T^0/R_b=f_1(R_b)$ и $R_T^v/R_b=f_2(R_b)$. Предложено учитывать влияние условий твердения, усадки бетона и характера напряженного состояния конструкций путем введения в полученной зависимости $R_T^0/R_b=f_1(R_b)$ соответствующих поправочных коэффициентов. Экспериментально получены значения коэффициентов, которые могут быть использованы на стадии проектирования железобетонных конструкций, что позволит более обоснованно принимать конструктивные решения. Кроме того, следует отметить, что количество поправочных коэффициентов может быть увеличено по мере накопления соответствующих экспериментальных данных.

Ключевые слова: бетон, микроразрушения, усадка, напряженное состояние.

M.N. BERLINOVA¹, Candidate of Sciences (Engineering); V.V. BOBROV², Engineer¹Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Highway, 129337, Moscow, Russian Federation)²OAO "TSNIIPromzdaniy" (46, structure 2, Dmitrovskoye Highway, 127238, Moscow, Russian Federation)

Analytical Determination of a Limit of Concrete Micro-Destructions with Due Regard for Conditions of Hardening, Tension State and Shrinkage in Protective Layer

Methods for analytic calculation of a limit of concrete micro-destructions are presented. It is shown that analytic forecasting of the limit of micro-destructions R_T^0/R_b is possible. This forecasting can be made, if R_T^0/R_b is considered as a function of concrete strength under compression. Analytical dependences $R_T^0/R_b=f_1(R_b)$ and $R_T^v/R_b=f_2(R_b)$ have been obtained. It is proposed to take into account the influence of conditions of concrete hardening, concrete shrinkage and character of tension state of structures by introducing appropriate correction factors into the dependence obtained $R_T^0/R_b=f_1(R_b)$. Factor values are experimentally obtained. They can be used at the stage of reinforced concrete structures design that makes it possible to make structural decisions more reasonably. Besides, it is necessary to note that the number of correction factors can be increased in the process of accumulation of experimental data.

Keywords: concrete, micro-destructions, shrinkage, tension state.

В современных математических моделях расчета прочности бетона учитываются его реологические свойства, анизотропия, нелинейный характер деформирования и режимы нагружения конструкций [1–5].

В подавляющем большинстве теоретических исследований разрушение конструкции рассматривается как мгновенный процесс, тождественный нарушению целостности материала. Наступление разрушения связывают с достижением величин того или иного критерия определенного предельного значения. В качестве такого критерия в общеизвестных теориях принимают наибольшие величины нормальных или касательных напряжений, наибольшие деформации, а также более сложные зависимости, полученные из изучения потенциальной энергии деформации элементарного объема материала. Рассматриваются также взаимозависимости нескольких инвариантов тензора напряжений. Во всех случаях полученные критерии сравниваются с конечной величиной прочности, показанной экспериментальным образцом.

Однако изучение явлений, сопровождающих процесс нагружения бетона, показал что в действительности разрушение представляет собой сложный процесс во времени, характеризующийся образованием микротрещин и их последующим развитием под действием внешней нагрузки.

Описанное явление обнаружено О.Я. Бергом в результате изучения зависимости коэффициента поперечной деформации ν от осевых сжимающих напряжений σ_1 .

Постоянное значение коэффициента ν сохраняется в интервале напряжений $0 < \sigma_1 < R_T^0$, где R_T^0 – начало микротрещинообразования. При напряжениях $\sigma_1 > R_T^0$ коэффициент ν начинает возрастать и при напряжениях $\sigma_1 > R_T^v$, где R_T^v – окончание микротрещинообразования, становится больше 0,5. Это значит, что при сжимающих напряжениях $\sigma_1 > R_T^v$ объем образца увеличивается при сжатии, что противоречит условиям деформирования упругого тела под нагрузкой.

Для использования в процессе проектирования железобетонных конструкций необходимо уметь аналити-

чески определять напряжения R_T^o и R_T^v для заданного класса бетона [6]. В практических расчетах обычно используются такие прочностные показатели, как привязанные к классу бетона призматическая прочность R_b и предел прочности на растяжение R_{bp} . В качестве характеристики деформативности используется также привязанный к классу бетона соответствующий модуль деформаций E_b^H . Перечисленные выше параметры отражены в государственных нормативных документах.

Поэтому границы микроразрушений целесообразно выразить как функцию призматической прочности:

$$R_T^o = f_1(R_b); \quad (1)$$

$$R_T^v = f_2(R_b). \quad (2)$$

Однако границы микроразрушений R_T^o и R_T^v зависят не только от прочности материала, но и от целого ряда других факторов – условий твердения, характера напряженного состояния и др. Учесть влияние этих факторов целесообразно введением к формулам (1) и (2) системы соответствующих поправочных коэффициентов $K_n = K_n^o = K_n^v$:

$$R_T^o = f_1(R_b) \cdot K_1^o \cdot K_2^o \dots K_n^o; \quad (3)$$

$$R_T^v = f_2(R_b) \cdot K_1^v \cdot K_2^v \dots K_n^v. \quad (4)$$

Данные проведенных экспериментов позволили установить, что значения R_T^o и R_T^v для одного и того же значения R_b могут отличаться в значительных пределах. Исходя из того, что превышение напряжений R_T^o может привести к неблагоприятным последствиям, величину $R_T^o = f_1(R_b)$ следует выражать как нижнюю возможную границу начала микроразрушений для заданной величины призматической прочности. Аппроксимация экспериментальных данных дает для отношения R_b/R_b следующее выражение:

$$\frac{R_T^o}{R_b} = 0,15 + 0,012 R_b - 0,000083 R_b^2. \quad (5)$$

Отношение R_T^v/R_b может быть подсчитано по формуле:

$$\frac{R_T^v}{R_b} = 0,42 + 0,0088 R_b - 0,000056 R_b^2. \quad (6)$$

Для удобства расчетов с достаточной для практических целей точностью значение выражения для R_T^v/R_b можно представить через (5) для R_T^o/R_b , используя для этого отношение R_T^v/R_b :

$$\frac{R_T^v}{R_b} = \frac{R_T^o}{R_b} [1,37 + 0,016(43 - R_b)]. \quad (7)$$

Таким образом, исходной зависимостью, с помощью которой могут быть определены все остальные, становится функция $R_T^o/R_b = f_1(R_b)$, полученная при испытании на

Таблица 1
Поправочные коэффициенты K_1 , учитывающие условия твердения бетона

Условия твердения	Призматическая прочность R_b , МПа						
	10	20	30	40	50	60	70
При относительной влажности более 50%	1	1	1	1	1	1	1
При относительной влажности менее 50%	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,8	0,8
Тепловлажностная обработка	0,77	0,78	0,79	0,8	0,82	0,84	0,86

Таблица 2
Влияние характера эпюры напряжений сжатия на величину R_T^o/R_b (коэффициент K_2)

Вид напряженного состояния	Призматическая прочность R_b , МПа							
	10	20	30	40	50	60	70	
Чистый изгиб ($\tau=0$) Наиболее напряженный слой	1,23	1,22	1,2	1,2	1,17	1,13	1,08	
Двухосное сжатие ($\sigma_x \geq \sigma_y$)	$\frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 1+2$	1,09	1,09	1,08	1,06	1,04	1,02	1
	$\frac{\sigma_x}{\sigma_y} \geq 2+3$	1,07	1,07	1,06	1,04	1,02	1	1

Таблица 3
Коэффициент K_3 , учитывающий снижение R_T^o/R_b в защитном слое бетона предварительно напряженных конструкций

Значение K_3 при		Призматическая прочность R_b , МПа						
		10	20	30	40	50	60	70
$\varphi = 1$	$\beta = 4$	0,52	0,46	0,4	0,32	0,23	0,12	0,02
	$\beta = 2$	0,84	0,77	0,7	0,63	0,54	0,43	0,3
$\varphi = 4$	$\beta = 4$	1	0,99	0,96	0,93	0,87	0,73	0,53
	$\beta = 2$	1	1	1	1	0,97	0,92	0,85

Примечание. Для промежуточных значений φ и β значения K_3 определять по интерполяции.

