



Научно-технический журнал
Издается с 2003 года.
Выходит шесть раз в год.

№3 (65) 2016
(май-июнь)

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный
комплекс» (ФГБОУ ВО «Госуниверситет – УНПК»)

Редакционный совет:

Голенков В.А. д.т.н., проф., председатель
Радченко С.Ю. д.т.н., проф.,
зам. председателя
Борзенков М.И. к.т.н., доц., секретарь
Астафичев П.А. д.ю.н., проф.
Иванова Т.Н. д.т.н., проф.
Киричек А.В. д.т.н., проф.
Колчунов В.И. д.т.н., проф.
Константинов И.С. д.т.н., проф.
Новиков А.Н. д.т.н., проф.
Попова Л.В. д.э.н., проф.
Степанов Ю.С. д.т.н., проф.

Главный редактор:

Колчунов В.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Заместители главного редактора:

Данилевич Д.В. к.т.н., доц.
Колесникова Т.Н. д. арх., проф.
Коробко В.И. д.т.н., проф.

Редколлегия:

Бок Т. д.т.н., проф. (Германия)
Бондаренко В.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Гордон В.А. д.т.н., проф.
Емельянов С.Г. советник РААСН, д.т.н., проф.
Карпенко Н.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Клюева Н.В. советник РААСН, д.т.н., проф.
Коробко А.В. д.т.н., проф.
Король Е.А. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Римшин В.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Сергейчук О.В. д.т.н., проф. (Украина)
Серпик И.Н. д.т.н., проф.
Тамразян А.Г. д.т.н., проф.
Тур В.В. д.т.н., проф. (Белоруссия)
Турков А.В. д.т.н., проф.
Федоров В.С. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Чернышов Е.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Шах Р. д.т.н., проф. (Германия)

Ответственный за выпуск:

Савин С.Ю. к.т.н.

Адрес редакции:

302006, Россия, г. Орел,
ул. Московская, 77
Тел.: +7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе по
надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство:
ПИ № ФС77-47354 от 03 ноября 2011 г.

Подписной индекс **86294** по объединенному
каталогу «Пресса России»

© ФГБОУ ВО «Госуниверситет – УНПК», 2016

Содержание

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

Михеев Д.В. О системе технического регулирования в строительстве	5
Желдаков Д.Ю. Сегментный метод определения прочности ограждающей конструкции	10
Карпенко С.Н., Чепизубов И.Г. Усовершенствование перехода от диаграмм деформирования арматуры к диаграммам деформирования механических соединений арматуры	18
Колчунов Вл. И., Сальников А.С. Экспериментальные исследования трещинообразования железобетонных конструкций при кручении с изгибом	24
Ламичхане Г.П. Модернизация существующего здания с железобетонным каркасом в непале с учетом нагрузок от сейсмически	33
Мамин А.Н., Штунцайгер И.Е., Денисов А.С. Вопросы прогнозирования изменений проектного состояния эксплуатируемых объектов при землетрясении	42
Микерего Эммануэль О некоторых характеристиках достоверных численных моделей монолитных каркасных зданий с кирпичными стенами заполнения	49
Помелов В.Ю., Грибач Д.С., Чуринов П.С. Методы макетирования высотных и уникальных зданий и сооружений для проведения аэродинамических испытаний	56
Смирнов В.А. Расчет и моделирование демпфирующих устройств фундамента прецизионного испытательного стенда	61
Тамразян А.Г., Фаликман В.Р. Основные требования к проектированию железобетонных конструкций по модельному кодексу фиб.	71

Безопасность зданий и сооружений

Овсянников С.Н., Околичный В.Н., Балдин И.В., Бубис А.А. Натурные статические и сейсмические испытания фрагмента здания, построенного по системе «КУПАСС»	78
--	----

Архитектура и градостроительство

Алёшкин В.М., Щиржецкий Х.А., Сухов В.Н. Проблематика современного состояния акустического проектирования молельных залов мечетей	88
--	----

Строительные материалы и технологии

Безруков А.Ю., Верховский А.А., Ройфе В.С. Техническое регулирование в области фасадных светопрозрачных конструкций	96
Бодров М.В., Кузин В.Ю., Морозов М.С. Повышение энергетической эффективности теплового контура многоквартирных жилых домов при капитальном ремонте	103
Ершов И.О. Методические вопросы расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, находящихся ниже уровня земли	109
Король Е.А., Шушунова Н.С. Современные технологии реконструкции кровельных покрытий в экостроительстве	114
Кочкин А.А., Шубин И.Л., Кочкин Н.А. О прохождении и излучении звука в слоистых вибродемпфированных элементах	119
Кузнецова Н.В., Селезнев А.Д., Яковлев Д.А. Исследование влияния технологических параметров смешивания компонентов на физико-технические характеристики древесно-цементных материалов	126

Журнал «Строительство и реконструкция» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора технических наук.

Мазур В.А. Формирование технологической структуры процессов преобразования ограждающих конструкций при реконструкции и рефункционализации промышленных зданий.....	130
Неклюдов А.Ю., Жабелов А.Ж., Савина А.В., Астанина О.В., Маркелов А.О., Степаненко Ю.Е. Угловая поправка при определении трансмиссионных тепловых потерь с помощью элементного подхода.....	136
Рогачев К.В. Влияние высоких температур на сцепления стальной фибры с цементно-песчаной матрицей и физико-механические свойства фибробетона.....	143
Совер-Каспшик И., Уйма А. Возможности стимулирования энергоэффективного строительства в социальном маркетинге.....	152
Третьяков В.И., Богомолова Л.К., Гузова Э.С. Физико-механические критерии оценки долговечности уплотнительных прокладок для оконных, дверных блоков и структурного остекления фасадов.....	165



Scientific and technical journal
The journal is published since 2003.
The journal is published 6 times a year.

№3 (65) 2016
(May-June)

BUILDING AND RECONSTRUCTION

The founder – federal state budgetary educational institution of the higher vocational training
«State University – Educational-Science-Production Complex»
(State University ESPC)

Editorial council:

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.,
president
Radchenko S.Y. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president
Borzenkov M.I. Candidat Sc. Tech.,
Assistant Prof.
Astafichev P.A. Doc. Sc. Law., Prof.
Ivanova T.N. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
Novikov A.N. Doc. Sc. Tech., Prof.
Popova L.V. Doc. Ec. Tech., Prof.
Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief assistants:

Danilevich D.V. Candidat Sc. Tech., Assis-
tant Prof.
Kolesnikova T.N. Doc. Arc., Prof.
Korobko V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editorial committee

Bock T. Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)
Bondarenko V.M. Doc. Sc. Tech., Prof.
Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.
Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof.
Karpenko N.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kljueva N.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Korobko A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Korol E.A. Doc. Sc. Tech., Prof.
Rimshin V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Sergeyчук O.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Ukraine)
Serpik I.N. Doc. Sc. Tech., Prof.
Tamrazyan A.G. Doc. Sc. Tech., Prof.
Tur V.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belorussia)
Turkov A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Fyodorov V.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
Chernyshov E.M. Doc. Sc. Tech., Prof.
Schach R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)

Responsible for edition:

Savin S.Yu. Candidat Sc. Tech

The edition address: 302006, Orel,
Street Moscow, 77
+7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: qantc@ostu.ru

Journal is registered in Russian federal service
for monitoring communications, information
technology and mass communications
The certificate of registration:
III № ФС77-47354 from 03.04.11 г.

Index on the catalogue of the «Pressa Rossii»
86294

© State University ESPC, 2016

Contents

Theory of engineering structures.

Building units

Mikheyev D. About system of technical regulation in construction	5
Zheldakov D. Segment method of definition of durability of the separating building element.....	10
Karpenko S., Chepizubov I. Improving the transition from diagrams of reinforcement deformation to the diagrams of reinforcement mechanical connections of deformation	18
Kolchunov V.I., Salnikov A. Experimental studies of crack formation reinforced concrete constructions in torsion with bending	24
Lamichhane G.P. Seismic retrofitting of existing rc building in Nepal.....	33
Mamin A., Stuntsaiger I., Denisov A. Questions of project condition changes forecasting for the operated objects in case of the earthquake.....	42
Mikerego Emmanuel Some characteristics of the reliable numerical models of monolithic frame buildings with masonry walls infill.....	49
Pomelov V., Gribach D., Churin P. Methods for prototyping high-rise and unique buildings and structures for carrying out aerodynamic tests	56
Smirnov V. The computation and modeling of damping devices of the foundation of precision test stand.....	61
Tamrazyan A., Falikman V. Basic requirements for the design of concrete structures on the fib model code.....	71

Building and structure safety

Ovsyannikov S., Okolicny V., Baldin I., Bubis A. Full-scale static and seismic testing of a fragment of a building constructed in «COPASS».....	78
--	----

Architecture and town-planning

Aleshkin V., Schirjetsky Ch., Soukhov V. Issues of current state of mosques' praying halls acoustic design.....	88
--	----

Construction materials and technologies

Bezrukov A., Verchovskiy A., Royfe V. Technical regulation in the field facade of translucent structures	96
Bodrov M., Kuzin V., Morozov M. Improving the energy efficiency of the thermal circuit of apartment buildings during overhaul	103
Ershov I. Methodological issues of calculation of thermal resistance of underground enclosing structures	109
Korol E., Shushunova N. Modern technologies of roofing reconstruction in green building.....	114
Kochkin A., Shubin I., Kochkin N. On the passage and radiation of sound in layered vibrodamping elements.....	119
Kuznecova N., Seleznev A., Yakovlev D. Study of influence of technological parameters of mixing of components on physicotchnical characteristics of wood-cement materials.....	126
Mazur V. Formation of the technological process structure transformation of walling in the reconstruction and refunctionalization industrial buildings.....	130

Nekludov A., Zhabelov A., Savina A., Astanina O., Markelov A., Stepanenko Yu. Angle correction for determining the transmission heat losses by elemental approach.....	136
Rogachev K. Effect of high temperature on the adhesion steel fiber with cement-sandy mortar and its physical and mechanical properties.....	143
Sowier-Kasprzyk I., Ujma A. The possibility of encouraging energy efficiency construction in social marketing.....	152
Tretiakov V., Bogomolova L., Guzova E. Physicomechanical criteria for assessment of durability of sealing laying for window, door blocks and the structural glazing of facades.....	165

УДК 69.003

МИХЕЕВ Д.В.

О СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Формирование системы строительного нормирования было остановлено в 2002 году Федеральным законом № 184-ФЗ «О техническом регулировании», запретившим не только разрабатывать новые нормы по прежней системе, но и вносить изменения в действующие документы.

Большие надежды возлагались на введенный в 2010 году технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» (384-ФЗ). Но ситуация еще более усугубилась. После вступления в силу технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» следовало приступить к созданию новой нормативно-технической базы строительства, отвечающей этому закону. Но для этого не оказалось ни времени, ни денег.

Кроме прочего, в формирование отечественной нормативно-технической базы вмешались процессы, связанные с техническим регулированием в рамках Евразийского экономического союза. Стало необходимым, чтобы российские нормы соответствовали принципам технического регулирования в этом союзе

Подготовка нормативно-технических документов современного уровня требует серьезного объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Начать надо с разработки Перечней нормативных документов первой части (организация и управление), второй части (нормы проектирования) и третьей части (правила производства и приемки работ). Затем можно приступать к работе над самими документами.

Ключевые слова: система; строительное нормирование; проблемы; решения.

До 1994 года структура нормативных документов в строительстве регламентировалась СНиП 1.01.01-82 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения». К этому времени назрела необходимость привести нормативную базу строительства в соответствие с условиями перехода к рыночной экономике. В мае 1994 года постановлением Госстроя России вводится новый СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения». В этом документе впервые в отечественном нормировании были сформулированы современные принципы, на которых должна строиться новая нормативная база строительства. Эта модель ориентирована не на технические, а на эксплуатационные характеристики объекта регулирования и принята за основу во многих странах. Этот же принцип был заложен в основу СНиП 10-01-94.

За несколько лет на основе СНиП 10-01-94 были разработаны нормы по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, по пожарной безопасности в строительстве, по теплотехнике и некоторые другие. Формирование системы строительного нормирования было остановлено в 2002 году Федеральным законом № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1], запретившим не только разрабатывать новые нормы по прежней системе, но и вносить изменения в действующие документы.

Закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1] устанавливает, что технические требования ко всей продукции, включая объекты строительства, должны назначаться техническими регламентами, утверждаемыми в качестве федеральных законов. В результате этого нормативная база проектирования и строительства фактически перестала существовать, т.к. должна была быть заменена документами, которых еще не существовало.

В течение многих лет строительная общественность настаивала на том, что наша отрасль не может регулироваться, как обычное промышленное производство. В результате в закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1] было внесено более десятка изменений, касающихся строительства, но ситуация в итоге стала еще более запутанной. Чтобы как-то ее оправдать, СНиП объявили устаревшим, а все проблемы строительства стали связывать с этими «устаревшими» нормами.

Большие надежды возлагались на введенный в 2010 году технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» [4]. Но ситуация еще более усугубилась. Этот закон ввел в систему строительного нормирования Перечни обязательных и добровольных норм и Специальные технические условия (СТУ). Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» не распространялся на строительные материалы. Для них стали разрабатывать свой технический регламент, который так и не был принят. В результате техническое регулирование в промышленности строительных материалов отделилось от технического регулирования в строительстве. В промышленности стройматериалов по-прежнему действует основной нормативный документ - ГОСТ.

После вступления в силу технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» следовало приступить к созданию новой нормативно-технической базы строительства, отвечающей этому закону. Но, для этого не оказалось ни времени, ни денег. Ситуацию усугубила идея применять в России евро нормы (еврокоды). В результате с 2010 года запущен процесс актуализации и гармонизации (с евро нормами) прежних СНиП, которые в результате превратились в соответствующие Своды Правил (СП).

В спешке актуализированные СНиП (СП) имеют серьезные пробелы в части технического регулирования строительства новых видов зданий и сооружений (высотные здания, подземное строительство, строительство в районах вечной мерзлоты и повышенной сейсмичности и т.п.). Восполнять эти пробелы призваны локальные нормы - СТУ, разрабатываемые на один конкретный объект.

Дополнительную путаницу внесли списки «обязательных» и «добровольных» норм [2, 3]. Такие списки были утверждены в статусе официальных документов летом 2010 года. Естественно, что в эти списки вошли стандарты, которые на этот момент являлись действующими. Позднее были актуализированы и гармонизированы более сотни стандартов, которые оказались не легитимными, поскольку в списках значились их прежние версии. Все, что в эти списки не вошло, в соответствии с ФЗ-384 [4] нормативными документами не являлось. В результате все, что делалось по обновлению норм с июня 2010 г. по декабрь 2014 г. было не работающим. В декабре 2014 года появились новые списки, которые во второй раз провели некую границу в процессе создания норм для строительства, и процесс нормотворчества стартовал снова. Опять формируются списки стандартов, которые следует откорректировать, переработать или разработать заново [5].