центральное сжатие обычного бетона, твердеющего в естественных условиях.

Условия твердения бетона оказывают определенное влияние на уровень образования микротрещин. Например, пропаривание снижает уровень образования микротрещин в среднем на 20%. Сравнение проведено с бетоном, твердевшим в естественных условиях при относительной влажности воздуха примерно 70%. В бетоне, твердевшем при пониженной влажности, уровень напряжений R_T^o/R_b также ниже, чем у бетона, твердевшего при нормальной влажности. Снижение уровня R_T^o/R_b в данном случае составляет 20–25%.

Приведенные данные позволяют установить численные значения поправочного коэффициента K_1 , учитывающего влияние условий твердения бетона на уровень R_T^o/R_b . Соответствующие значения коэффициента K_1 приведены в табл. 1.

Определенное влияние на уровень напряжений R_T^o/R_b оказывает вид напряженного состояния. Так, граница образования микротрещин в наиболее напряженном слое изгибаемого или внецентренно сжатого элемента выше соответствующего значения, полученного при центральном сжатии, на 8–23% в зависимости от класса бетона. Значения соответствующих поправочных коэффициентов K_2 приведены в табл. 2.

Определенное влияние на уровень границы микроразрушений R_T^o/R_b оказывает двухосное сжатие. Из экспериментальных данных следует, что на величину R_T^o/R_b в данном случае оказывают влияние прочность бетона и соотношение сжимающих напряжений по осям X и Y ($\sigma_x \geq \sigma_y$). Соответствующие значения поправочного коэффициента K_2 приведены в табл. 2.

Параметры бетона, характеризующие процесс микроразрушений

Таблица 4

Параметр	Класс бетона по прочности при сжатии											
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Призмная прочность R_b , МПа	11	15	18,5	22	25,5	29	32	36	39,5	43		
Прочность при осевом растяжении R_{bp} , МПа	1,1	1,35	1,55	1,75	1,95	2,1	2,25	2,45	2,6	2,75		
Начальный модуль упругости при сжатии $E_b \cdot 10^{-3}$, МПа	24	27,5	30	32,5	34,5	36	37	38	39	39,5		
Коэффициент ползучести ϕ при влажности окружающей среды, %	>75	2,4	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	
	40–75	3,4	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	
	<40	4,8	4	3,6	3,2	3	2,8	2,6	2,4	2,2	2	
Граница микротрещинообразования	R_T^o , МПа	3	4,7	6,3	8,1	10,2	12,5	14,4	16,9	19,3	21,9	
	R_T^o/R_b	0,27	0,31	0,34	0,37	0,4	0,43	0,45	0,47	0,49	0,51	
Граница увеличения объема	R_T^v , МПа	5,6	8,1	10,4	12,9	15,5	18,2	21,6	24,8	26,8	29,9	
	R_T^v/R_b	0,51	0,54	0,54	0,59	0,61	0,63	0,66	0,68	0,69	0,7	
Коэффициент K_1 , учитывающий условия твердения	Естественные условия при влажности воздуха, %	>75	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	
		40–75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		<40	0,074	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79	0,8	0,8	0,8
	Пропаривание		0,76	0,77	0,78	0,79	0,79	0,8	0,8	0,8	0,81	0,81
Коэффициент K_2 , учитывающий вид напряженного состояния	Изгиб		1,23	1,22	1,21	1,21	1,2	1,2	1,19	1,19	1,18	1,17
	Двухосное сжатие		1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04
Коэффициент K_3 , учитывающий усадку в защитном слое при условии естественного твердения и влажности воздуха, %	> 75		1	1	1	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
	40–75		0,96	0,95	0,94	0,91	0,86	0,81	0,77	0,72	0,65	0,50
	< 40		0,84	0,82	0,79	0,75	0,60	0,55	0,49	0,43	0,36	0,30

Примечание. Значения коэффициента K_3 вычислены для относительной толщины защитного слоя $\beta=b/d=1$ (b – расстояние от центра тяжести арматуры до грани сечения; d – диаметр арматуры). Для других значений β коэффициент K_3 следует умножить на величину $1-0,15(\beta-1)$.

Двухосное поле напряжений, возникающее при действии сжимающих напряжений σ_x и растягивающих напряжений от стесненной усадки σ_y , оказывает существенное влияние на развитие микротрещин в защитном слое бетона. Как показали проведенные исследования, величина растягивающих напряжений зависит от относительной толщины защитного слоя $\beta=r/b$, где r – радиус арматурного стержня; b – расстояние от центра этого стержня до грани сечения; прочности бетона; его модуля деформации E_b и характеристики деформаций усадки и ползучести. Кроме величины β , которая зависит от конструктивного решения, остальные параметры могут быть привязаны к классу бетона или к его призмной прочности. Учитывая взаимосвязь между свойствами бетона к усадке и ползучести, в качестве характеристики можно принять величину меры ползучести в 28-суточном возрасте ϕ_m . В табл. 3 приведены расчетные значения поправочного коэффициента K_3 , учитывающего влияние растягивающих напряжений на величину R_T^o/R_b .

Приведенные выше значения поправочных коэффициентов привязаны к призмной прочности бетона R_b . Между тем в действующих нормах нормативные и расчетные значения характеристик бетона даны для классов бетона. Значения параметров, характеризующих условия твердения, и характеристика ползучести ϕ в табл. 3 также не соответствуют нормативным.

Для устранения отмеченного несоответствия в табл. 4 приведены характеристики процесса микроразрушений бетона, пересчитанные для классов бетона на сжатие. Приведены также нормативные значения параметров (R_b , R_{bp} , E_b и ϕ), использованные при перерасчетах R_T^o , R_T^v и K_n .

В заключение хотим отметить, что перечень коэффициентов K_n может быть расширен по мере накопления соответствующих экспериментальных данных.

Список литературы

1. Андрианов А.А. Влияние поверхностных трещин на прочность бетонных элементов // *Вестник МГСУ*. 2011. № 3. С. 140.
2. Бондаренко В.М., Иванов А.М., Байдин О.В., Царева А.Д. Некоторые вопросы развития теории железобетона // *Строительство и реконструкция*. 2012. № 4. С. 25–29.
3. Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В., Бондаренко А.С. Деформации железобетонного элемента с учетом усадочных деформаций // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2013. № 1–2(50). С. 344–357.
4. Колчунов В.И., Андросова Н.Б. Прочность корродирующего бетона при одновременном проявлении силовых и средовых воздействий // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2013. № 5(49). С. 3–9.
5. Власов В.М., Погребняк Б.Н., Донов А.В., Уланов А.А., Чеботарев В.В., Бережная О.В. Определение прочностных и деформационных характеристик бетона при длительном действии нагрузки одноосного и двухосного сжатия // *Известия всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева*. Санкт-Петербург. 2010. Т. 259. С. 57–70.
6. Хромец Ю.Н., Орлов С.Л. О «физической» теории прочности бетона // *Сборник МГАКХиС*. V. 1. 2009. С. 22–26.

References

1. Andrianov A.A. Influence of superficial cracks on durability of concrete elements. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3, pp. 140. (In Russian).