Кроме прочего, в формировании отечественной нормативно-технической базы вмешались процессы, связанные с техническим регулированием в рамках Евразийского экономического союза. Стало необходимым, чтобы российские нормы соответствовали принципам технического регулирования в этом союзе.

Не решен вопрос обеспечения взаимосвязи и координации положений Федерального закона N384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и других смежных законодательных и нормативных правовых актов в области пожарной и промышленной безопасности, санитарно-эпидемиологических требований и др. Внедряются в практику новые технологии строительного проектирования, в частности, информационное моделирование (BIM). Возникли новые обстоятельства, связанные с международным сотрудничеством и интеграцией. Это тоже не учтено в актуализированных нормах.

Подготовка нормативно-технических документов современного уровня требует серьезного объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Начать

надо с разработки Перечней нормативных документов первой части (организация и управление), второй части (нормы проектирования) и третьей части (правила производства и приемки работ). Затем можно приступить к работе над самими стандартами.

Определенное время необходимо для апробации новшеств в реальном строительстве, что является обязательным условием для их включения в нормы. Для этого целесообразно возродить практику экспериментального строительства.

Понятно, что без участия государства решить эти задачи не реально. Прежде всего, нужны законодательные действия. Следует заменить технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» (ФЗ-384) техническим регламентом «Система нормативных документов в строительстве». Это устраним существующие ограничения и нестыковки и даст возможность [6-10]:

1. В целях стимулирования применения инновационных материалов, изделий и технологий

- устанавливать в нормах рекомендуемые способы решения задач обеспечения безопасности, в том числе давать рекомендации по применению конкретных видов материалов;
- применять любые другие материалы при наличии соответствующих доказательств их качеств;
- осуществлять процедуры подтверждения пригодности новых материалов, изделий и технологий по единым правилам;
- применять схемы декларирования с использованием собственных доказательств соответствия.

2. В целях сокращения административных барьеров

- устанавливать в нормах обязательные требования к эксплуатационным характеристикам зданий и сооружений только в форме задач по обеспечению безопасности без назначения способов решения этих задач;
- не устанавливать требований о применении только указанных конкретных видов материалов, изделий и технологий;
- не применять процедуру подтверждения пригодности к новым материалам, изделиям и технологиям, использование которых не влияет на безопасность в строительстве;
- осуществлять обязательное подтверждение соответствия строительных материалов, изделий и технологий только в форме декларирования.

Реализация этих принципов в нормах нового поколения обеспечит:

1. Необходимую свободу проектным и строительным организациям в выборе способов решения их задач;
2. Преодоление барьеров в применении новых материалов, изделий и технологий в строительстве;
3. Преодоление неоправданного недоверия к новым неизвестным материалам, изделиям и технологиям со стороны заказчиков, строителей, проектировщиков, органов экспертизы и надзора;
4. Принятие безопасных решений при применении новых материалов, изделий и технологий.
5. Возможность учитывать инновационные процессы и оперативно реагировать на вновь возникающие обстоятельства.
6. Учет и использование мирового опыта и знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [Текст] // Российская газета от 31 декабря 2002 г. N 245.
2. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» [Текст] // Российская газета от 3 июля 2015 г. N 144.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил» [Текст] // Российская газета от 1 декабря 2008 г. N 48 ст. 5608.
4. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Текст] // Российская газета от 31 декабря 2009 г. N 255.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. № 1521 «О перечне национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Текст] // Собрание законодательства Российской Федерации от 12 января 2015 г. N 2 ст. 465.
6. Интервью замглавы Минстроя России Елены Сиэрра "Российской газете" [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минстроя России. – URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/intervyu-zamglavy-minstroya-rossii-eleny-sierra-rossiyskoj-gazete/>
7. «Дом выдержит стандарт» [Текст] / Ольга Бухарова // Российская газета - Спецвыпуск №7001 от 07.08.2015 г.
8. Интервью Д. Михеева «Строительной газете», «В пределах нормы», 25.12.15 г. [Электронный ресурс] // Официальный сайт «Строительной газеты». – URL: <http://www.stroygaz.ru/expert/item/v-predelakh-normy>
9. В России появятся восемь новых строительных нормативов – Минстрой, 31.05.2016 г. [Электронный ресурс] // Официальный сайт газеты «Ведомости». – URL: <http://www.vedomosti.ru/realty/news/2016/05/30/642912-novich-stroitelnih-normativov>.
10. Началось сотрудничество ведущих технических комитетов, 5 мая 2016 г. [Электронный ресурс] // Официальный сайт «Строительной газеты». – URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/stroitelnyaya-gazeta-nachalos-sotrudnichestvo-vedushchikh-tekhnicheskikh-komitetov/>.

Дмитрий Владимирович Михеев

Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве,
г. Москва

К.э.н., директор.

E-mail: info@faufcc.ru

D. MIKHEYEV

ABOUT SYSTEM OF TECHNICAL REGULATION IN CONSTRUCTION

Formation of system of construction rationing has been stopped in 2002 by the Federal law No. 184-FZ "On technical regulation", forbidden not only to develop new norms on former system, but also to make changes to the existing documents.

Were laid great hopes on the technical regulations entered in 2010 "About safety of buildings and constructions" (3 84-FZ). But the situation was even more aggravated. After entry into force of technical regulations "About safety of buildings and constructions" it was necessary to start creation of the new normative and technical base of construction answering to this law. But for this purpose there was neither time, nor money.

Except other, the processes connected with technical regulation within the Euroasian economic union have interfered with formation of domestic normative and technical base. Became necessary that the Russian norms corresponded to the principles of technical regulation in this union

Preparation of normative and technical documents of modern level demands the serious volume of research and opytnok-design works (Research and development). It is necessary to begin with development of Lists of normative documents of the first part (the organization and management), the second part (norm of design) and the third part (the rule of production and acceptance of work). Then it is possible to get to work on standards.

Keywords: system; construction rationing; problems; decisions.

BIBLIOGRAPHY

1. Federal'nyy zakon ot 27.12.2002 № 184-FZ «O tekhnicheskoy regulirovaniy» [Tekst] // Rossiyskaya gazeta ot 31 dekabrya 2002 g. N 245.
2. Federal'nyy zakon ot 29 iyunya 2015 g. № 162-FZ «O standartizatsii v Rossiyskoy Federatsii» [Tekst] // Rossiyskaya gazeta ot 3 iyulya 2015 g. N 144.
3. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19 noyabrya 2008 g. № 858 «O poryadke raz-rabotki i utverzhdeniya svodov pravil» [Tekst] // Rossiyskaya gazeta ot 1 dekabrya 2008 g. N 48 st. 5608.
4. Federal'nyy zakon ot 30 dekabrya 2009 g. № 384-FZ «Tekhnicheskyy reglament o bezopasnosti zdanii i sooruzheniy» [Tekst] // Rossiyskaya gazeta ot 31 dekabrya 2009 g. N 255.
5. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 26 dekabrya 2014 g. № 1521 «O perechne natsional'nykh standartov i svodov pravil (chastey takikh standartov i svodov pravil), v rezul'tate primeneniya kotorykh na obyazatel'noy osnove obespechivayetsya soblyudeniye trebovaniy Federal'nogo zakona «Tekhnicheskyy reglament o bezopasnosti zdanii i sooruzheniy» [Tekst] // Sobraniye zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 12 yanvarya 2015 g. N 2 st. 465.
6. Interv'yu zamglavy Ministroya Rossii Yeleny Sierra "Rossiyskoy gazete" [Elektronnyy resurs] // Ofitsial'nyy sayt Ministroya Rossii. – URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/intervyu-zamglavy-minstroya-rossii-eleny-sierra-rossiyskoy-gazete/>
7. «Dom vyderzhit standart» [Tekst] / Ol'ga Bukharova // Rossiyskaya gazeta - Spetsvyпуск №7001 ot 07.08.2015 g.
8. Interv'yu D. Mikheyeva «Stroitel'noy gazete», «V predelakh normy», 25.12.15 g. [Elektronnyy re-surs] // Ofitsial'nyy sayt «Stroitel'noy gazety». – URL: <http://www.stroygaz.ru/expert/item/v-predelakh-normy>
9. V Rossii poyavyatsya vosem' novykh stroitel'nykh normativov – Ministroy, 31.05.2016 g. [Elektronnyy resurs] // Ofitsial'nyy sayt gazety «Vedomosti». – URL: <http://www.vedomosti.ru/realty/news/2016/05/30/642912-novykh-stroitelnykh-normativov>.
10. Nachalos' sotrudnichestvo vedushchikh tekhnicheskikh komitetov, 5 maya 2016 g. [Elektronnyy resurs] // Ofitsial'nyy sayt «Stroitel'noy gazety». – URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/stroitel'naya-gazeta-nachalos-sotrudnichestvo-vedushchikh-tekhnicheskikh-komitetov/>.

Dmitry Mikheyev

Federal center of rationing standardization and a technical evaluation of compliance in construction, Moscow

Candidate of Econ. Sciences, director of the center

E-mail: info@faufcc.ru

ЖЕЛДАКОВ Д.Ю.

СЕГМЕНТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Теоретически обоснована возможность изменения прочности кирпичной кладки по сечению ограждающей конструкции при эксплуатации, при которой прочность материала внутренних слоев становится ниже прочности материала у наружной поверхности ограждающей конструкции. Данная научная гипотеза подтверждена результатами обследования прочности наружных стен исторического здания Кадашевских бань в Москве.

На основе анализа действующих стандартов определения прочности кирпичных стен установлена необходимость и разработан сегментный метод определения прочности ограждающей конструкции, позволяющий определить прочность несущей стены здания по сечению в любой точке конструкции. Разработанный метод обследования зданий помимо его оперативности и достоверности позволяет проводить обследования исторических зданий не нарушая их внешнего вида.

Предложена методика расчета прочности ограждающей конструкции, использующая результаты проведенного исследования, при которой стена рассматривается как многослойная конструкция с жесткими связями и одинаковым коэффициентом использования прочности слоев.

Ключевые слова: кирпичная кладка, прочность, метод, расчет

Введение

Прочность ограждающей конструкции является основной характеристикой при новом строительстве и реконструкции зданий. Кирпичные ограждающие конструкции занимают значительное место в зданиях, построенных более полувека назад – в то время это был основной строительный материал [1]. Многие из построенных кирпичных зданий представляют собой исторически ценные здания, другие используются для проведения ремонта или реконструкции с возможным увеличением этажности. В этих условиях определение прочности несущих стен здания требует максимальной точности и надежности полученных результатов.

Исследования прочности кладки по сечению наружных стен

Авторами настоящей статьи проводилось обследование несущих ограждающих стен здания Кадашевских бань, построенного в 1859 и 1905 году в Москве. Задачей обследования было определить прочность кирпича и раствора по сечению ограждающей конструкции. Некоторые результаты приведены на рисунке 1. Приведенные графики наглядно показывают неравномерность распределения прочности материала несущей стены по сечению. При этом наименьшая прочность не всегда приходится на наружную плоскость ограждающей конструкции.

Изменение прочности ограждающей конструкции объясняется следующим. Диффузия водяного пара через наружную ограждающую конструкцию приводит к ее увлажнению. Распределение влажности по сечению конструкции неравномерно, что было показано в [2,3]. В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» введено определение и регламентируется расчет плоскости максимального увлажнения в сечении ограждающей конструкции. Авторы [4] предлагают метод определения плоскости конденсации влаги в многослойной ограждающей конструкции с одномерным влагопереносом по механизму паропроницаемости и влагопроводности при стационарных граничных условиях. Расчеты показывают, что зона максимального увлажнения в однослойных ограждающих конструкциях, как правило, располагается в первой трети сечения стены с наружной стороны, то есть в той зоне, где температура ограждения достигает отрицательных значений.

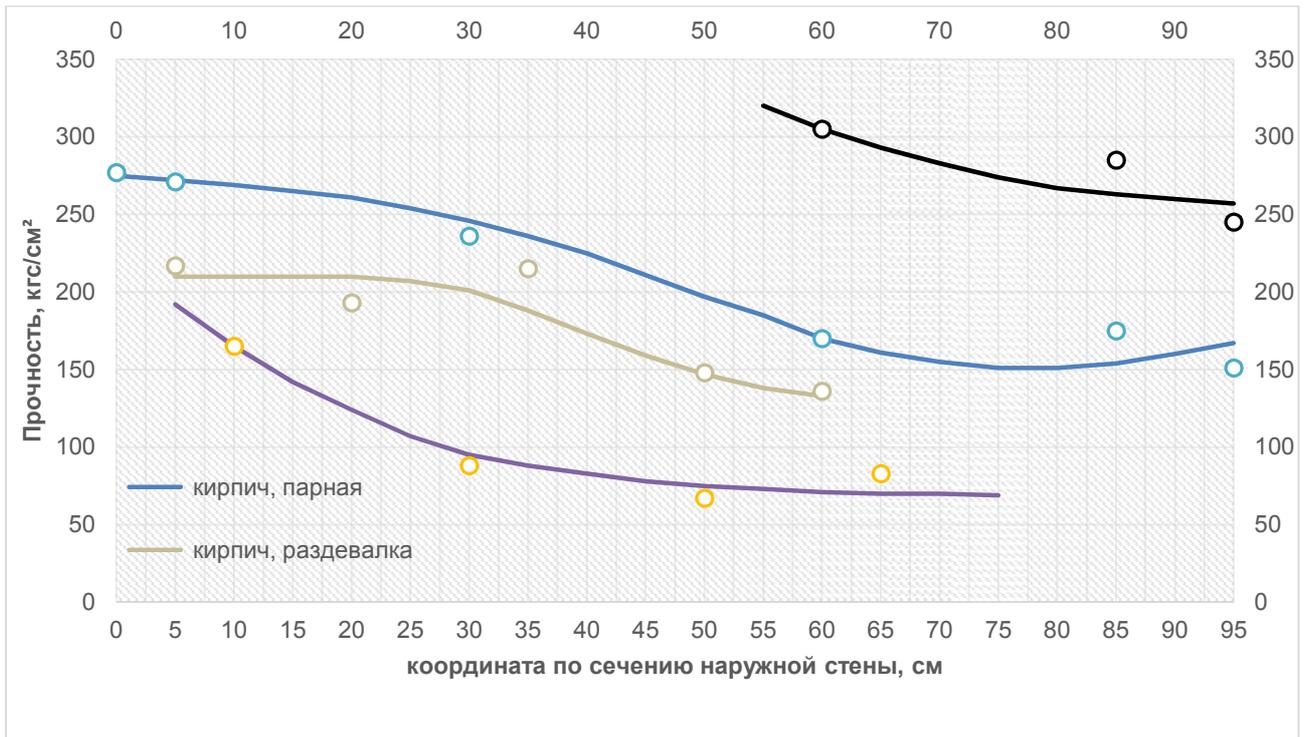


Рисунок 1 – Прочность кирпича и раствора по сечению наружной стены толщиной 950 мм, 1905 года постройки

В работах [5,6] анализируется влияние среднемесячных и минимальных температур на облицовочный кирпичный слой многослойной ограждающей конструкции. Такой подход предполагает усредненную оценку действия температурного фактора на прочность конструкции. Нами был проведен анализ колебания температуры наружного воздуха и сопоставлен с глубиной промерзания ограждающей конструкции. Глубина промерзания рассчитывается по формуле (1)

$$x = -\lambda \left(R_0 \frac{t_n}{t_b - t_n} + \frac{1}{\alpha_n} \right), \quad (1)$$

где R_0 – общее сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \text{°C}/\text{Вт}$;

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, равный $23,0 \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{°C}$;

x – координата сечения с нулевой температурой (отсчитывается от наружной поверхности), м;

λ – коэффициент теплопроводности наружной ограждающей поверхности, $\text{Вт}/\text{м} \text{°C}$;

t_n, t_b – наружная и внутренняя температуры, °C .