- Bondarenko V.M., Ivanov A.M., Baidin O.V., Tsareva A.D. Some questions of development of the theory of reinforced concrete. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2012. No. 4, pp. 25–29. (In Russian).
- Karpenko N.I., Eryshev V.A., Latysheva E.V., Bondarenko A.S. Deformations of a ferroconcrete element taking into account shrinkable deformations. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: stroitel'stvo i arkhitektura*. 2013. No. 1–2(50), pp. 344–357. (In Russian).
- Kolchunov V.I., Androsova N.B. Durability of korrodiryuyushchy concrete at simultaneous manifestation of power and environmental influences. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii*. 2013. No. 5(49), pp. 3–9. (In Russian).
- Vlasov V.M., Pogrebnyak B.N., Donovan A.V., Ulanov A.A., Chebotarev V.V., Berezhnaya O.V. Definition of strength and deformation characteristics of concrete at long action of loading of monoaxial and two-axis compression. *Izvestiya vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B.E. Vedeneva*. St. Petersburg. 2010. V. 259, pp. 57–70. (In Russian).
- Khromets Yu.N., Orlov S.L. About the «physical» theory of durability of concrete. *Sbornik MGAKKhis*. V. 1. 2009, pp. 22–26. (In Russian).



XVI Международная выставка «Мир стекла–2014»



Крупным событием для стекольной промышленности стала XVI Международная выставка стеклопродукции, технологий и оборудования для изготовления и обработки стекла – «Мир стекла–2014», проходившая с 4 по 6 июня 2014 г. в ЦВК «Экспоцентр».

В этом году проект был реализован Экспоцентром совместно с новым партнером – Национальным объединенным советом предприятий стекольной промышленности «СтеклоСоюз». Экспоцентр и главный союз отрасли объединили усилия, цель которых выставочными способами помогать развитию стекольной отрасли России. Смотров проходил под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ.

Экспозиция этого года охватила весь спектр производства стекла, продемонстрировав необыкновенные возможности этого материала. На выставочной площади более 5 тыс. м² (нетто) 221 компания из 22 стран мира, в том числе 79 отечественных экспонентов, представила передовые идеи и технологии в стекольной промышленности.

В выставке приняли участие известные зарубежные и отечественные компании: Von Ardenne, Bottero, Sisecam, RHI Glas GmbH, Lahti Precision OY, GLASTON, BDF Industries SPA, Italcarrrelli, Landglass Technology, Saint-Gobain Sefpro, Домановский производственно-торговый комбинат, Zippe, «Салаватстекло», «Саратовстройстекло», КАМИ, «Юта», «Меран», «Адэм», «Бринолли», «РуСайл» и многие другие.

Италия организовала национальную экспозицию с участием 30 фирм, в том числе, Alu Pro s.r.l., Antonini s.r.l., Bottero s.p.a., Gimav-Italian Association of Glass Processing Machinery and Accessory Suppliers, Osmi-Otg s.p.a. и др.

Целый ряд ведущих игроков на рынке представили свои последние новинки и разработки впервые именно в рамках «Мир стекла».

Ассоциация КАМИ представила новейшие технологии от ведущего мирового производителя оборудования для стеклообработки – итальянской компании Bottero. Станки Bottero предназначены для шлифовки фасок стекла после раскроя, улучшения качества при производстве стеклопакетов и дальнейшей термической обработки.

В рамках специальной экспозиции салона ArtGlass посетители смогли увидеть разнообразные и необычные возможности стекла, самые неожиданные творческие идеи в области декорирования интерьера. Известные художники по витражам, росписи стекла, фьюзингу, лепмворку представили свои работы и продемонстрировали разнообразные техники работы с художественным стеклом. Мастера, использующие в работе также разные породы дерева, медь и бронзу, ArtStudio MalinoDesign представили авторские предметы интерьера и декора, оригинальные предметы мебели, нестандартные светильники для дома и сада и многое другое.

Насыщенная деловая программа выставки позволила участникам обсудить и принять решения о перспективных векторах развития отрасли.

Ключевым мероприятием деловой программы выставки «Мир стекла–2014» стал международный форум «Стекло и современные технологии–XXI».

В рамках форума также состоялся круглый стол «Основные тенденции в сфере производства и потребления контрафактной продукции в стекольной отрасли».

Выставку «Мир стекла–2014» посетили 6780 человек, 94% из которых отраслевые специалисты.

Следующая XVII Международная выставка «Мир стекла–2015» пройдет с 8 по 11 июня 2015 г. в ЦВК «Экспоцентр».

По материалам пресс-службы ЗАО «Экспоцентр»

УДК 69.057.13:624.078

В.В. ДАНЕЛЬ, канд. техн. наук

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

Трехслойные наружные стеновые панели с повышенной несущей способностью

Предложены конструкции трехслойных наружных стеновых панелей с наружным и внутренним несущими слоями, которые могут быть использованы в качестве цокольных, а при наличии наружного утепляющего слоя – в виде навесного фасада или витрин и на нижних этажах. Даны рекомендации по конструкции горизонтальных стыков наружных стеновых панелей. Использование предлагаемых панелей актуально по двум причинам. Во-первых, оно позволит более равномерно распределить нагрузку по поверхности фундамента и соответственно уменьшить концентрацию напряжений, уменьшить расход материалов. Во-вторых, расширит возможности использования трехслойных наружных панелей в качестве несущих конструкций первых нежилых этажей, требующих увеличенных размеров оконных и дверных проемов.

Ключевые слова: трехслойная наружная стеновая панель с наружным и внутренним несущими слоями, связь, фундамент, горизонтальный стык наружных стеновых панелей, вут, ребро, сейсмостойкость, надежность, несущая способность.

V.V. DANEL, Candidate of Sciences (Engineering),
Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Highway, 129337, Moscow, Russian Federation)

Three-layer external wall panels with improved bearing capacity

Designs of three-layer external wall panels with external and internal bearing layers which can be used as basement ones and at availability of an external heat insulating layer can be used as a suspended façade or as shop window and at lower storeys are offered. Recommendations on designs of horizontal joints of external wall panels are made. It is best to use these panels for two reasons. Firstly, it makes it possible to distribute the loading on the foundation surface more uniformly and to reduce the concentration of stresses and lower the material consumption. Secondly, it expands opportunities to use three-layer external panels as bearing structures of the first non-residential floors which need increased sizes of window and door openings.

Keywords: three-layer external wall panel with external and internal bearing layers, tie, foundation, horizontal joint of external wall panels, haunch, rib, earthquake stability, bearing capacity.

Превращение первых этажей из жилых в нежилые стало массовым явлением на центральных улицах городов. На месте квартир на первых этажах появляются магазины, юридические консультации, турагентства, предприятия бытового обслуживания и др. Не обошла эта тенденция с переделыванием оконных проемов в дверные и панельные здания.

Комбинаты крупнопанельного домостроения должны учитывать тенденцию использования первых этажей в качестве нежилых в выпускаемых сериях домов. Помещения на первых этажах будут пользоваться спросом у предпринимателей.

Конструкции первых нежилых этажей крупнопанельных зданий должны иметь свои особенности. Одна из них – наличие значительного количества дверных проемов вместо оконных, увеличенные размеры оконных проемов в наружных панелях.

Количество этажей в домах с трехслойными наружными стеновыми панелями с наружным и внутренним несущими слоями зависит от климатического района, в котором предполагается строительство. Можно увеличить количество нижних этажей с их использованием, если утеплить панели снаружи, например используя навесной фасад. В противном случае температурные деформации могут вызвать недопустимые усилия в наружных слоях и связях.

При внутреннем несущем слое и определенных связях между наружным и внутренним железобетонными слоями

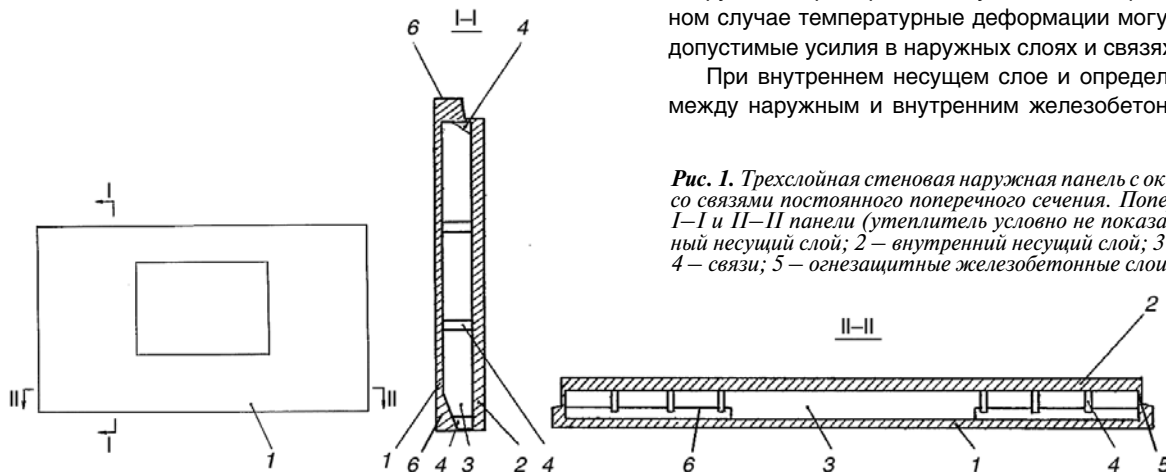


Рис. 1. Трехслойная стеновая наружная панель с оконным проемом со связями постоянного поперечного сечения. Поперечные сечения I–I и II–II панели (утеплитель условно не показан): 1 – наружный несущий слой; 2 – внутренний несущий слой; 3 – утеплитель; 4 – связи; 5 – огнезащитные железобетонные слои; 6 – вуты

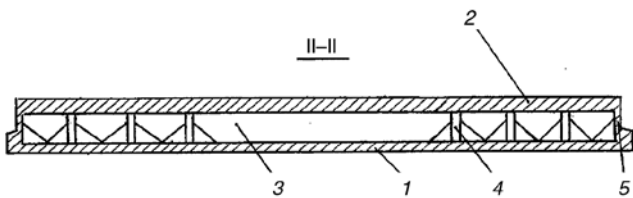


Рис. 2. Поперечное сечение II–II панели со связями переменного поперечного сечения (обозначения аналогичны рис. 1)

нагрузка в пределах панели частично передается с внутреннего слоя на наружный. Если у стыкуемых панелей несущий слой только внутренний, возникает дополнительный переменный по высоте панели эксцентриситет. В результате при сжатии панель будет выгибаться в наружную сторону.

При опирании рядовой наружной стеновой панели на панель с наружным и внутренним несущими слоями схема передачи сжимающего усилия другая.

Рассмотрим два варианта конструкций трехслойных наружных стеновых панелей с наружным и внутренним несущими слоями для 1-го этажа. Для уменьшения температурных деформаций наружного слоя их надо применять с навесным фасадом. Условно гибкие связи между слоями не показаны.

Вариант 1. Трехслойная стеновая панель для 1-го этажа зданий повышенной этажности включает наружный 1, внутренний 2 несущие железобетонные слои, теплоизоляционный слой 3, дискретные бетонные армированные связи 4 между слоями 1 и 2 и торцевые защитные железобетонные слои 5 (рис. 1). Дискретные связи расположены горизонтальными и вертикальными рядами по площади панелей с размещением нижнего ряда связей по нижнему торцу панели с возможностью перераспределения вертикальной нагрузки на наружный и внутренний слои, при этом дискретные связи нижнего ряда выполнены в виде вертикально ориентированных ребер.

Возможно размещение дискретных связей верхнего горизонтального ряда по верхнему торцу панели. Дискретные связи могут иметь переменное поперечное сечение (рис. 2). Наружный слой может иметь вуты в нижней части.

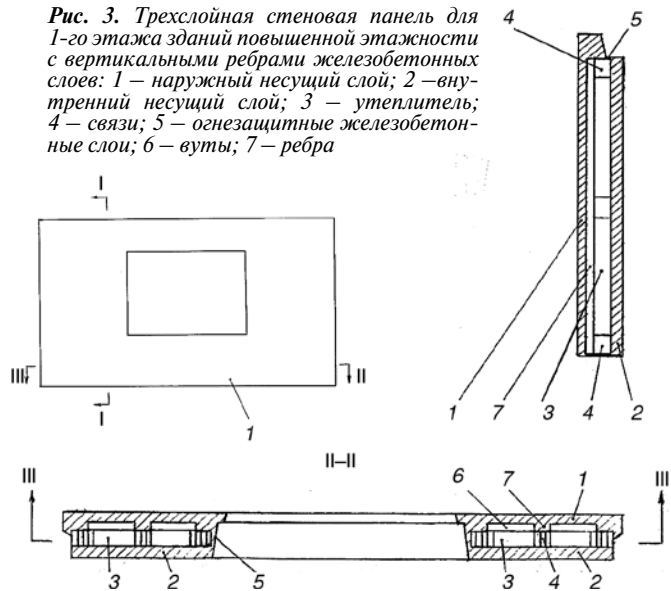


Рис. 3. Трехслойная стеновая панель для 1-го этажа зданий повышенной этажности с вертикальными ребрами железобетонных слоев: 1 – наружный несущий слой; 2 – внутренний несущий слой; 3 – утеплитель; 4 – связи; 5 – огнезащитные железобетонные слои; 6 – вуты; 7 – ребра

Изгибающие моменты от эксцентриситета локализуются в связях, размещенных по нижнему и верхнему торцам панели. Благодаря этому наружный слой работает в более благоприятных условиях и его можно использовать в качестве второго несущего слоя панели. Кроме того, в стыке появляется возможность передачи нагрузки от внутреннего несущего слоя к наружному: в результате на наружный слой второй панели передается до 40% нагрузки. Разгружаются промежуточные связи, расположенные между верхним и нижним торцами панели.

Вариант 2. Трехслойная стеновая панель для 1-го этажа зданий повышенной этажности с вертикальными ребрами наружного железобетонного слоя со стороны утеплителя (рис. 3). Дискретные связи расположены горизонтальными и вертикальными рядами между вертикальными ребрами и внутренним несущим железобетонным слоем с размещением нижнего ряда связей по нижнему торцу панели с возможностью перераспределения вертикальной нагрузки на наружный и внутренний слои; при этом дискретные связи нижнего ряда выполнены в виде вертикально ориентированных ребер. Дискретные связи верхнего горизонтального ряда могут быть размещены по верхнему торцу панели. Кроме того, внутренний несущий слой также может иметь ребра со стороны утеплителя