Были проанализированны (как пример) графики колебания температуры наружного воздуха в январе 2015 и 1977 годов. Количество циклов замораживания-оттаивания кладки на различной глубине приведено в таблице 1.

Из таблицы видно, что максимум циклов замораживания-оттаивания не всегда приходится на наружную поверхность ограждающей конструкции: если в январе 2015 года количество циклов замораживания-оттаивания на поверхности кладки было действительно максимальным, то в январе 1977 года ситуация была кардинально другой: на поверхности кладки и на глубине 50 мм за весь месяц не произошло ни одного цикла замораживания-оттаивания, тогда как на глубине от 150 до 250 мм таких циклов произошло шесть. Это показывает, что зона внутри ограждающей конструкции может находиться в более жестких температурных условиях, чем поверхность стены.

Таблица 1 - Количество циклов замораживания-оттаивания кладки на различной глубине

Глубина промерзания кладки, см	Количество циклов замораживания-оттаивания, январь 1977 г.	Количество циклов замораживания-оттаивания, январь 2015 г.
0-5	0	7
5-10	0	5
10-15	3	5
15-20	6	4
20-25	6	4
25-30	6	4
30-35	4	2
35-40	3	1
40-45	1	0

Наличие зоны максимального увлажнения кладки в зоне отрицательных температур, а также режим замораживания – оттаивания с количеством циклов внутри ограждающей конструкции большим, чем на поверхности дает объяснение неравномерному снижению прочности наружной ограждающей конструкции по сечению. Теоретически этот процесс показан на рисунке 2. Кривые 1 и 2 на графике прочности ограждающей конструкции по сечению имеют одинаковую вероятность, определяемую климатическими условиями региона и температурно-влажностным режимом эксплуатации внутренних помещений. Однако при любом ходе кривой распределения прочности по сечению ограждающей конструкции встает вопрос о необходимости определения и учета прочности по сечению при обследовании и проектировании реконструируемых зданий.

Критика действующих стандартов по определению прочности кладок

В настоящее время действуют два основных стандарта, регламентирующих проведение испытаний каменной кладки на прочность при сжатии – это введенный в действие с 2014 года ГОСТ 32047-2012 «Кладка каменная. Метод испытания на сжатие» и ГОСТ 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения прочности при сжатии и изгибе». Действующие стандарты в основном направлены на определение прочности кирпича при выпуске партии на заводе. Кроме того, что данные методы не позволяют исследовать прочность ограждающей конструкции по сечению, проводить испытания этими методами для контроля прочности кладки при обследовании построенных зданий затруднительно по следующим причинам:

- подготовка образцов представляет собой длительный процесс, не менее 3-х суток и требует громоздкое оборудование в виде прессы;
- количество необходимых для испытания кирпичей достаточно велико: если в более раннем стандарте требовалось два кирпича для одной партии, а количество образцов стандартом не регламентировалось, то стандарт 2014 года требует минимум три образца с использованием минимум 10 кирпичей стандартного размера в каждом образце, что не может быть выбрано из несущей стены здания без ее ослабления, а для исторических зданий, имеющих охранные требования, вообще невозможно.

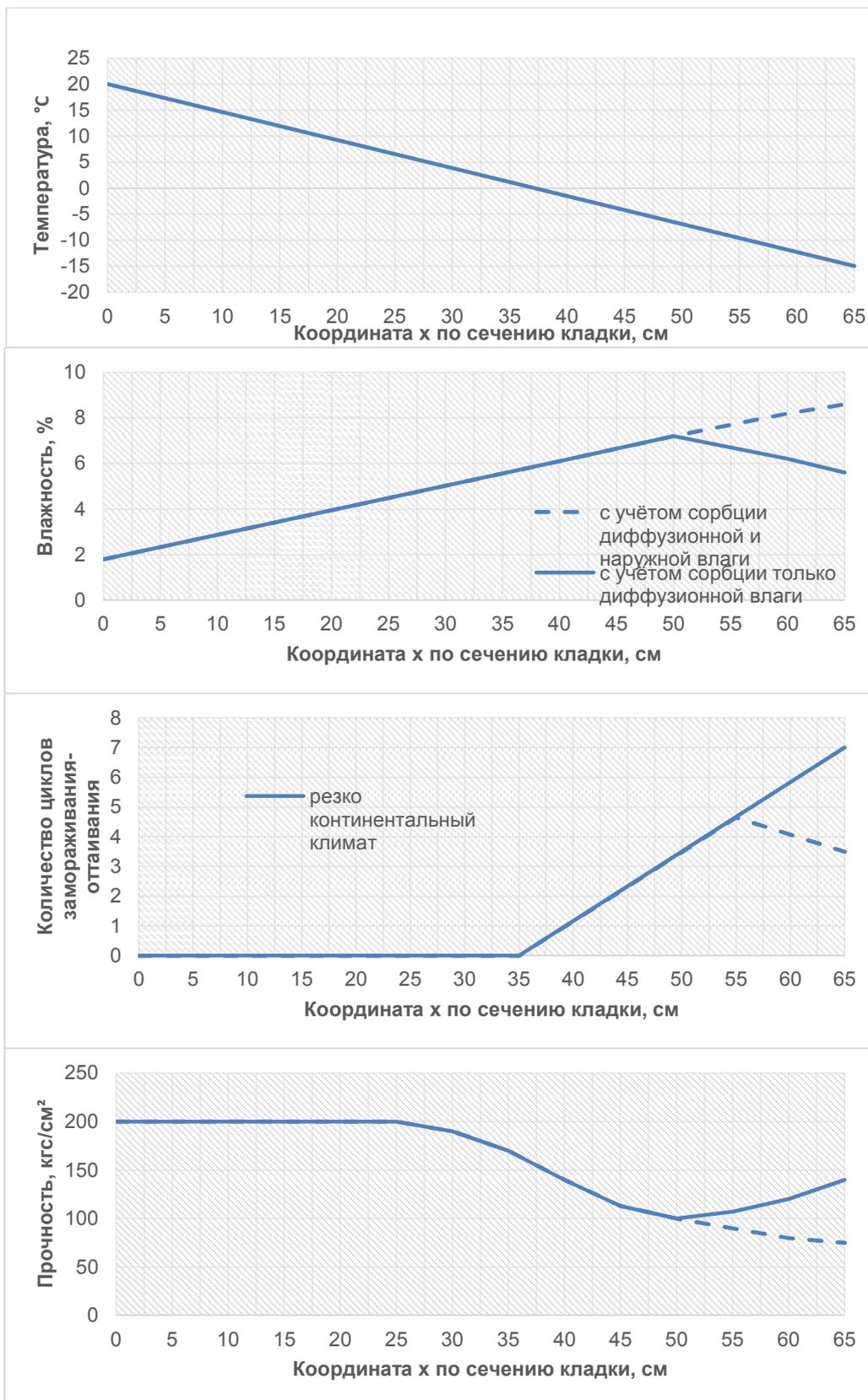


Рисунок 2 – Теоретическое обоснование изменения прочности кладки по сечению наружной стены

Для решения первого вопроса, представляющего собой методику проведения эксперимента, возможно использовать методы неразрушающего контроля. Так, например, ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» допускает применение таких методов при условии построения градуировочной кривой на соответствие данного метода неразрушающего контроля основному. В СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» говорится о целесообразности «предварительно любым оперативным (экспертным) методом (молотком Фидзеля, ультразвуковым поверхностным прозвучиванием и пр.) обследовать бетон по его поверхности в расчетных сечениях конструкций и их элементов с целью выявления возможного наличия зон с различающейся прочностью бетона».

Считается, что кирпич имеет столь неоднородную структуру, что неразрушающие методы будут давать большую ошибку. Однако вновь принятый стандарт точность проведения испытаний и статистическую достоверность результатов не нормирует. За результат испытаний принимается меньшее из меньшего по результатам испытаний или среднего, уменьшенного на 20%, что соответственно допускает разброс значений как минимум на 20%. В то же время современные приборы неразрушающего контроля имеют достаточно низкую погрешность эксперимента. Так, например, электронный склерометр ОНИКС-2.5 имеет основную относительную погрешность $\pm 8\%$ [7], что наряду с большой выборкой (например, 10 показателей по каждому образцу) даст высокую достоверность результатов.

Вопрос ослабления несущей способности ограждающей конструкции при изъятии из нее значительного количества кирпичей (причем целых, как предписывают действующие стандарты) решается по-разному. Правилами рекомендуется «отбор кирпича, камней и раствора из стен и фундаментов производить из ненесущих (под окнами, в проемах) или слабонагруженных элементов или конструкций, подлежащих разборке и демонтажу». Хотя в том же пункте говорится, что «прочность определяют испытанием образцов и проб, взятых непосредственно из тела обследуемой конструкции или близлежащих участков, если имеются доказательства идентичности применяемых на этих участках материалов». Идентичные нагруженные и разгруженные участки в конструкции несущей стены обнаружить достаточно сложно. Подоконные участки, которые обычно используются для отбора кирпичей, находятся в другом температурно-влажностном режиме, так как обычно за ними установлены приборы отопления, а, следовательно, идентичными материалу простенка признаны быть не могут.

В 1988 году ЦНИИСК им. Кучеренко разработал Рекомендации [8] в которых допускалось (п.3.12) «прочность (марка) природных камней правильной и неправильной формы, а также мелких и крупных блоков из тяжелого, силикатного, ячеистого бетонов и бетонов на пористых заполнителях определять путем испытания на сжатие образцов-кубов или цилиндров, выпиленных или высверленных из камней, целых изделий или монолита». Предел прочности природных камней и мелких и крупных блоков из указанных бетонов вычисляется умножением результатов испытаний образцов-кубов или цилиндров на масштабные коэффициенты. При этом отдельно отмечалось, что коэффициенты могут использоваться и при определении предела прочности обыкновенного глиняного и силикатного кирпича по данным испытаний кубиков и цилиндров с высотой ребра или диаметром 40-80 мм. Авторы [9] на основании проведения двух серий экспериментов, в одной из которых исследовались 80 керамических кирпичей одной марки, из которых было изготовлено 240 образцов-кернов и изготовлено 40 образцов для испытания прочности кирпича по стандартной методике, а в другой исследовались керны и кирпич трех марок М150, М200, М250 показали достаточную корреляцию результатов прочности кернов и стандартных образцов с коэффициентами, близкими к коэффициентам [8].

Предлагаемый метод определения прочности кладок

Авторы [10] предлагают метод расчета прочности кирпичной кладки, рассматривая ее как квазиоднородное анизотропное тело. Влияние различных характеристик кладки, таких как пористость, влажность, наличие трещин, предлагается учитывать при расчетах, используя расчетные коэффициенты. Разработанный авторами настоящей статьи сегментный метод определения прочности несущей ограждающей конструкции позволяет с достаточной точностью определить прочность ограждающей конструкции в любом месте несущей стены. При этом прочность ограждающей конструкции определяется по всему ее сечению, что увеличивает точность определения прочности конструкции.

Разработанный метод методологически представляет собой набор следующих последовательных операций: в каждом назначенном для контроля прочности месте несущей стены на всю глубину кирпичной кладки отбираются два керна. Рекомендуется использовать насадки с диаметром керна 50 или 80 мм и длиной 400 мм. Один керн отбирается по центру ложковой стороны наружного ряда кирпичей (I тип), второй таким образом, чтобы слой раствора приходился на центр керна (II тип). Первый тип керна используется для определения прочности кирпича, второй для определения прочности раствора.

При невозможности отбора керна с одной стороны (при большой толщине наружной стены) методика отбора кернов следующая: для центровки отбора кернов, вначале сверлом диаметром 12-20 мм стена просверливается насквозь. Далее на дрель с керноотборником крепится направляющая в виде арматуры АI или АIII длиной в 1,5 раза больше толщины стены и диаметром 10-12 мм. Использование направляющего прута позволяет с высокой точностью выполнить отбор кернов навстречу друг другу.

Полученные керны разрезаются поперек на цилиндры высотой 50 мм. При исследовании кернов I типа каждый цилиндр с двух плоских поверхностей проверяется на прочность неразрушающим методом с количеством ударов не менее 5. Плоскости первого и последнего цилиндров, представляющие собой наружную и внутреннюю поверхности исследуемой ограждающей конструкции контролируются 10 ударами. При определении прочности раствора используются керны II типа. Для кернов данного типа удары производятся только по раствору. Прочность кирпича или раствора в каждом сечении через каждые 50 мм будет представлять среднее арифметическое из 10 ударов. Другая статистическая обработка проводится при необходимости.

После проведения исследования готовится раствор марки не ниже максимальной прочности кирпича, полученной при исследовании, и керны укладываются в стену. При этом наружная стена здания не теряет своей прочности.

По результатам проведенной работы авторами подана заявка в ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» на регистрацию патента.

Методика расчета прочности ограждающей конструкции

Полученные результаты прочности кирпича и раствора через определенные равные промежутки дают возможность представить ограждающую конструкцию как многослойную стену со слоями, равными высоте исследованных цилиндров, имеющих одинаковый материал и различную прочность слоев. При этом расчет кирпичной стены при проведении обследования по разработанной методике проводится в соответствии с СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции», рассматривая кирпичную ограждающую конструкцию как многослойную стену с жесткими связями в которой жесткие связи обеспечивают распределение нагрузки между конструктивными слоями.