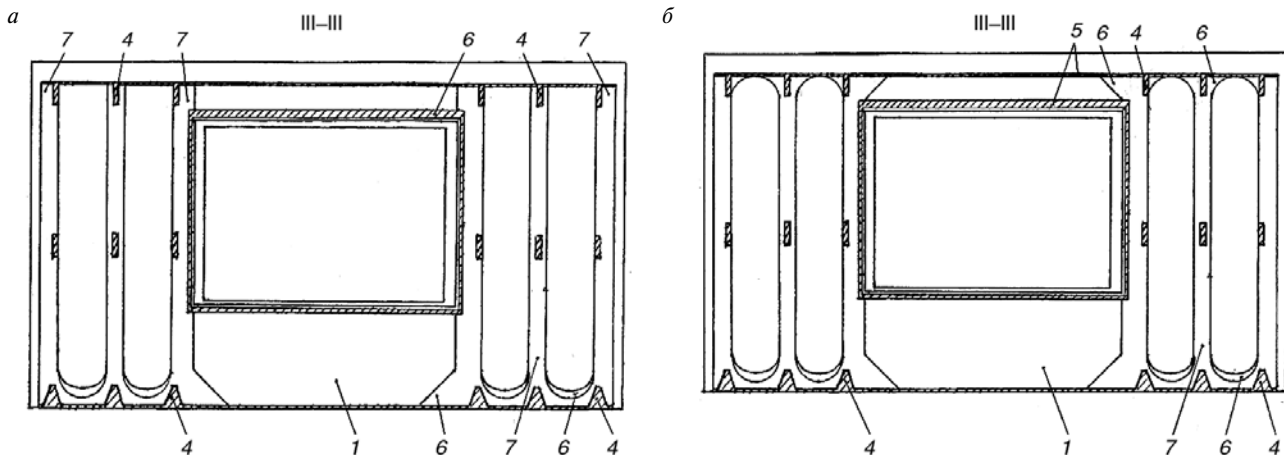


Рис. 4. Сечения III–III панелей с вутами ребер: а – у нижнего торца панелей; б – у верхнего и нижнего торцов панелей (обозначения аналогичны рис. 1–3)

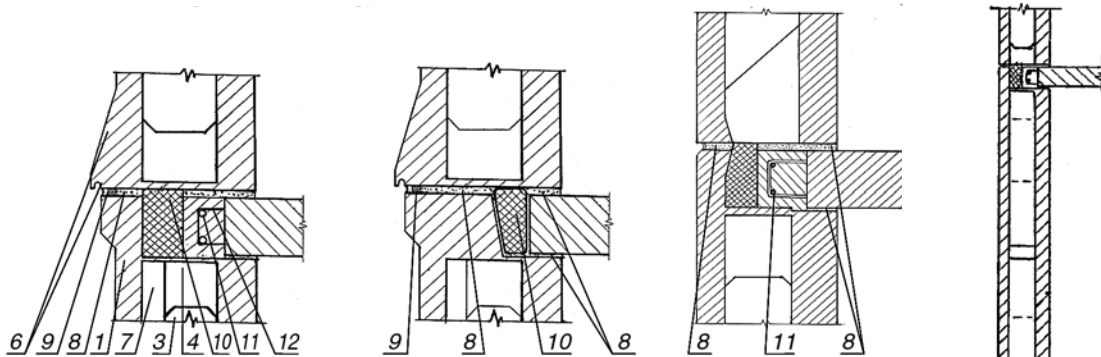


Рис. 6. Варианты исполнения горизонтального стыка цокольной панели с наружным и внутренним несущими слоями с рядовой панелью наружной стены 1-го этажа: обозначения 1–7 аналогичны рис. 1–4; 8 – растворный шов; 9 – гидроизоляционный участок; 10 – утепляющий вкладыш; 11 – монолитный железобетонный участок с непрерывной горизонтальной арматурой; 12 – петлевые выпуски из плит перекрытия

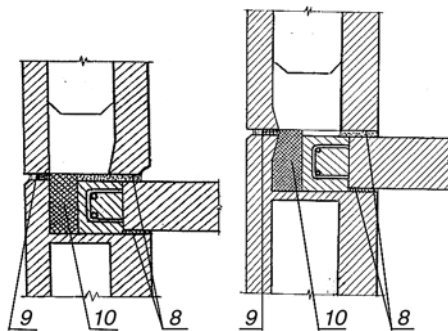


Рис. 7. Варианты горизонтальных стыков между рядовыми наружными панелями с внутренним несущим слоем: обозначения аналогичны рис. 6

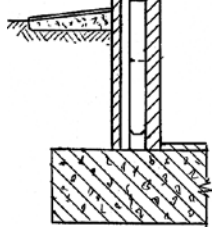


Рис. 5. Поперечное сечение наружной стены по цокольной панели и панелям 1-го и 2-го этажей

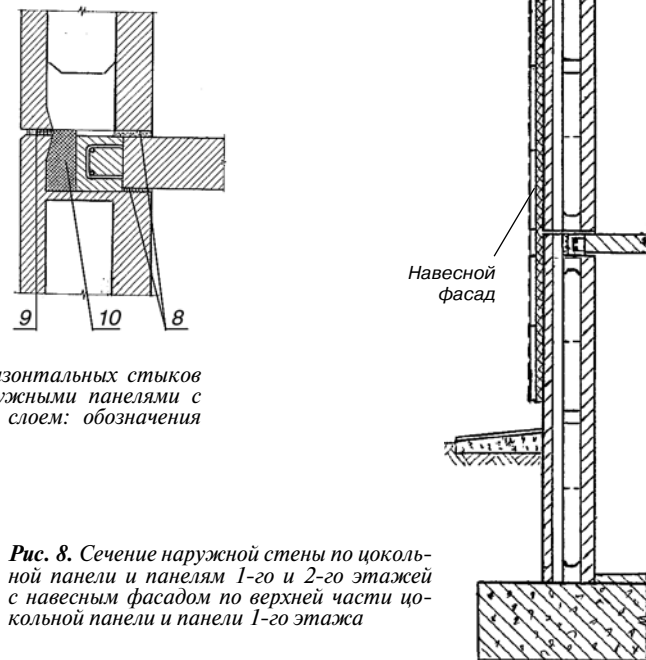


Рис. 8. Сечение наружной стены по цокольной панели и панелям 1-го и 2-го этажей с навесным фасадом по верхней части цокольной панели и панели 1-го этажа

ля напротив ребер наружного слоя. В этом случае дискретные связи будут расположены между ребрами. Ребра могут иметь вуты: либо в нижней части, либо в верхней, либо и в нижней и в верхней (рис. 4). Наличие вутов благоприятно влияет на распределение усилий между элементами трехслойной панели.

Благодаря перераспределению усилий между внутренним и наружным слоями, превращению с помощью выше-названных конструктивных мероприятий наружного слоя в несущий нагрузка на внутренний слой уменьшается. Это позволяет увеличить несущую способность панели либо толщину теплозащитного слоя за счет уменьшения толщины внутреннего железобетонного. В ряде случаев уменьшение толщины внутреннего слоя в свою очередь позволит уменьшить величину эксцентриситета от опирания плит перекрытий.

Вариант 3. Цокольная трехслойная стеновая панель с внутренним и наружным несущими слоями. Из наружных стеновых панелей наиболее нагруженными являются цокольные. Трехслойные наружные стеновые па-

нели позволяют создать необходимый тепловой режим в цокольном этаже. При этом в отличие от рядовых наружных стеновых панелей к бетону наружного слоя цокольных панелей предъявляются повышенные требования по прочности, морозостойкости, водонепроницаемости. На цокольную панель действует боковое давление грунта, увеличивающееся при складировании на этом грунте материалов, проезде или стоянке спецавтотранспорта. Технологи знают, что для обеспечения необходимой степени морозостойкости недостаточно только подобрать соответствующий состав бетона. Необходимо еще и определенный тепловой режим для его твердения – не более 45–50°C. Поэтому форму с наружной цокольной стеновой панелью нельзя отправлять в одну пропарочную камеру вместе с рядовыми панелями.

Необходимо, чтобы наружный слой трехслойной стеновой панели воспринимал кроме бокового давления грунта и часть вертикальной нагрузки от вышележащих этажей. Это позволило бы более равномерно распределить нагрузку по конструкции фундамента и уменьшить концентрацию

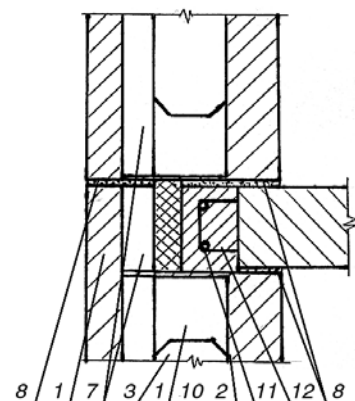


Рис. 9. Вариант исполнения горизонтального стыка между панелями цокольного и 1-го этажей с наружным и внутренним несущими слоями. Навесной фасад условно не показан: 1 – наружный несущий слой; 2 – внутренний несущий слой; 3 – утеплитель; 4 – связи; 6 – вуты; 7 – ребра; 8 – растворный шов; 9 – гидроизоляционный участок; 10 – утепляющий вкладыш; 11 – монолитный железобетонный участок с непрерывной горизонтальной арматурой; 12 – тепловые выпуски из плит перекрытия

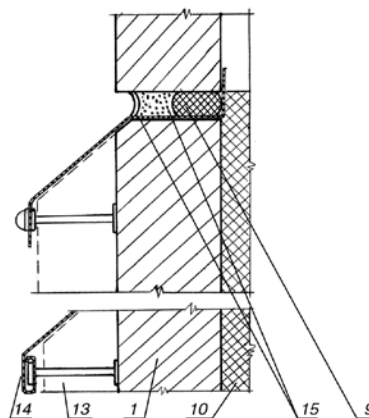


Рис. 10. Фрагмент стыка между панелями 1-го этажа с наружным и внутренним несущими слоями и рядовой панелью наружной стены 2-го этажа с внутренним несущим слоем (см. рис. 8) при наличии навесного фасада по наружным поверхностям стеновых панелей 1-го и цокольного этажей: 1 – наружный несущий слой; 9 – гидроизоляционный участок; 10 – утепляющий вкладыш; 13 – навесной фасад; 14 – фартур; 15 – герметизирующая мастика

напряжений, уменьшить расход материалов. Цокольная панель, частично находящаяся ниже отметки планировочной засыпки, находится в неравномерных температурных условиях. Нижняя часть панели в отличие от верхней испытывает незначительные температурные деформации. И в целом температурная деформация наружного слоя цокольной панели в вертикальном направлении меньше, чем у наружного слоя рядовой панели. Это позволяет не делать горизонтальный температурный шов между наружными слоями цокольной панели и панели 1-го этажа (патент на полезную модель № 100785. Трехслойная стеновая панель / В.В. Данель, А.Р. Соколов, И.С. Муратова. Зарегистрировано 27.12.2010; патент на полезную модель № 100790. Трехслойная стеновая панель / В.В. Данель, А.Р. Соколов, И.С. Муратова. Зарегистрировано 27.12.2010). Если необходимо полностью исключить попадание влаги через горизонтальные стыки наружных слоев и одновременно обеспечить полную передачу усилий от верхнего наружного слоя на нижний, можно использовать стык, показанный на рис. 5 и 6 (патент на полезную модель № 104579. Стыковое соединение трехслойных стеновых панелей / В.В. Данель. Зарегистрировано 20.05.2011). Так как наружный слой цокольной трехслойной стеновой панели воспринимает боковое давление грунта, его целесообразно усилить вертикальными ребрами.

На рис. 5 показано поперечное сечение наружной стены по цокольной панели и панелям 1-го и 2-го этажей. Цокольная панель выполнена по одной из схем на рис. 4 со следующими отличиями: отсутствует оконный проем (или есть небольшой); ребра равномерно распределены по всему полю панели.

На рис. 6 показаны три варианта исполнения горизонтального стыка цокольной панели с наружным и внутренним несущими слоями с рядовой панелью наружной стены 1-го этажа с внутренним несущим слоем (рис. 5) (патент на по-

лезную модель №104579. Стыковое соединение трехслойных стеновых панелей / В.В. Данель. Зарегистрировано 20.05.2011; патент на изобретение № 2478156. Стыковое соединение трехслойных стеновых панелей / В.В. Данель. Зарегистрировано 27.03.2013. Бюл. № 9). Варианты горизонтальных стыков между рядовыми наружными панелями 1-го и 2-го этажей и выше с внутренним несущим слоем показаны на рис. 7 (рис. 5) [1–3].

На рис. 8 приведено поперечное сечение наружной стены по цокольной панели и панелям 1-го и 2-го этажей с навесным фасадом по верхней части цокольной панели и панели 1-го этажа. Цокольная панель выполнена по одной из схем на рис. 3 со следующими отличиями: отсутствует оконный проем (или есть небольшой) и ребра распределены по всему полю панели. Панель 1-го этажа выполнена по одной из схем на рис. 3. Со 2-го этажа и выше – рядовые панели с внутренним несущим слоем.

На рис. 9 показан вариант исполнения горизонтального стыка между панелями цокольного и 1-го этажа с наружным и внутренним несущими слоями (рис. 8).

На рис. 10 показан фрагмент исполнения горизонтального стыка между панелями 1-го этажа с наружным и внутренним несущими слоями и рядовой панелью наружной стены 2-го этажа с внутренним несущим слоем (рис. 8) при наличии навесного фасада по наружным поверхностям стеновых панелей 1-го и цокольного этажей. Конструкция навесного фасада на рисунке условно не показана.

При грамотном исполнении конструкций цокольного и 1-го этажей дополнительным плюсом к повышению спроса на жилую и нежилые площади, уменьшению температурных деформаций и теплопотерь [3], повышению несущей способности, срока эксплуатации может быть большая выразительность крупнопанельного здания.

Список литературы

1. Данель В.В. Стык наружных стеновых панелей с монолитным железобетонным поясом // *Жилищное строительство*. 2013. № 7. С. 12–13.
2. Данель В.В. Способ повышения несущей способности наружных трехслойных стеновых панелей // *Жилищное строительство*. 2013. № 12. С. 5–8.
3. Федосов С.В., Ибрагимов А.М., Гнедина Л.Ю. Проблемы трехслойных ограждающих конструкций // *Жилищное строительство*. 2012. № 7. С. 9–12.

References

1. Danel V. V. Styk of external wall panels with a monolithic ferroconcrete belt. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 7, pp. 12–13. (In Russian).
2. Danel V. V. Way of increase of bearing ability of external three-layer wall panels. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 12, pp. 5–8. (In Russian).
3. Fedosov S. V., Ibragimov A.M., Gnedina L.Yu. Problems of three-layer protecting designs. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 7, pp. 9–12. (In Russian).

23 - 26 сентября

Официальный сайт выставки: www.stroybvk.ru

УФА-2014

ФОРУМ УРАЛСТРОЙИНДУСТРИЯ

XXIV международная выставка

- ◆ архитектурное и инженерное проектирование
- ◆ гражданское и промышленное строительство
- ◆ строительная техника, конструкции, оборудование, инструмент
- ◆ строительные и отделочные материалы, оборудование для их производства
- ◆ ресурсосберегающие материалы, оборудование, технологии
 - ◆ оборудование зданий и сооружений
 - ◆ инженерные сети: водо-, тепло-, газо-, электроснабжение, вентиляция, кондиционирование, отопление, канализация
 - ◆ малоэтажное и коттеджное строительство
 - ◆ быстровозводимые и мобильные здания и сооружения
 - ◆ ландшафтная архитектура, дизайн помещений
 - ◆ недвижимость
 - ◆ кредитование, лизинг
 - ◆ экология в строительстве
 - ◆ безопасность труда. спецодежда

Место проведения:
ВАНХ ЭКСПО
ул. Менделеева, 158

БВК БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

Тел./факс: (347) 253-14-33, 241-74-19, 253-38-00,
e-mail: stroy@bvkexpo.ru, www.bvkexpo.ru

Полезные книги для специалистов



Энергоэффективность и теплозащита зданий

Беляев В.С., Граник Ю.Г., Матросов Ю.А.