Зная прочность кирпича и раствора в каждом сечении кладки, определяются расчетные сопротивления R сжатию кладки по таблицам 2-9. Таким образом, определяется прочность кладки в каждом отдельном слое многослойной стены. При расчете многослойных стен на прочность, различную прочность и упругие свойства слоев, а также неполное использование

их прочности при совместной работе в стене следует учитывать путем приведения площади сечения к материалу основного несущего слоя. При этом за основной несущий слой при решении нашей задачи следует принимать слой с наибольшей прочностью. Эксцентриситеты всех усилий должны определяться по отношению к оси приведенного сечения.

При приведении сечения стены к одному материалу толщина слоев должна приниматься фактической, а ширина слоев (по длине стены) изменяться пропорционально отношению расчетных сопротивлений и коэффициентов использования прочности слоев по формуле (2)

$$b_{red} = b \frac{m_i R_i}{m R}, \quad (2)$$

где b_{red} - приведенная ширина слоя, м;

b - фактическая ширина слоя, м;

R ; m - расчетное сопротивление, кгс/см² и коэффициент использования прочности слоя, к которому приводится сечение;

R_i ; m_i - расчетное сопротивление, кгс/см² и коэффициент использования прочности любого другого слоя стены. Коэффициенты использования прочности слоев m и m_i в связи с тем, что рассматриваемая нами многослойная конструкция состоит из одного материала целесообразно принимать равными 1. Далее расчет проводится в полном соответствии с упомянутым выше действующим нормативным документом для многослойных стен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев, А.И. Керамический кирпич и его место в современном строительстве [Текст] / А.И. Ананьев, О.И. Лобов // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №10. – С. 62-65.
2. Фокин, К.Ф. Строительная теплофизика ограждающих частей зданий [Текст] : учебное пособие. – М.: АВОК-пресс, 2006. – 256 с.
3. Гагарин, В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий [Текст] : дис. ... д-р техн. наук: 05.23.01, 05.23.03 / Владимир Геннадьевич Гагарин. – М., 2000. – 396 с.
4. Гагарин, В.Г. Определение зоны наибольшего увлажнения в стенах с фасадными теплоизоляционными композиционными системами с наружными штукатурными слоями [Текст] / В.Г. Гагарин, К.П. Зубарев, В.В. Козлов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 1 (54). – С. 125-132.
5. Умякова, Н.П. Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем тепловой защиты [Текст] // Вестник МГСУ. – 2013. – №1. – С. 94-100.
6. Ананьев, А.И. Теплофизические свойства и долговечность непрозрачных фасадных систем зданий [Текст] / А.И. Ананьев, А.А. Ананьев // Вестник МГСУ. – 2011. – №3. – С. 146-151.
7. Измеритель прочности ударно-импульсный ОНИКС-2 (модификация ОНИКС-2.5) [Текст]: инструкция по применению. – Челябинск: ООО «СпецТехРесурс». – 32 с.
8. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий [Текст]. – М.: ЦНИИСК им В.А. Кучеренко, 1988. – 36 с.
9. Улыбин, А.В. Стандартная и альтернативная методики определения прочности кирпича при обследовании зданий и сооружений [Текст] / А.В. Улыбин, С.В. Зубков, О.Ю. Сударь, В.А. Лаптев // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – №3 (18). – С. 9-24.
10. Адишев, В.В. Моделирование физических характеристик кирпичных кладок [Текст] / В.В. Адишев, И.В. Кучеренко, М.С. Грачева // Известия вузов. Строительство. – 2013. – № 2-3. – С. 94-102.

Дмитрий Юрьевич Желдаков

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва

К.т.н., старший научный сотрудник

E-mail: djeld@mail.ru

D. ZHELDAKOV

SEGMENT METHOD OF DEFINITION OF DURABILITY OF THE SEPARATING BUILDING ELEMENT

Theoretically justified the possibility of changing the strength of masonry in the section of the enclosing structure during operation, in which the strength of the material of the inner layers becomes lower strength of the material at the outer surface of the cladding. This scientific hypothesis is confirmed by the results of the survey the strength of the external walls of a historic building Kadashevsky baths in Moscow.

Based on the analysis of existing standards for determining the strength of brick masonry set the need and developed segment method of definition of durability of the separating building element, allowing to determine the strength of bearing wall buildings the cross section at any point of the structure. Developed a method of inspection of buildings in addition to its efficiency and reliability allows to carry out surveys of historic buildings without disturbing their appearance.

The technique of calculation of durability of the separating building element, using the results of the study, in which the wall is regarded as a multilayered structure with rigid links and the same utilization ratio of strength of the layers.

Keywords: brick masonry, strength, method, calculation

BIBLIOGRAPHY

1. Anan'yev, A.I. Keramicheskiy kirpich i yego mesto v sovremennom stroitel'stve [Tekst] / A.I. Anan'yev, O.I. Lobov // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2014. – №10. – S. 62-65.
2. Fokin, K.F. Stroitel'naya teplofizika ogradhdayushchikh chastey zdaniy [Tekst] : uchebnoye posobiye. – M.: AVOK-press, 2006. – 256 s.
3. Gagarin, V.G. Teoriya sostoyaniya i perenosa vlagi v stroitel'nykh materialakh i teplozashchitnyye svoystva ogradhdayushchikh konstruktsiy zdaniy [Tekst] : dis. ... d-r tekhn. nauk: 05.23.01, 05.23.03 / Vladimir Gen-nad'yevich Gagarin. – M., 2000. – 396 s.
4. Gagarin, V.G. Opredeleniye zony naibol'shego uvlazhneniya v stenakh s fasadnymi teploizolyatsionnymi kompozitsionnymi sistemami s naruzhnymi shtukaturnymi sloyami [Tekst] / V.G. Gagarin, K.P. Zubarev, V.V. Kozlov // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2016. – № 1 (54). – S. 125-132.
5. Umnyakova, N.P. Dolgovechnost' trekhslonnykh sten s oblitovkoy iz kirpicha s vysokim urovnem teplo-voyy zashchity [Tekst] // Vestnik MGSU. – 2013. – №1. – S. 94-100.
6. Anan'yev, A.I. Teplofizicheskiye svoystva i dolgovechnost' neprozrachnykh fasadnykh sistem zdaniy [Tekst] / A.I. Anan'yev, A.A. Anan'yev // Vestnik MGSU. – 2011. – №3. – S. 146-151.
7. Izmeritel' prochnosti udarno-impul'snyy ONIKS-2 (modifikatsiya ONIKS-2.5) [Tekst]: instruk-tsiya po primeneniyu. – Chelyabinsk: OOO «SpetsTekhResurs». – 32 s.
8. Rekomendatsii po obsledovaniyu i otsenke tekhnicheskogo sostoyaniya krupnopanel'nykh i kamennykh zdaniy [Tekst]. – M.: TSNIISK im V.A. Kucherenko, 1988. – 36 s.
9. Ulybin, A.V. Standartnaya i al'ternativnaya metodiki opredeleniya prochnosti kirpicha pri obsledovanii zdaniy i sooruzheniy [Tekst] / A.V. Ulybin, S.V. Zubkov, O.YU. Sudar', V.A. Laptev // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. – 2014. – №3 (18). – S. 9-24.
10. Adishchev, V.V. Modelirovaniye fizicheskikh kharakteristik kirpichnykh kladok [Tekst] / V.V. Adishchev, I.V. Kucherenko, M.S. Gracheva // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. – 2013. – № 2-3. – S. 94-102.

Dmitrii Zheldakov

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow

Candidate of technical sciences, senior researcher

E-mail: djeld@mail.ru

КАРПЕНКО С.Н., ЧЕПИЗУБОВ И.Г.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕХОДА ОТ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ АРМАТУРЫ К ДИАГРАММАМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АРМАТУРЫ

Проанализированы результаты экспериментальных исследований стыковых механических соединений, арматуры. Определены коэффициенты условия работы, понижающие прочность и повышающие деформативность муфтового соединения. Обобщены диаграммы деформирования стыковых соединений арматуры для оценки их прочности и деформативности применительно к диаграммному методу расчета железобетонных конструкций.

При определении деформаций железобетонных элементов с трещинами и при определении ширины раскрытия трещин должно учитываться снижение модуля деформации муфтового соединения.

Ключевые слова: арматура, механические стыки, диаграммы, метод расчета, прочность, параметры трансформирования, диаграммный метод.

На строительных площадках Российской Федерации все большее применение начинают находить соединения арматуры при помощи муфт на резьбе взамен ранее применявшихся соединений стержней в нахлестку. Поставщиком таких муфт пока, в основном, выступают различные зарубежные фирмы («LENTON», «Concon», «Dextra», «Hebei Yada reinforcing Bar Connecting Technology Co.» и др.).

Согласно требованию российских норм [2] несущая способность муфтового соединения не должна быть ниже несущей способности арматурного стержня без соединения. Выполнимость этого требования позволяет определить диаграммная методика определения прочности муфтовых соединений, разработанная в НИИСФ РААСН [1]. В данной работе эта методика нашла дальнейшее развитие.

Диаграммная методика указывает на то, что прочность муфтового соединения ниже прочности цельного стержня. Она также позволяет определить коэффициенты условия работы, понижающие прочность и повышающие деформативность муфтового соединения. Значения этих коэффициентов необходимо учитывать при проектировании.

В основу методики положено сопоставление диаграмм, связывающих напряжения с относительными деформациями арматурного стержня (диаграммы « $\sigma_s - \varepsilon_s$ » без муфты), с аналогичной диаграммой двух стыкуемых стержней при помощи муфты. Длина (база), на которой производится замер деформаций муфтового соединения $l = l_m + 3d_s$, где l_m – длина муфты, d_s – диаметр соединяемой арматуры; в качестве напряжений здесь также (как и в случае цельных стержней) принимаются напряжения в стыкуемых стержнях.

В начале испытаний получают экспериментальным путем диаграмму деформирования исходной арматуры. Схематически эта диаграмма представлена на рис. 1 в виде линии I. На линии выделяются четыре точки: 1, 2, 3, 4, где точке 1 соответствует концу линейного участка диаграммы (напряжениям σ_{el}), точки 2, 3 – максимальным сжимающим напряжениям в арматуре $\sigma_{sc} = R_{sc}$, которые допускают нормы использовать при работе арматуры на сжатие (соответственно при кратковременном и длительном напряжении), точка 4 – максимально допускаемым значениям $\sigma_s = \sigma_{0,2}$ при растяжении. Положение точки 2 определяется по максимальным деформациям сжатия бетона в вершине диаграммы деформирования бетона при сжатии, которые равны $2 \cdot 10^{-3}$.

Так как деформации арматуры в сжатом бетоне равны деформациям арматуры $\varepsilon_b = \varepsilon_s$, то в момент разрушения бетона деформации арматуры также будут равны $\varepsilon_s = 2 \cdot 10^{-3}$. Отсюда значение σ_{sc} (при модуле упругости арматуры $E_s = 2,0 \cdot 10^5$ МПа) должно быть не более значения 400 МПа, которое отвечает указанным укорочениям бетона. При расчете конструкций на длительно действующую часть нагрузки нормы допускают принимать расчетное сопротивление арматуры не более $\sigma_{sc} = R_{sc} = 500$ МПа. Этой величине отвечают деформации бетона $\varepsilon_b = \varepsilon_s \approx 2,5 \cdot 10^{-3}$ вместо $\varepsilon_b = \varepsilon_s = 2 \cdot 10^{-3}$.

Согласно [3] в качестве основной контролируемой величины выступают деформации муфтового соединения ε_{sc} , соответствующие напряжениям в стыкуемых арматурных стержнях, равных $0,6 \cdot \sigma_{0,2}$. Значениям ε_{sc} соответствует напряжения σ_{sc} в цельном арматурном стержне.

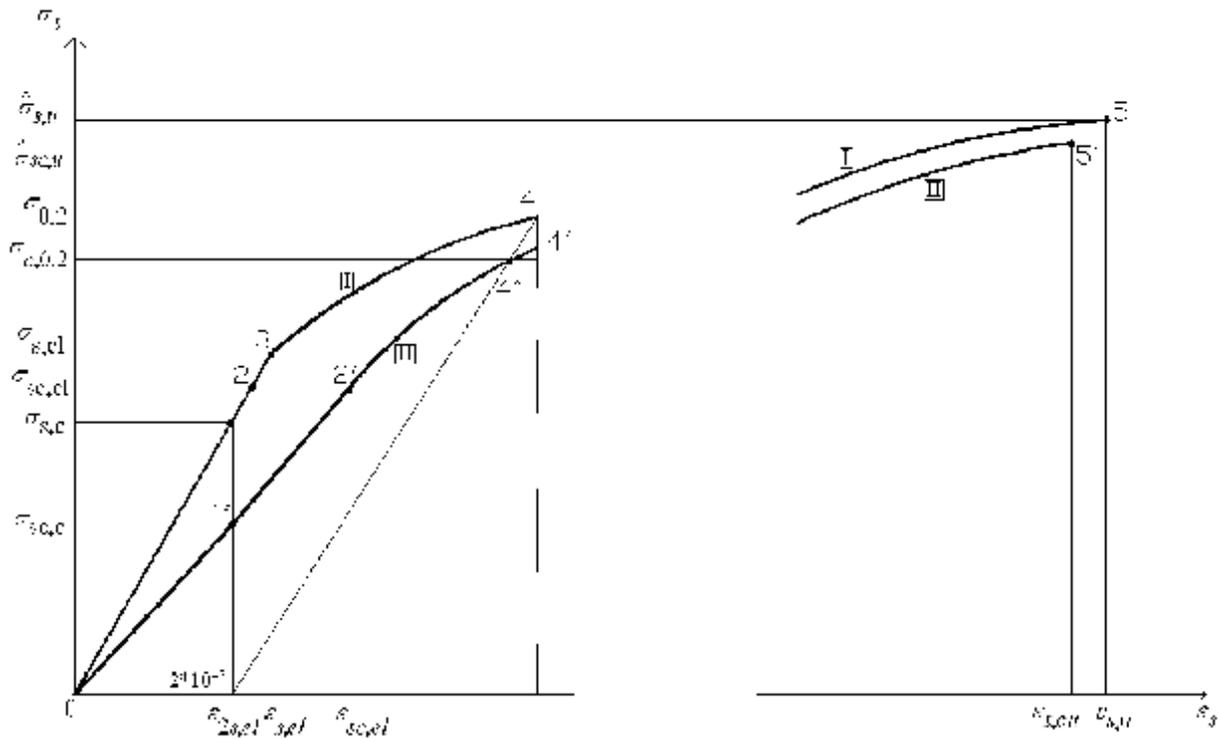


Рисунок 1 – Сопоставление диаграмм деформирования цельного арматурного стержня (I) с диаграммой деформирования муфтового соединения (II)

При растяжении элементов напряжения в арматуре не должны превышать физического (или условного) предела текучести арматуры $\sigma_{0,2}$. Этим напряжениям соответствует точке 4 на диаграмме I (рис. 1). Точке 4 должны соответствовать остаточные деформации в арматуре при разгрузке, равные $2 \cdot 10^{-3}$, то есть здесь имеет место чисто случайное совпадение нормируемых остаточных деформаций арматуры и деформаций бетона $\varepsilon_s = 2 \cdot 10^{-3}$ в вершине диаграммы сжатия. При длительном действии нагрузки $\varepsilon_s = \varepsilon_b \approx 2,5 \cdot 10^{-3}$. Диаграмма деформирования муфтового соединения II на (рис. 1) располагается ниже диаграммы I. Это установлено по испытаниям муфтовых соединений. Поэтому все указанные выше характеристики для муфтового соединения оказываются ниже, чем для сплошного стержня без муфты (точки 1', (1''), 2', 3' и 4' (4'')).