Учебное пособие. М.: АСВ, 2014. 400 с.

Рассмотрены аспекты энергоэффективности и тепловой защиты гражданских зданий, а также здания с эффективным использованием тепловой теплоэффективные ограждающие конструкции, нетрадиционные средства экономии тепловой энергии, методы улучшения теплового и

воздушного режимов помещений.

Даны технические решения систем воздушно-лучистого отопления, утилизации тепла уходящего воздуха, наружных стен, совмещенных с вен-тиляционными устройствами, гелиоустановок, тепловых насосов, ветряных двигателей.

Рассмотрены особенности проектирования энергоэкономичных новых и эксплуатируемых жилых зданий, включая архитектурные и объемно-планировочные решения.

Отдельная глава посвящена учету влияния воздухообмена на тепловой и воздушный режимы здания.

Приведены новые данные по методам теплотехнических расчетов в соответствии с современными нормативными требованиями, в том числе примеры расчетов влажностного режима наружных стен с вентилируемым воздушным зазором.

Использование учебного пособия позволит правильно и более оперативно выбрать техническое решение, имеющее высокую степень энергоэффективности и теплозащиты.

Книга предназначена для широкого круга специалистов-инженеров, занимающихся вопросами проектирования зданий, а также преподавателей, аспирантов и студентов вузов строительного профиля.



Методики расчетов теплотехнических характеристик энергоэкономичных зданий

Беляев В.С.

Учебное пособие. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов 2014. 272 с.

Представлены современные методы теплотехнических расчетов энерго-экономичных гражданских зданий.

Рассмотрены особенности технических решений и методы теплотехнических расчетов элементов энергоэкономичных наружных ограждений с рекуперацией как трансмиссионного, так и вентиляционного тепла. Даны результаты исследований и анализ теплового эффекта таких конструкций и систем.

Приведены основы теории, результаты и методы теплотехнических расчетов и исследований теплопередачи через элементы наружных стен при продольной и поперечной фильтрации воздуха, методы расчетов влажностного режима наружных стен с вентилируемым воздушным зазором.

Методы теплотехнических расчетов даны в соответствии с новыми нормативными требованиями, сопровождаются примерами.

Использование учебного пособия позволит правильно и более оперативно рассчитать и выбрать техническое решение, имеющее высокую степень энергоэффективности и теплозащиты.

Книга предназначена для широкого круга специалистов-инженеров, занимающихся вопросами проектирования зданий, а также преподавателей, аспирантов и студентов вузов строительного профиля.

Для приобретения указанных книг обращаться к Беляеву Владимиру Сергеевичу.

Телефоны: 8(499)976-40-35, 8(499)254-67-53 E-mail: gabreel4@li.ru

129337, Москва, Ярославское ш., 26, отдел реализации оф.511

Тел./ факс: (499)183-56-83 E-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru>

УДК 624:343.148.6

А.М. ИБРАГИМОВ¹, д-р техн. наук, советник РААСН; А.С. СЕМЕНОВ², канд. техн. наук

¹ Ивановский государственный политехнический университет (153037, г. Иваново, ул. 8 марта, 20)

² Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых (600000, г. Владимир, ул. Горького, 87)

Зависимость между физическим износом и техническим состоянием элементов зданий жилищного фонда

При проведении строительно-технических экспертиз ставятся задачи по определению одновременно технического состояния и физического износа элементов зданий жилищного фонда. С появлением новых строительных материалов и разработкой новых нормативных документов вопросы определения зависимости между техническим состоянием и физическим износом элементов зданий жилищного фонда требуют исследования. Действующая в настоящее время методика определения физического износа жилых зданий не позволяет определить техническое состояние элементов. Предложена укрупненная шкала определения физического износа и технического состояния элементов зданий, что можно использовать при обследовании несущих, ограждающих конструкций и элементов отделки.

Ключевые слова: обследование, техническое состояние, физический износ, зависимость, укрупненная шкала.

A.M. IBRAGIMOV¹, Doctor of Sciences (Engineering), Adviser of RAABS; A.S. SEMENOV², Candidate of Sciences (Engineering)

¹ Ivanovo State Polytechnical University (20, 8 Marta Street, Ivanovo, 153037, Russian Federation)

² Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs (87, Gorkogo Street, Vladimir, 600000, Russian Federation)

Dependence between Physical Deterioration and Technical Conditions of Elements of Housing Stock Buildings

In the course of building-technical examinations the tasks of simultaneous determination of technical conditions and physical deterioration of elements of housing stock buildings are specified. The emergence of new building materials and development of new normative documents demand the study of problems of determining the dependence between technical conditions and physical deterioration of elements of housing stock buildings. The current methodology for determining the physical deterioration of residential buildings does not make it possible to define the physical condition of elements. An enlarged scale for determining the physical deterioration and technical condition of buildings elements which can be used for inspection of bearing, enclosing structures and finishing elements is offered.

Keywords: inspection, technical condition, physical deterioration, dependence, enlarged scale.

Техническому обследованию зданий и сооружений посвящены работы многих ученых. Нормативная документация в данной области совершенствуется, в частности в дополнение к ВСН 57-88(р) «Положение по техническому обследованию жилых зданий» [1] и СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» [2] ранее был разработан ГОСТ Р 53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [3], который с 2014 г. заменен на ГОСТ 318937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [4].

С появлением новых строительных материалов и разработкой новых нормативных документов вопросы определения зависимости между техническим состоянием и физическим износом элементов зданий жилищного фонда требуют дальнейшего исследования.

Методика определения физического износа ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий» [5] содержит частные признаки физического износа по элементам зданий жилищного фонда без определения категории технического состояния.

Действующие общероссийские [2, 4] и территориальные нормативы по техническому обследованию зданий и сооружений – ТСН 13-311-01 «Обследование и оценка техни-

ческого состояния зданий и сооружений» [6], МГСН 2.10-04 «Предпроектные комплексные обследования и мониторинг зданий и сооружений для восстановления, реконструкции и капитального ремонта» [7] также не содержат зависимости между техническим состоянием и физическим износом отдельных элементов зданий.

Для исследования зависимости между физическим износом и техническим состоянием элементов зданий жилищного фонда приведем определения основных понятий из действующих нормативных документов.

В соответствии с [4] физический износ здания – это ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей, вызванное объективными причинами.

Категория технического состояния – это степень эксплуатационной пригодности несущей строительной конструкции или здания в целом, а также грунтов их основания, установленная в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик [4]. В настоящее время приняты четыре категории технического состояния строительных конструкций, включая грунты основания, или здания в целом, а именно:

- нормативное техническое состояние;
- работоспособное техническое состояние;
- ограниченно-работоспособное техническое состояние;
- аварийное техническое состояние.

Таблица 1

Физический износ, %	Техническое состояние	Характеристика состояния
0–20	Хорошее	Повреждений нет; имеются устранимые при текущем ремонте мелкие дефекты
21–40	Удовлетворительное	Конструктивный элемент пригоден для эксплуатации; требуется капитальный ремонт
41–60	Неудовлетворительное	Эксплуатация возможна при условии значительного капитального ремонта
61–80	Ветхое	Требуется проведение охранных мероприятий и полная замена элемента
81–100	Негодное	Разрушенное состояние; имеются фрагменты элемента

Из самого определения понятия категории технического состояния, приведенного в [4], следует, что его необходимо использовать исключительно для оценки несущих строительных конструкций, грунтов основания и здания в целом в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик. Необходимо отметить, что в практике технического обследования зданий жилищного фонда ставятся задачи по установлению категории технического состояния как несущих строительных конструкций, так, ограждающих строительных конструкций и инженерных систем. В связи с этим представляется целесообразным расширить область применения определения категории технического состояния с целью его использования для установления категории технического состояния ограждающих строительных конструкций и инженерных систем.