Понижающие коэффициенты следуют из сопоставления диаграмм I и II. Находятся следующие отношения: модулей упругости для точек 1 и 1' (отношение равно γ_E), напряжений

сжатия σ_{sc} для точек 2' и 2 (γ_{cm} - отношение σ_{sc}) и точек 3' и 3 (γ_{cm}^*), напряжений растяжения $\sigma_{s0,2}(\gamma_M)$ для точек 4 и 4' (возможно 4'').

Например, допустимым деформациям бетона при сжатии $\varepsilon_b = \varepsilon_s = 2 \cdot 10^{-3}$ будет соответствовать точка 2' на диаграмме II и, соответственно, более низкое значение напряжения σ_{scm} в арматуре стыка по отношению к напряжению σ_{sc} в цельном арматурном стержне. Коэффициент снижения составит $\gamma_{cm} = \sigma_{scm} / \sigma_{sc}$. Допустимое расчетное сопротивление арматуры сжатию в стыке составит $R_{scm} = R_{sc} \cdot \gamma_{cm}$.

В необходимых случаях коэффициенты γ_{cm} , γ_{cm}^* уточняются путем дополнительного испытания муфтовых соединений при сжатии и построении диаграмм, аналогичных диаграммам I и II. Опыт аналогичных испытаний показал, что предварительно можно использовать диаграммы I и II, полученные при растяжении.

Снижение модуля деформаций на коэффициент γ_M необходимо учитывать при определении ширины раскрытия трещин.

Указанная методика относится к контролю качества в условиях строительной площадки. Найденные при этом значения коэффициентов γ_E , γ_{cm} , γ_{cm}^* , γ_M не должны быть меньше величин, указанных в паспорте и сертификате на поставляемую продукцию. При этом должен учитываться вероятностный характер разбросов указанных характеристик с учетом точности изготовления муфтовых соединений в условиях стройплощадки (величины γ_E , γ_{cm} , γ_{cm}^* , γ_M должны определяться с вероятностью 0,95). Такие значения коэффициентов носят название нормативных. Все нормативные значения коэффициентов γ_E , γ_{cm} , γ_{cm}^* , γ_M должны указываться фирмой поставщиком в паспорте, а задача научного сопровождения на строительной площадке должна заключаться в их контроле.

Пока в паспортах поставляемых муфтовых соединений таких характеристик нет. В такой ситуации полагаем, что отдельные муфтовые соединения могут быть допущены только при условии введения понижающих коэффициентов γ_E , γ_{cm} , γ_{cm}^* , γ_M к расчетным характеристикам арматуры, полученных экспериментальным путем на основе предлагаемой методики.

Для контроля муфтовых соединений в условиях строительной площадки была применена методика, согласование с [3]. Согласно этой методике определяются деформации в стыковом соединении на базе В соответствующим напряжением в стыкуемом арматурном стержне, равным $0,6 \cdot \sigma_{0,2}$ (рис. 1, точка 2'С). По этим деформациям определяются напряжения в цельном арматурном стержне σ_{sc} , соответствующие этим деформациям [4, 5]. Понижающий коэффициент $\gamma_{sc} = 0,6 \cdot \sigma_{0,2} / \sigma_{sc}$.

Исследования [6...10] показали, что этот коэффициент может быть принят в качестве контрольного.

Анализ экспериментальных исследований стыковых соединений (проведенный ранее), позволил установить:

для соединений «Lenton»:

✓ разрушение муфтовых соединений происходит как по резьбе, так и по арматурному стержню;

✓ для соединений арматуры Ø16 мм, $\gamma_{sc} = 1$;

✓ для соединений арматуры Ø20 мм, $\gamma_{sc} = 0.869$;

✓ для соединений арматуры Ø25 мм, $\gamma_{sc} = 1$;

✓ для соединений арматуры Ø32 мм, $\gamma_{sc} = 0.9$.

для соединений «Bartec Dextra»:

✓ разрушение муфтовых соединений происходит как по резьбе, так и по стержню арматуры;

- ✓ для соединений арматуры $\varnothing 25$ мм, $\gamma_{sc} = 0,727$;
- ✓ для соединений арматуры $\varnothing 28$ мм, $\gamma_{sc} = 0,781$;
- ✓ для соединений арматуры $\varnothing 32$ мм, $\gamma_{sc} = 0,768$.

Характер разрушения муфтовых соединений представлен на рис. 2.

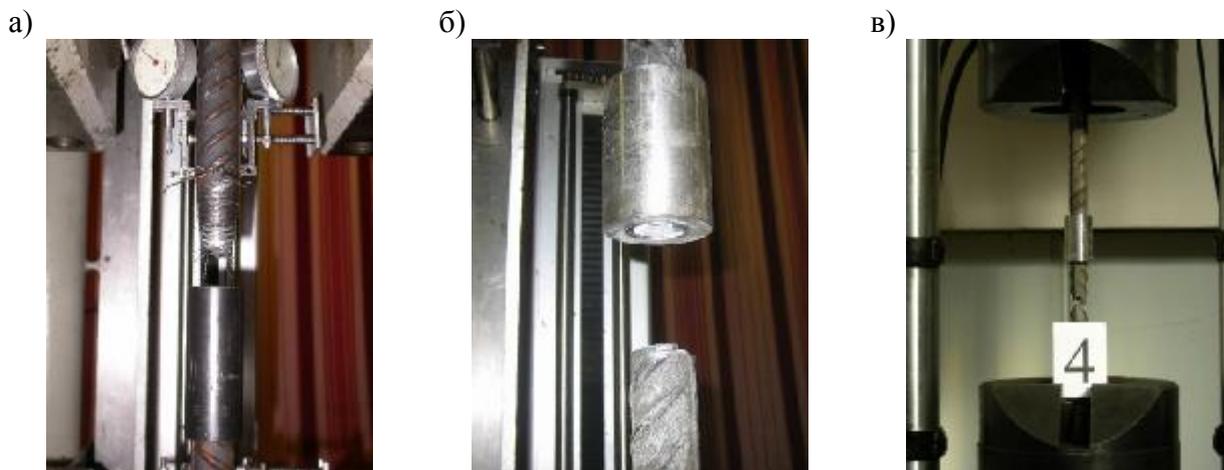


Рисунок 2 – Виды разрушения опытных образцов (а) по резьбе; (б),(в) по стержню

В итоге можно отметить следующее:

- ✓ Прочностные характеристики муфтовых соединений на резьбе в значительной степени зависят от качества выполнения резьбы в условиях строительной площадки.
- ✓ Указанный разброс свойств муфтовых соединений на резьбе должен учитываться путем введения коэффициентов условия работы муфтовых соединений: γ_{sm} - для сжатых железобетонных элементов типа колонн и γ_m - для изгибаемых элементов типа плит в растянутой зоне.
- ✓ В условиях строительной площадки в качестве рекомендуемых к учету коэффициентов условия работы могут выступать значения γ_{sc} .
- ✓ Коэффициенты условия работ должны определяться экспериментальным путем на стадии сертификации муфт, указываться в сертификатах и контролироваться в условиях строительной площадки по предложенной диаграммной методике.
- ✓ Учитывая пониженное сопротивление муфтовых соединений, количество стыкуемых стержней в одном сечении при помощи муфтовых соединений должно быть не более 50%. Расстояние между ближайшими краями муфтовых соединений должно быть не менее $0,5 l_{an}$, где l_{an} - длина анкеровки стержней, и не менее $4l_m$ где l_m - длина муфтового соединения.
- ✓ В местах установки муфтовых соединений должно быть установлено дополнительное конструктивное поперечное армирование.
- ✓ Снижение модуля деформации муфтового соединения должно учитываться при определении деформаций железобетонных элементов с трещинами и при определении ширины раскрытия трещин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко, С.Н. О результатах проверки прочности муфтовых соединений арматуры на резьбе по диаграммной методике [Текст] / С.Н. Карпенко, И.Г. Чепизубов, К.С. Шифрин // ПГС. – 2008. – №11. – С. 44-46.
2. Свод правил СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: Минрегион России, 2012. – 160 с.
3. ТУ 4842-231-36554501-06 «Соединения арматуры механические производства фирмы «CABR Technology Co., Ltd.».

4. Карпенко, С.Н. Способ усиления и расчета усиленных монолитных железобетонных перекрытий [Текст] / С.Н. Карпенко, И.Г. Чепизубов // Промышленное и гражданское строительство. – 2005. – №8 – С.27-28.
5. Шифрин, К.С. Методика проверки прочности и деформаций стыков арматуры при помощи муфт на резьбе [Текст] / С.Н. Карпенко, И.Г. Чепизубов, К.С. Шифрин // Материалы научно-технической конференции «Строительная физика в XXI веке». - М., 2006. - С.35- 38.
6. Карпенко, С.Н. Определение деформативности и прочности муфтовых соединений арматуры при циклическом нагружении [Текст] / С.Н. Карпенко, И.Г. Чепизубов // Вестник ОЧН РААСН. – 2009. – №3. – С.147-151.
7. Карпенко, С.Н. Влияние деформативности бетона на оценку прочности муфтовых соединений арматуры в железобетонных конструкциях [Текст] / С.Н. Карпенко, И.Г. Чепизубов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета серия: Строительство и архитектура. – 2013. – № 31-2 (50). – С. 35-41.
8. Андрианов, А.А. Определение деформативности муфтовых соединений арматуры при среднецикловом нагружении (100 000 циклов) [Текст] / С.Н. Карпенко, И.Г. Чепизубов, А.А. Андрианов // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2012 году. Сборник научных трудов. – Волгоград: ВолГАСУ, 2013. – С.361-363.
9. Травуш, В.И. Определение деформативности и прочности муфтовых соединений арматуры [Текст] / С.Н. Карпенко, В.И. Травуш, И.Г. Чепизубов // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2015. – Т. 11. – № 4 – С.70-76.
10. Karpenko S.N., V.I. Travush and I.G. Chepyzubov, 2015. Deformability and strength determining of coupling fittings of steel reinforcement in the reinforced concrete structures. Procedia Engineering. Volume 111, pp. 398-403.

Сергей Николаевич Карпенко

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
доктор технических наук
E-mail: niisf_lab9@mail.ru

Игорь Геннадьевич Чепизубов

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
кандидат технических наук
E-mail: niisf_lab9@mail.ru

S. KARPENKO, I. CHEPIZUBOV

**IMPROVING THE TRANSITION FROM DIAGRAMS
OF REINFORCEMENT DEFORMATION TO THE DIAGRAMS
OF REINFORCEMENT MECHANICAL CONNECTIONS
OF DEFORMATION**

The results of an experimental research of the rebar mechanical connections have been analyzed and as a result the coefficients of the work conditions which reduce the strength characteristics and increase the deformation of the muff connections have been specified. The deformation diagrams of the rebar mechanical connections which use for evaluating their strength and deformability concerning to the diagram method of calculation of reinforced concrete structures have been generalized. When determining the deformations of reinforced concrete elements with cracks and in determining the width of crack growth must be taken into account reduction of modulus of deformation of the coupling.

Keywords: reinforcement, mechanical joints, diagrams, method of calculation, the strength, parameters of the transformation, the diagram method.

BIBLIOGRAPHY

1. Karpenko, S.N. O rezul'tatakh proverki prochnosti muftovykh soyedineniy armatury na rez'be po diagrammnoy metodike [Текст] / S.N. Karpenko, I.G. Chepizubov, K.S. Shifrin // PGS. – 2008. – №11. – С. 44-46.
2. Svod pravil SP 63.13330.2012 Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruksii. Osnovnyye polozheniya. – М.: Minregion Rossii, 2012. – 160 s.

3. TU 4842-231-36554501-06 «Soyedineniya armatury mekhanicheskiye proizvodstva firmy «CABR Technology Co., Ltd.».
4. Karpenko, S.N. Sposob usileniya i rascheta usilennykh monolitnykh zhelezobetonnykh perekrytiy [Tekst] / S.N. Karpenko, I.G. Chepizubov // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2005. – №8 – S.27-28.
5. Shifrin, K.S. Metodika proverki prochnosti i deformatsiy stykov armatury pri pomoshchi muft na rez'be [Tekst] / S.N. Karpenko, I.G. Chepizubov, K.S. Shifrin // Materialy nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Stroitel'naya fizika v XXI veke». - M., 2006. - S.35- 38.
6. Karpenko, S.N. Opredeleniye deformativnosti i prochnosti muftovykh soyedineniy armatury pri tsiklicheskom nagruzhении [Tekst] / S.N. Karpenko, I.G. Chepizubov // Vestnik OSN RAASN. – 2009. – №3. – S.147-151.
7. Karpenko, S.N. Vliyaniye deformativnosti betona na otsenku prochnosti muftovykh soyedineniy armatury v zhelezobetonnykh konstruksiyakh [Tekst] / S.N. Karpenko, I.G. Chepizubov // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. – 2013. – № 31-2 (50). – S. 35-41.
8. Andrianov, A.A. Opredeleniye deformativnosti muftovykh soyedineniy armatury pri srednetsiklo-vom nagruzhении (100 000 tsiklov) [Tekst] / S.N. Karpenko, I.G. Chepizubov, A.A. Andrianov // Fundamental'nyye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2012 godu. Sbornik nauchnykh trudov. – Volgograd: VolgGASU, 2013. – S.361-363.
9. Travush, V.I. Opredeleniye deformativnosti i prochnosti muftovykh soyedineniy armatury [Tekst] / S.N. Karpenko, V.I. Travush, I.G. Chepizubov // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2015. – T. 11. – № 4 – S.70-76.
10. Karpenko S.N., V.I. Travush and I.G. Chepyzubov, 2015. Deformability and strength determining of coupling fittings of steel reinforcement in the reinforced concrete structures. Procedia Engineering. Volume 111, pp. 398-403.

Sergey Karpenko

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow
Doctor of Technical Sciences
E-mail: niisf_lab9@mail.ru

Igor Chepizubov

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow
Candidate of Technical Sciences
E-mail: niisf_lab9@mail.ru

КОЛЧУНОВ Вл. И., САЛЬНИКОВ А.С.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ КРУЧЕНИИ С ИЗГИБОМ

Предложена программа и методика экспериментальных исследований железобетонных конструкций при кручении с изгибом, основной целью которой является проверка расчетных предпосылок и экспериментального определения расчетных параметров предлагаемой методики расчета. Особое внимание уделено определению координат и обобщенной нагрузки образования различных пространственных трещин на нижней или боковой грани в железобетонных конструкциях, подверженных кручению с изгибом.

Выполненные экспериментальные исследования представляют возможность проверки достоверности расчетного аппарата трещиностойкости железобетонных конструкций при действии кручения с изгибом

Ключевые слова: железобетонные конструкции, сопротивление кручению с изгибом, нагрузки и координаты образования пространственных трещин, экспериментальная проверка расчетной модели.

Постановка проблемы. Значительный объем железобетона занимают конструкции гражданских и промышленных зданий и сооружений, испытывающие сложное сопротивление – кручение с изгибом, а в сложных инженерно-геологических условиях и в несимметричных высотных зданиях на кручение с изгибом работают практически все несущие железобетонные конструкции.

Анализ достижений и публикаций. Сопротивление трещинообразованию различных пространственных трещин [1–4] в железобетонных конструкциях само по себе явление достаточно сложное, которое в условиях сопротивления кручению с изгибом, еще более усложняется.

Экспериментальные исследования трещиностойкости железобетонных конструкций при кручении с изгибом проведены лишь в отдельных случаях с ограниченным количеством изучаемых параметров [5–7]. На сегодняшний день практически отсутствуют фактические данные о напряженно-деформированном состоянии и координатах появления пространственных трещин, не изучены возникающие при этом эффекты, связанные с нарушением сплошности железобетона. Мало опытных данных о длине и приращении трещин при увеличении нагрузки. Тем не менее отмеченные параметры являются определяющими для анализа сопротивления областей, прилегающим к местам пересечения трещинами рабочей арматуры, где, как показали последние исследования [7, 8 и др.], возникает эффект нарушения сплошности (деформационный эффект). Влияние такого эффекта на равновесие усилий в поперечном сечении по результатам исследований проф. В.М. Бондаренко, Вл. И. Колчунова [7], может составлять около 40%. Это становится особенно актуальным, когда речь идет о таком дифференциальном параметре, как трещиностойкость.

Экспериментальные исследования позволят заметно уточнить зависимости для определения основных параметров трещиностойкости железобетонных конструкций, в частности, – обобщенную нагрузку образования различных пространственных трещин $R_{sup,cre}$ и координат их образования. С другой стороны, полученная экспериментальная информация может дать более полное представление об особенностях сопротивления железобетона в целом.

Исследовательская часть. Цель и задачи эксперимента. Экспериментальные исследования проводятся с целью проверки предлагаемой расчетной модели, положенных в ее основу рабочих предпосылок и выявления закономерностей трещинообразования железобетонных конструкций при их сопротивлении кручению с изгибом.

При этом экспериментальное определение основных параметров, с учетом эффекта нарушения сплошности и его анализа на различных стадиях нагружения, будет способствовать эффективному проектированию железобетонных конструкций.

В процессе экспериментальных исследований решались следующие задачи:

- 1) разработка методики экспериментальных исследований трещиностойкости железобетонных конструкций по пространственным сечениям;
- 2) проверка предлагаемого расчетного аппарата по уточненному расчету трещиностойкости железобетонных конструкций по пространственным сечениям с учетом эффекта нарушения сплошности;
- 3) изучение закономерностей напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций;
- 4) экспериментальное определение следующих параметров: значение опорной реакции $R_{sup,crc}$ в момент образования различных пространственных трещин; координат x и y их образования, – расстояние по горизонтали x и по вертикали y от опорной реакции и от геометрической оси, соответственно; фактической высоты сжатой зоны x_{fact} и высоты сжатого бетона над наклонной трещиной x_B в сечении I–I (поперечное сечение, проходящее в конце пространственной трещины); прогибов; ширины раскрытия трещин на уровне оси продольной и поперечной растянутой арматуры вдоль всего профиля пространственных трещин; изменения расстояния между трещинами l_{crc} и длины трещин h_{crc} по мере увеличения нагрузки (с проверкой многоуровневого процесса образования трещин); деформаций сжатого бетона и средних деформаций арматуры в расчетных сечениях.

Конструкции опытных образцов. Программа исследований включала лабораторные испытания трех серий железобетонных конструкций. Объем и основные параметры экспериментальных конструкций приведены в таблице 1 на рис. 1 – 3.

Таблица 1 – Серии, объем и характеристики основных экспериментальных конструкций*

№ серии	Шифр конструкции	Кол-во испыт.	h , мм	b , мм	l , мм	Плечо приложения нагрузки (от половины ширины образца до точки приложения силы траверсы), мм	Арматура растянутой зоны, диаметр – мм, класс	Арматура сжатой зоны, диаметр – мм, класс	Класс бетона основного образца
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
I	КИП –I–2,0	2	250	100	2000	350	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –I–2,0	2	250	100	2000	350	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –I–2,0	2	250	100	2000	350	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –I–2,0	2	250	100	2000	350	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
II	КИП –II–1,6	2	250	100	1600	320	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –II–1,6	2	250	100	1600	320	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –II–1,6	2	250	100	1600	320	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –II–1,6	2	250	100	1600	320	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
III	КИП –III–1,2	2	250	100	1200	290	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –III–1,2	2	250	100	1200	290	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –III–1,2	2	250	100	1200	290	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20
	КИП –III–1,2	2	250	100	1200	290	2Ø10A400C	2Ø10A400C	B20

*Примечание. Шифр конструкции включает: **К** – кручение, **И** – изгиб, **II** – прямоугольное поперечное сечение, номер серии, 0,8; 1,2; 1,6 – длина конструкции. Арматура поперечных хомутов Ø6A240C раскатывается из бухты вручную, а не с помощью валков (чтобы не произошло вытяжки на площадке текучести).

Количество испытываемых конструкций принято с учетом варьирования длины образца, класса основного бетона и плеча приложения нагрузки (от половины ширины образца до точки приложения силы траверсы).

Для доведения до разрушения второй части опытной конструкции, использовались специальные стяжки, состоящие из шпилек и металлических пластин.

Механические характеристики арматуры определялись в соответствии с действующими стандартами. При этом было испытано по пять стержней длиной 400 мм каждого диаметра ($\varnothing 6A240C$, $\varnothing 10A400C$, $\varnothing 16A400C$).

Фактическая физическая (условная) граница текучести для арматурных стержней составила: гладкой арматуры $A240C\varnothing 6\text{мм}$ – 256,4 МПа, гладкой арматуры $A240C\varnothing 10\text{мм}$ – 256,2 МПа, арматурных стержней периодического профиля $A400C\varnothing 10\text{мм}$ – 425,5 МПа, $A400C\varnothing 16\text{мм}$ – 427,8 МПа.

Значения механических характеристик арматурной стали приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения механических характеристик арматурной стали

Диаметр, класс арматуры	<i>N</i> образца	<i>A_s</i> , мм ²	<i>P_u</i> , кН	Физическая (условная) граница текучести, σ_{SU} ($\sigma_{0,2}$), МПа
1	2	3	4	5
круг $A240C\varnothing 6,5\text{мм}$	1	33,2	8,53	256,2
	2	33,2	8,48	254,8
	3	33,2	8,56	258,4
	Среднее	33,2	8,52	256,47
$A240C\varnothing 10\text{мм}$	1	78,5	20,12	256,6
	2	78,5	20,06	255,1
	3	78,5	20,18	257,9
	Среднее	78,5	20,12	256,53
$A400C\varnothing 10\text{мм}$	1	78,5	33,36	425,8
	2	78,5	33,34	424,1
	3	78,5	33,42	426,4
	Среднее	78,5	33,37	425,43
$A400C\varnothing 16\text{мм}$	1	201,0	85,66	425,3
	2	201,0	86,16	429,7
	3	201,0	86,18	428,3
	Среднее	201,0	86,00	427,77

Изготовление балок осуществлялось в лаборатории строительных конструкций кафедры промышленного и гражданского строительства Юго-Западного Государственного университета. Все образцы были изготовлены за две бетонировки. Состав бетонов (по весу) приведен в таблице 3. При этом использовался щебень крупностью 5-10 мм. Фракции просеивались в лаборатории строительных материалов перед бетонировкой строго по ситам.

Бетонированию предшествовала лабораторная проверка расчетных составов и их корректировка.

Одновременно с основными железобетонными конструкциями для определения прочностных и деформативных характеристик бетона в возрасте 28 суток и в момент испытаний, – изготавливались вспомогательные бетонные образцы из бетонов того же состава: кубы $100\times 100\times 100$ – 12 шт., бетонные призмы сечения $100\times 100\times 400$ – 12 шт.

При этом фактическая прочность кубов бетона на сжатие в соответствии с ГОСТ 10180–90 составила: для сжатой зоны (домоноличивание новым бетоном) образцов всех серии 37,5 МПа, для образцов всех серий (растянутой зоны) 25,6 МПа.

Для призм сплошного сечения фактическая прочность бетона на сжатие составила: для проектного класса бетона В20 – 19,47 МПа. Переход к нормативным характеристикам позволяет получить нормативную призмную прочность.

Для проектного класса бетона В20 она составляет 15,17 МПа. Переход к расчетным характеристикам позволяет получить расчетную призмную прочность.

Таблица 3 – Состав бетона опытных образцов

Класс бетона	\bar{R} , МПа	В:Ц	Марка цемента	Расход материала на 1 м ³ бетона в кг				Осадка конуса, см
				цемент	песок	щебень	вода	
В20	25,18	0,6	М400	335	740	1108	200	6–8

Для проектного класса бетона В20 она составляет 11,65 МПа.

Фактическая прочность бетона на растяжение составила: для проектного класса бетона В20 – 1,667 МПа. Нормативная прочность бетона на растяжение составила: для проектного класса бетона В20 – 1,300 МПа.

Начальный модуль упругости бетона для проектного класса бетона В20 составили $2,77 \cdot 10^4$ МПа.

Полученные характеристики бетонов и арматуры удовлетворяют требуемым условиям, согласно которым выполняется разделение опытных железобетонных образцов на три серий в соответствии с табл. 1.

Конструкции каркасов и опалубка для бетонирования основных образцов приведена на рис. 1. Она включает четыре деревянные формы, покрытые жстью.



Рисунок 1 – Конструкции каркасов (а) и опалубочные формы (б)

Методика проведения эксперимента. Железобетонные образцы испытываются в горизонтальном положении (со свободным доступом к растянутой зоне), что позволяет детально изучить картину образования, развития и раскрытия трещин. Испытательная установка позволяет реализовывать намеченную схему нагружения с заданной длиной и варьированием плеча приложения нагрузки (рис. 2).

Размещение механических приборов показано на рис. 3. Здесь же показаны зоны установки электротензорезисторов базой 20 мм.

Учитывая, что исследования такого дифференциального параметра, как ширина раскрытия трещин, проводятся с позиции механики разрушения, то это находит отражение в мето-

дике проведения эксперимента. Электротензорезисторы устанавливаются по высоте расчетных поперечных сечений экспериментальных конструкций основных серий; в фибровых волокнах; в местах определения нулевой точки, т. е. перехода от удлинения к укорочению и в сжатой зоне бетона (рис. 3). Целью установки электротензорезисторов является изучение распределения деформаций по высоте сжатой зоны и в окрестностях, прилегающим к фибрам; определения размеров сжатой зоны и фактической высоты развития пространственных трещин.

При разработке методики экспериментальных исследований предусматриваются три группы электротензорезисторов на основные опытные железобетонные конструкции. На рис. 3 приняты следующие обозначения: **ИБ1** – индикатор часового типа с ценой деления 0,001мм для измерения линейных перемещений бетона, расположенный на сжатой фибре бетона, установленный на базе 250 мм; **ИБ2** – то же, для измерения линейных перемещений сжатого бетона на расстоянии 30 мм выше оси индикатора **ИБ1**, установленный на базе 250 мм; **ИБ3** – то же, для измерения линейных перемещений сжатого бетона 50 мм выше оси индикатора **ИБ1**, установленный на базе 250 мм; **ИА1** – индикатор часового типа с ценой деления 0,001мм для измерения линейных перемещений растянутой арматуры, установленный на базе 250 мм;

КИП II-1,6



Образец Изгиб с кручением сплошного прямоугольного сечения, вторая серия, длина 1,6 м, плечо силы от 0,5b до 0,5R - 320 мм

Количество - 2 шт.