Рассмотрим более подробно эксплуатационные характеристики элементов зданий на примере жилищного фонда.

Под эксплуатационными характеристиками элемента зданий жилищного фонда понимается свойство или совокупность свойств, которые характеризуют его пригодность, возможность выполнять первоначально заданные функции.

К основным эксплуатационным характеристикам несущих строительных конструкций относятся несущая способность (прочность), устойчивость, трещиностойкость и деформативность.

К основным эксплуатационным характеристикам ограждающих конструкций здания относятся водонепроницаемость, воздухопроницаемость, паропроницаемость, звукопроницаемость.

Основными эксплуатационными характеристиками элементов отделки зданий являются внешний вид, износостойкость, пожарная и экологическая безопасность, морозостойкость.

Физический износ элементов зданий жилищного фонда определяется по методике [5], согласно которой выявленные в ходе обследования повреждения элементов здания сопоставляются по качественному и количественному значению с признаками физического износа, которые разделены на несколько групп с интервалом значения физического износа 10–20%. При этом определение величины физического износа элемента здания жилищного фонда предусматривается без установления категории его технического состояния.

До введения в действие [5] использовалась методика определения физического износа гражданских зданий,

Таблица 2

Физический износ, %	Категория технического состояния	Характеристика состояния
0–20	Нормативное	Повреждений нет или имеются устранимые при текущем ремонте мелкие повреждения
21–40	Работоспособное	Конструктивный элемент пригоден для эксплуатации; требуется текущий ремонт
41–70	Ограниченно-работоспособное	Эксплуатация возможна при условии значительного капитального ремонта
Более 70	Аварийное	Требуется проведение охранных мероприятий и полная замена элемента

утвержденная Приказом № 404 от 27.10.1970 г. по министерству коммунального хозяйства РСФСР [8].

В соответствии с последней физической износом элементов здания жилищного фонда определялся по укрупненной шкале физического износа (табл. 1), которая позволяла определить категорию технического состояния элемента.

Укрупненная шкала физического износа включала в себя пять категорий технического состояния объекта. Отличительной ее особенностью является возможность определения физического износа для элементов, которые отсутствуют в действующей методике [5].

Среди недостатков укрупненной шкалы определения физического износа является градация технических состояний на пять категорий, что не соответствует принятому количеству в настоящее время.

На практике укрупненная шкала физического износа широко используется как оценщиками при определении рыночной стоимости объекта, так и экспертами при решении вопросов, связанных с определением физического износа и технического состояния элементов здания в рамках строительно-технических экспертиз. Кроме того, перед экспертами при проведении строительно-технических экспертиз ставятся задачи по определению одновременно технического состояния и величины физического износа отдельных конструктивных элементов, что подтверждает актуальность совершенствования укрупненной шкалы.

Как указывалось выше, согласно [4] в настоящее время принято четыре категории технического состояния элемента здания.

В связи с этим для приведения широко используемой на практике укрупненной шкалы физического износа (табл. 1) в соответствие с действующими требованиями [4] необходимо сократить количество категорий технических состояний и изменить их наименование. Измененную таким образом укрупненную шкалу физического износа рекомендуется внести в нормативную документацию [5] при ее последующей актуализации.

Предлагаемая шкала определения физического износа (табл. 2) позволяет установить категорию технического состояния элемента в соответствии с действующей терминологией [4]. Предложенную укрупненную шкалу определения физического износа элементов зданий жилищного фонда можно использовать при обследовании несущих, ограждающих конструкций и элементов отделки с определением категории их технического состояния.

Таким образом, установленная зависимость создает единый подход для одновременного определения категории технического состояния и величины физического износа элементов зданий, включая вновь разработанные из новых материалов элементы, которые отсутствуют в действующей методике [5].

Список литературы

1. ВСН 57-88(р) Положение по техническому обследованию жилых зданий. М.: ГУП ЦПП, 2003. 92 с.
2. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: ГУП ЦПП, 2003. 73 с.
3. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2010. 65 с.
4. ГОСТ 31837-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2014. 74 с.
5. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. М.: Прейскурантиздат, 1988. 72 с.
6. ТСН 13-311-01 Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений. Самара: Администрация Самарской области, 2001. 36 с.
7. МГСН 2.10-04 Предпроектные комплексные обследования и мониторинг зданий и сооружений для восстановления, реконструкции и капитального ремонта. М.: ГУП ЦПП, 2004. 116 с.
8. Методика определения физического износа гражданских зданий, утв. Приказом № 404 от 27.10.1970 г. по Министерству коммунального хозяйства РСФСР. М.: Печатник, 1970. 42 с.

References

1. VSN 57-88(p) Situation on technical inspection of residential buildings. Moscow: State Unitary Enterprise TsPP, 2003. 92 p. (In Russian).
2. SP 13-102-2003 Rules of inspection of bearing construction designs of buildings and constructions. Moscow: State Unitary Enterprise TsPP, 2003. 73 p. (In Russian).
3. GOST R 53778-2010 Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of technical condition. Moscow: Standartinform, 2010. 65 p. (In Russian).
4. GOST 31837-2011 Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of technical condition. Moscow: Standartinform, 2014. 74 p. (In Russian).
5. VSN 53-86(p) Rules for assessing physical deterioration of residential buildings. Moscow: Preyskurantizdat, 1988. 72 p. (In Russian).
6. TSN 13-311-01 Inspection and assessment of technical condition of buildings and constructions. Samara: Administration of the Samara region, 2001. 36 p. (In Russian).
7. MGSN 2.10-04 Predesign complex inspections and monitoring of buildings and constructions for restoration, reconstruction and capital repairs. Moscow: State Unitary Enterprise TsPP, 2004. 116 p. (In Russian).
8. Technique of determination of physical wear of civil buildings. The order No. 404 of 27.10.1970 on the ministry of municipal services of RSFSR. Moscow: Printer, 1970. 42 p. (In Russian).

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российская академия архитектуры и строительных наук
Кабинет Министров Республики Татарстан
Академия наук Республики Татарстан
Министерство образования и науки Республики Татарстан
Министерство строительства, архитектуры и ЖКХ
Республики Татарстан
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

VIII Академические чтения РААСН – Международная научно-техническая конференция



«Механика разрушения строительных материалов и конструкций»



18-20 сентября 2014 г. г. Казань

Основные научные направления

- Фундаментальные закономерности механики разрушения строительных материалов и конструкций.
- Механика свойств бетона, железобетона и других строительных материалов, закономерности разрушения конструкций.
- Современные методы исследования и моделирования механизмов разрушения строительных композитов и конструкций.
- Разрушение строительных материалов и конструкций под воздействием эксплуатационных факторов.
- Структурные факторы управления сопротивлением разрушению строительных композитов, наномодифицирование структуры и повышение сопротивления разрушению.

Адрес Оргкомитета:

420043, г. Казань, ул. Зелёная, 1, КГАСУ, УНИД, к. 1-78.
Контактные тел.: (843) 510-46-05, 510-46-39, 238-37-71,
510-46-36, 238-37-91
Факс: (843) 236-26-88
e-mail: nauka-info@kgasu.ru, patent@kgasu.ru,
irina-starovoitova@yandex.ru
сайт конференции: www.RAASN8.kgasu.ru

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 до 500 знаков 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/>