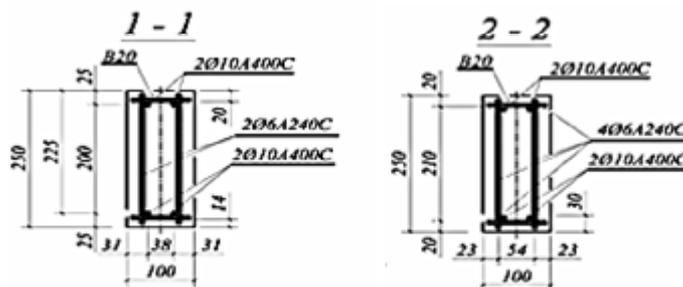


Рисунок 2 – Конструкция, армирование и схема нагружения опытного образца второй серии сплошного сечения КИП-II-1,6

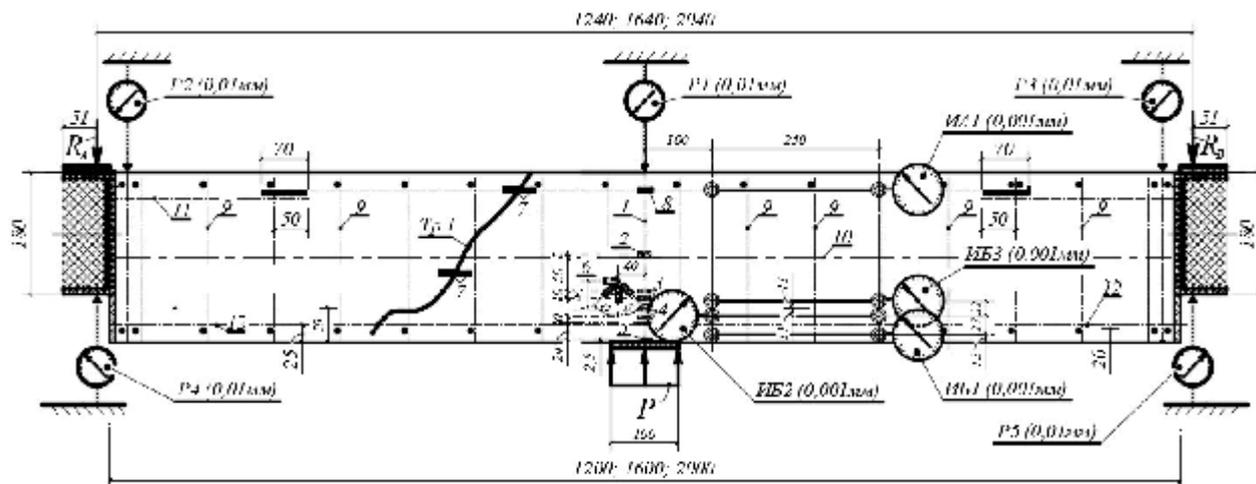


Рисунок 3 – Схема расположения механических приборов и электротензорезисторов, установленных при испытании железобетонных конструкций при действии кручения изгибом :

1 – вертикальная ось симметрии образца; 2 – электротензорезисторы, расположенные сверху от нейтральной оси 10; 3 – то же, расположенные в зоне сжатого бетона; 4 – то же, в зоне, прилегающей к нейтральной оси. 5 – электротензорезисторы, расположенные на фибре бетона; 6 – розетка электротензорезисторов, расположенная на удалении 40 мм от вертикальной оси образца 1; 7 – электротензорезисторы, расположенные на берегах появившейся трещины; 8 – то же, на уровне оси растянутой арматуры; 9 – ось вертикальных арматурных хомутов; 10 – средняя нейтральная ось; 11 – ось растянутой арматуры; 12 – ось сжатой арматуры

P1 – прогибомер, индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм для измерения перемещений испытываемой конструкции, установленный на уровне ее геометрического центра; **P2** – прогибомер, индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм для измерения перемещений испытываемой конструкции, установленный в правой части (на краю) конструкции по центру ширины образца; **P3** – прогибомер, индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм для измерения перемещений испытываемой конструкции, установленный в левой части (на краю) конструкции по центру ширины образца; **P4** – прогибомер, индикатор часового типа с ценой деления 0,01мм для измерения перемещений левой консоли (левого края образца от действия кручения с изгибом) испытываемой конструкции, установленный по центру половины ширины образца; **P5** – прогибомер, индикатор часового типа с ценой деления 0,01мм для измерения перемещений правой консоли (правого края образца от действия кручения с изгибом) испытываемой конструкции, установленный по центру половины ширины образца; **P6**, **P7** – прогибомеры, индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм для измерения углов кручения по обоим торцам образца, на расстояниях 300мм по горизонтали от геометрического центра поперечного сечения испытываемой железобетонной конструкции.

I группа электротензорезисторов (рис. 3). Электротензорезисторы устанавливаются по высоте (среднего по длине железобетонной конструкции) поперечного сечения, экспериментальных железобетонных конструкций основных серий в фибровых волокнах, в местах определения нулевой точки, т. е. перехода от удлинения к укорочению. Целью установки электротензорезисторов является изучение распределения деформаций по всей высоте сжатой зоны, определение размеров сжатой зоны и фактической высоты развития трещин. Для обеспечения надежности и дополнения опытной информации предусматриваются розетки (составляющие II группу электротензорезисторов), расположенные в двух одинаково напряженных (симметричных) сечениях.

II группа электротензорезисторов – розетки, образованные четырьмя электротензорезисторами под углом 45°, наклеенные на бетон. Схема размещения электротензорезисторов II группы приведена на рис. 3 и рис. 4.

III группа электротензорезисторов – электротензорезисторы, устанавливаемые на берегах образуемых трещин на уровне оси растянутой арматуры. Схема размещения электротензорезисторов **III группы** приведена на рис. 3.

Обоснование полученных результатов. Для повышения достоверности экспериментальных данных работа электротензорезисторов дублировалась (там, где это возможно) с помощью механических приборов (с ценой деления 0,001мм) (рис. 3). При этом также устанавливались механические приборы вдоль оси наиболее растянутой арматуры (рис.3), которые дают возможность определить средние деформации арматуры и в сочетании с другими механическими приборами и тензорезисторами, – проверить гипотезу плоских сечений в поперечном сечении (среднем по длине железобетонной конструкции) для средних деформаций бетона и арматуры. Для измерения максимальных прогибов устанавливались прогибомеры (с ценой деления 0,01 мм) – рис. 3.

С целью исключения влияния окружающего бетона на положение гаек при деформациях (установленных на рабочую арматуру), на гайки надевались специальные резиновые трубки перед бетонировкой, а торцы гаек закрывались с помощью пластилина.

Перед началом испытаний производилось тщательное освидетельствование конструкции, т.е. отмечались начальные трещины, раковины, искривления и др.

С целью извлечения максимума информации каждый образец испытывался с доведением до разрушения. Нагружение железобетонных конструкций осуществлялось плавно, – мелкими ступенями, составляющими $0,1M_{кр}$. Это необходимо для выявления особенностей деформирования при образовании трещин первого, второго и т.п. уровней. Выдержка на ступенях контрольной нагрузки по трещиностойкости и жесткости осуществлялась в течение не менее часа. Выдержка на всех ступенях, кроме контрольной, для проверки жесткости и трещиностойкости составляла не менее получаса. В процессе кратковременного нагружения отсчеты по механическим приборам и датчикам снимались дважды на этапе: сразу после приложения нагрузки и после выдержки.

Перед ожидаемым моментом трещинообразования растянутая зона каждой балки тщательно осматривалась, появление трещин фиксировалось визуально и с помощью микроскопа МПБ-2 с 24-х кратным увеличением и ценой деления 0,05мм с точностью до 0,025мм. По мере дальнейшего нагружения проводились наблюдения за появлением новых трещин и развитием уже имеющихся; замерялась ширина раскрытия трещин на двух боковых гранях в выше отмеченных уровнях (расположенных выше оси арматуры на 20мм и 30 мм, соответственно) вдоль всего профиля трещины, рис. 5.



Рисунок 4 – Общий вид установки электротензорезисторов на бетон



Рисунок 5 – Картина образования и развития трещин при проведении испытаний железобетонных конструкций второй серии на кручение с изгибом

Зарисовка трещин производилась на специальных планшетах. Во время проведения экспериментальных исследований, с помощью микроскопа МПБ-2 замерялась ширина раскрытия трещин на уровне оси продольной рабочей арматуры и рабочих поперечных стержней, а

также в нескольких местах вдоль профиля трещины, по направлению развития трещины. Картина трещин, их раскрытие и распространение на каждой ступени наносилась с помощью карандашной кальки на специальные планшеты в масштабе 1:1.

На достоверность и правильность экспериментальных данных влияет тот факт, что на опытные образцы устанавливались не только дублирующие группы электротензорезисторов, но также механические приборы и розетки.

Выводы. Таким образом, на основании разработанной методики экспериментальных исследований железобетонных конструкций, представляется возможным проверить предложенную расчетную модель и рабочие гипотезы [1–4], а также получить достоверные данные о расчетных параметрах и сложном напряженно-деформированном состоянии в исследуемых областях при действии изгибающего, крутящего моментов и поперечной силы.

Предложенная методика экспериментальных исследований охватывает широкий круг вопросов, которые так необходимы при разработке нового расчетного аппарата железобетонных конструкций (и в первую очередь для выяснения трещинообразующей нагрузки и координат мест образования пространственных трещин) на действие кручения с изгибом (рис. 4, рис. 5.).

Таким образом, выполненные экспериментальные исследования, представляют возможность проверки достоверности расчетного аппарата трещиностойкости железобетонных конструкций при действии кручения с изгибом, расстояний между трещинами (рис. 5) (при проверке многоуровневого процесса их образования) и дают возможность убедиться в адекватности рабочих гипотез при варьировании длины образцов, крутящего и изгибающего моментов, класса бетона, и в заметной степени дополняют имеющийся фактический материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Salnikov A., Kolchunov V.I., Yakovenko I. The computational model of spatial formation of cracks in reinforced concrete constructions in torsion with bending (2015), Applied Mechanics and Materials. Vols. 725-726 (2015) pp. 784–789.
2. Сальников, А. С. Расчетная модель образования пространственных трещин первого вида при кручении с изгибом [Текст] / А. С. Сальников, В. И. Колчунов, И. А. Яковенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – №3. – С. 35–40.
3. Сальников, А. С. Методика расчета предельной нагрузки и координат образования пространственной трещины первого вида в железобетонных конструкциях при кручении с изгибом [Текст] / А. С. Сальников, В. И. Колчунов, В. И. Колчунов // Строительство и реконструкция. – 2015. – №6(62). – С. 49–56.
4. Сальников, А. С. Метод определения минимальной нагрузки и координат образования пространственной трещины в железобетонных конструкциях при кручении с изгибом [Текст] / А. С. Сальников, Н. В. Ключева, В. И. Колчунов // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – №1. – С. 52–57.
5. Ключева, Н. В. К расчету ширины раскрытия наклонных трещин третьего типа в составных железобетонных конструкциях [Текст] / Н. В. Ключева, И. А. Яковенко, Н. В. Усенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №2. – С. 8–11.
6. Ключева, Н. В. Жилые и общественные здания из железобетонных панельно-рамных элементов индустриального производства [Текст] / Н. В. Ключева, В. И. Колчунов, Д. А. Рыпаков, А. С. Бухтиярова // Жилищное строительство. – 2015. – №5. – С. 69–75
7. Бондаренко, В. М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона [Текст] : монография / В. М. Бондаренко, В. И. Колчунов. – М. : АСВ, 2004. – 472 с.
8. Гольшев, А.Б. Сопротивление железобетона [Текст] : монография / А.Б. Гольшев, В. И. Колчунов. – К. : Основа, 2009. – 432 с.

Владимир Иванович Колчунов

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры промышленного и гражданского строительства
E-mail: vlik52@mail.ru

Алексей Сергеевич Сальников

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск
Аспирант, инженер
E-mail: ego2103@ukr.net

VI. KOLCHUNOV, A. SALNIKOV

EXPERIMENTAL STUDIES OF CRACK FORMATION REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS IN TORSION WITH BENDING

It is proposed the program and methodology of experimental researches of reinforced concrete constructions with torsional bending, the main purpose of which is to check the calculation assumptions and the experimental determination of the design parameters of the proposed calculation method. Particular attention is paid to the definition of coordinates and the generalized load formation of different spatial cracks on the bottom or side face in reinforced concrete constructions subject to torsional bending.

Completed experimental studies represent an opportunity to validate the design unit of crack resistance of reinforced concrete structures under the action of torsion with bending.

Keywords: reinforced concrete constructions, torsional with bending resistance, load and coordinates space cracks emergence, experimental verification of calculation model.

BIBLIOGRAPHY

1. Salnikov A., Kolchunov VI., Yakovenko I. The computational model of spatial formation of cracks in reinforced concrete constructions in torsion with bending (2015), Applied Mechanics and Materials Vols. 725-726 (2015) pp. 784–789.
2. Salnikov A. S. Raschetnaya model obrazovaniya prostranstvennykh treschin pervogo vida pri kruchenii s izgibom / A. S. Salnikov, VI. I. Kolchunov, I. A. Yakovenko // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2015. – №3. – P. 35–40.
3. Salnikov A. S. Metodika rascheta predelnoy nagruzki i koordinat obrazovaniya prostranstvennoy treschiny pervogo vida v zhelezobetonnykh konstruktsiyah pri kruchenii s izgibom / A. S. Salnikov, V. I. Kolchunov, V. I. Kolchunov // Stroitelstvo i rekonstruktsiya. – 2015. – №(62). – P. 49–56.
4. Salnikov A. S. Metod opredeleniya minimalnoy nagruzki i koordinat obrazovaniya prostranstvennoy treschiny v zhelezobetonnykh konstruktsiyah pri kruchenii s izgibom / A. S. Salnikov, N. V. Klyueva, V. I. Kolchunov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2016. – №1. – P. 52–57.
5. Klyueva N. V. K raschetu shiriny raskryitiya naklonnykh treschin tretogo tipa v sostavnykh zhelezobetonnykh konstruktsiyah / N. V. Klyueva, I. A. Yakovenko, N. V. Usenko // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2014. – №2. – P. 8–11.
6. Klyueva N. V. Zhilye i obschestvennyye zdaniya iz zhelezobetonnykh panelno-ramnykh elementov industrialnogo proizvodstva / N. V. Klyueva, V. I. Kolchunov, D. A. Ryipakov, A. S. Buhtiyarova // Zhilischnoe stroitelstvo. – 2015. – №5. – P. 69–75.
7. Bondarenko V. M. Raschetnyye modeli silovogo soprotivleniya zhelezobetona : monografiya / V. M. Bondarenko, V. I. Kolchunov. – M. : ASV, 2004. – 472 p.
8. Golyishev A.B. Soprotivlenie zhelezobetona: monografiya / A.B. Golyishev, V. I. Kolchunov. – K. : Osnova, 2009. – 432 p.

Vladimir Kolchunov

Southwest State University, Kursk

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Industrial and Civil Engineering Department

E-mail: vlik52@mail.ru

Alexey Salnikov

Bryansk state engineering and technological university, Bryansk

Post-graduate student, engineer

E-mail: ego2103@ukr.net

SEISMIC RETROFITTING OF EXISTING RC BUILDING IN NEPAL

Recent earthquake in Nepal (2015) highly delegated the power of nature and the catastrophic impact of such power upon urban cities like Kathmandu, the capital of Nepal. Casualties and damage associated with older buildings, mostly of them were designed and constructed with non engineering conventional methods depending fully on non- skilled contractors, and using codes which deal with only gravity loads that are now known to provide inadequate safety, are far worse than that for newer buildings which have been designed and built in accordance with more stringent code requirements but many RC building have got severely affected creating microstructure cracks and have been weakened about in range of 25 to 50% in strength as well as in durability of RC structure. The seismic retrofitting of buildings is still a new methodology for most of engineers which are engaged to analysis and design of such RC buildings in Nepal. The retrofitting of such RC building requires high skilled technical manpower, but there is no such policy of government which will lead fruitful achievements in retrofitting. Changes in design and construction technologies and innovation of new and modified retrofit technologies will lead challenge to engineers in selecting a technically, economically and socially acceptable solution for a country like Nepal.

Keywords: earthquake, RC jacketing, RC structures, retrofitting.

1. Introduction

Reinforced concrete (RC) building construction in Nepal has started from 1970 and such types of construction of buildings is rapidly increased, replacing other construction materials and solutions like adobe, stone and brick masonry in major cities of Nepal as well as in other parts of the country. Increasing population and growing social and commercial activities but limited land resources available in a modern city lead to more and more buildings being built closely to each other. These buildings, in most cases, are built without any structural connections but only but- jointed. Hence, earthquake resistant capacity of each building mainly depends on itself as its seismic weight plays important role [1, 2]. The ground motion during earthquakes causes damage to the structure by generating inertial forces caused by the vibration of the buildings masses. Tall with slenderness structures are extremely vulnerable to the structural damage because the masses at the levels are relatively large, supported by slender columns. The displacement of the upper stories is very large as compared to the lower ones. This includes large shear forces on the base columns. If the separation distances between adjacent buildings are not sufficient, mutual pounding may also occur. Building design usually involves arrangements and placements of the elements of the structure such that the restraint, constraints on strength and serviceability limit states must be always satisfied which were not considered in conventional approach of limit state of collapse. Existing RC structures may have severely affected after earthquakes and aftershocks creating hair-pin cracks within elements of structures. It is then decided to implement RC frame jacketing technique due to its feasibility and ease for execution. The main objective of jacketing is to increase the seismic capacity with ductility consideration of the moment resisting RC framed structures. In almost cases, the over stressed columns as well as beams of the existing structure have been jacketed with sufficient development boundaries. In structures with ordinary existing slab [3], the increase in stiffness obtained by adding extra reinforcements and torsion bars. In some cases, foundation are strengthened and stiffened by jacketing surrounding depth of footings. Jacketing serves to improve the lateral strength and ductility by confinement of compression concrete. Jacketing of columns, beam consists of added high graded concrete with longitudinal and transverse reinforcement around the columns.

1.1 Retrofitting of Existing RC Structures

The actions taken to upgrade the seismic resistance of an existing building elements so that they becomes not only safer but also resist seismic forces under upcoming earthquakes. This can be in the form of providing RC Jacketing of frame elements, various seismic bands, deduction of unnecessary dead loads, adding shear walls instead of ordinary walls, bracing of roofs and floors to be able to act as horizontal diaphragms, adequately connecting roofs to walls and columns and also connecting between walls and foundations [4, 5]. RC jacketing of frame elements will be most economic and can be handled by semi skilled manpower. RC jacketing should be applied after only best performed analysis and design which will lead appropriate way of retrofitting.

1.2 Concept of Retrofitting

Retrofitting refers to the addition of new technology or features to older existing systems which may already weakened by severe earthquake and aftershocks, by optimizing the strength, ductility, serviceability and seismic loads. Strength of the building is generated from the structural dimensions, materials, shape, and number of structural elements, etc. Ductility will play important role to resist seismic force of the building is resisted from proper structural detailing, high graded materials used, and higher degree of seismic resistant and proper supervision during construction.

1.3 Causes of failure of existing RC framed buildings in Nepal

Damage to RC buildings in Nepal were caused by following factors.

Most of RC buildings in Nepal are not being designed using seismic codes and only by non engineering methodology done by semi-skilled contractors and technician with lack of supervision.

Improper detailing of reinforced structures which lead missing of development length of reinforcements.

Poor materials, construction and workmanship used, as Nepal has not developed yet advance technology for screening quality control in such materials.

Long cantilevers, Canopy and extensions of structures are carried out without proper consultant of structure Engineer.

RC buildings have poor quality foundations structures or foundations built on poor soils so not matching in fixity in periphery of footing depth.

Addition of extra floors for commercial purpose which is illegal as municipality has already given permission for only fixed numbers of floors.

1.4 Methods of Retrofitting

To Increase the capacity/strength ratio and ductility of the existing RC building in Nepal followings are easy handling methods by semi skilled manpower like country Nepal.

Reinforced Concrete Jacketing

Steel Jacketing.

Additional of RC shear wall to existing column

Reinforced Concrete Jacketing

Reinforced concrete (RC) jacketing is most frequently used to strengthen columns [5, 6]. The common practice to prepare the interface is empirically based and consists on increasing the surface roughness, applying a bonding agent and eventually steel connectors. An experimental study was performed to analyze the influence of the interface treatment on the structural behavior of columns strengthened by RC jacketing.

Reinforced concrete jacketing can be employed as a repair or strengthening scheme. Damaged regions of the existing members should be repaired prior to their jacketing. There are two main purposes of jacketing of columns:

(i) Increase in the shear and moment capacity of columns, beams and footings in order to accomplish a strong column-weak beam design concept punching or one way shear effect in the case of footings.

(ii) To improve the column's flexural strength by the longitudinal steel of the jacket made continuous through the slab system are anchored with the foundation. It is achieved by passing the new longitudinal reinforcement through holes drilled in the slab and by placing new concrete in the beam column joints as shown in figure 1. Retrofitted sections are designed in this way so that the flexural strength of columns should follow strong column weak beam concept. Transverse reinforcements or tie has been provided with proper details.

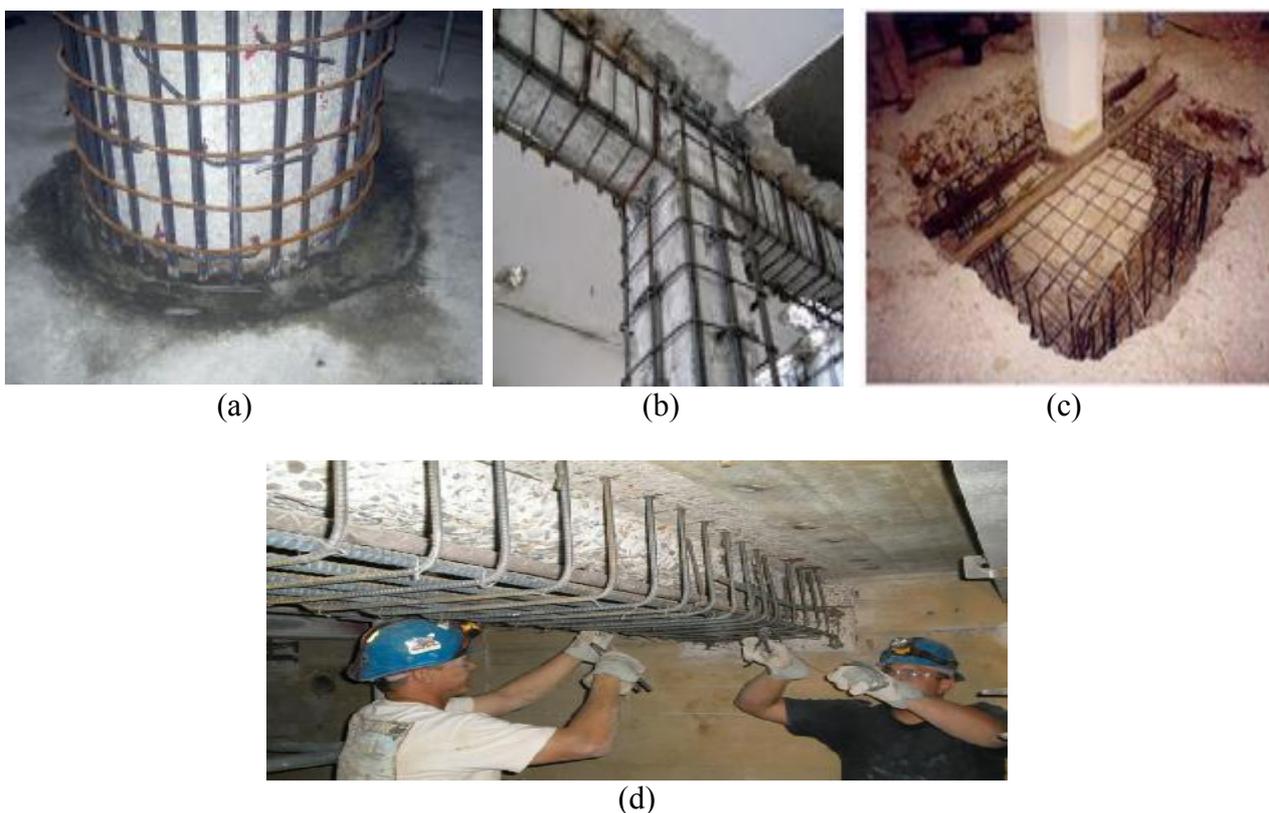


Figure 1 – RC jacketing of column (a), column and beam joint (b), footing (c) and beam (d)

Methodologies of reinforcement concrete jacketing.

Columns and Beams Jacketing works:

Columns are retrofitted through the existing foundation. Existing floor PCC is broken down and excavation is carried out to expose the existing foundation [3 - 5].

All the plaster on concrete surface is removed and roughen the concrete surface by chiseling with hammer, chiseling tools and grinding machine.

The entire duct is removed by blower and the surface is prepared for anchoring works [8].

For providing anchor rod, a hole perpendicular to the concrete surface up to depth 75mm is drilled with drilling machine. The depth of hole is minimum of 6 times of diameter of anchor rod and the hole diameter is minimum 6mm more than the diameter of anchor rod.

Fill the hole with Perma Grout 80 (Epoxy based Grouting Chemical) and insert the anchor rod up to full drilled depth 75mm. The Chemicals is used under the specification of manufacturer company. The details of anchorage bar on the retrofitted column is shown below

The Same analysis/design process for jacketing in column is illustrate as below:

Firstly the average type of residential building of 5 storey in Nepal of 2 storey was designed with non-engineering methodology keeping inadequate reinforcements. The column section of the existing building as shown in fig. 2 (a) with 8 nos. of 12 dia. rebar.

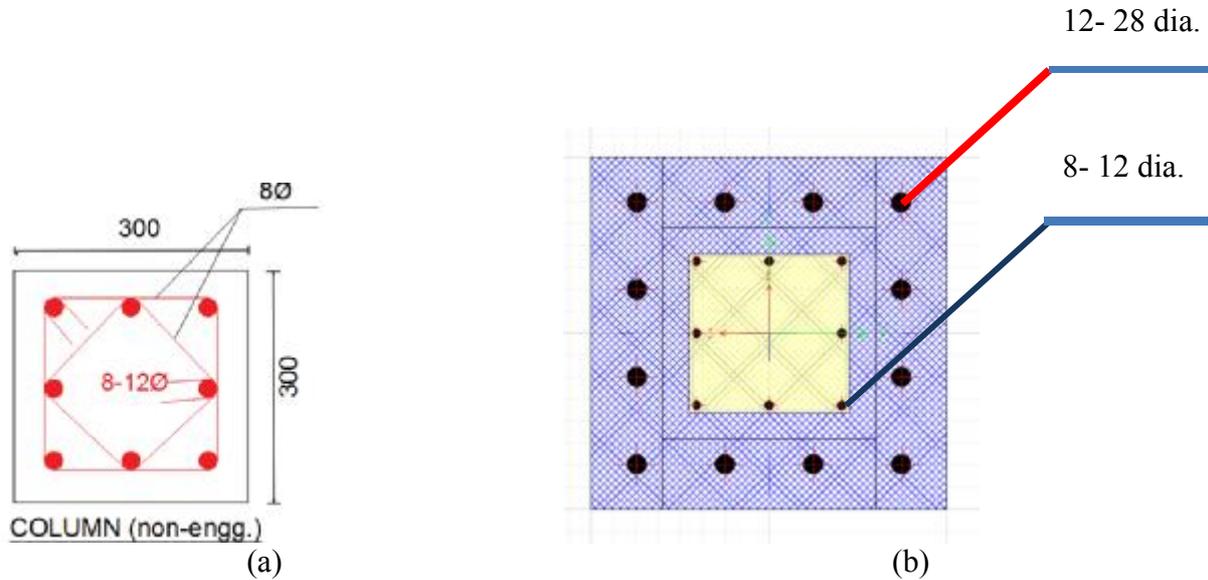


Figure 2 – Column section: of the existing building (a) and after retrofitting (b)

The column section as retrofitted section is shown in fig 2 (b), which is jacketed with 100 mm thickness of surrounding concrete and with 12 nos. of 28 mm dia. additional rebar. In the Jacketing case concrete grade M30 is kept same as of existing column. In the figure 3 the extrude view of modeling of 5 storey building as existing (a) and retrofitted (b) is shown below.

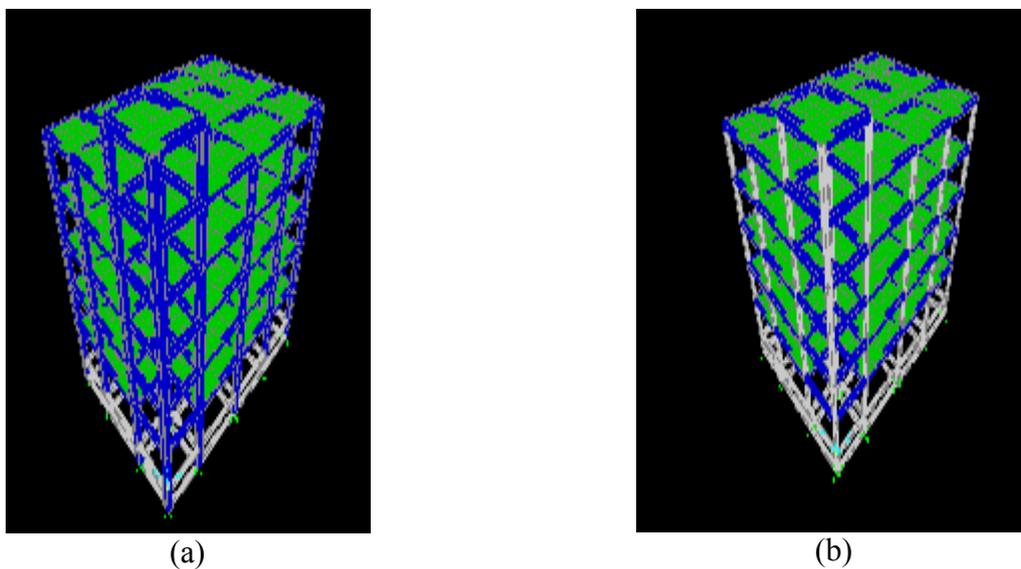


Figure 3 – the extrude view of modeling of 5 storey building as existing (a) and retrofitted (b)

Similarly we can change concrete grade of jacketing M30 to M60 and the design section of following lead the verification of pass of all column members. The steel jacketing can be done to increase capacity ratio of column.

As well, the structure cracks are treated before application of Reinforcement Concrete Jacking works by epoxy grouting system. For this, the crack length of structure is widened to about 3mm and cleaned with blower. A packer is provided along the crack length from 500 to 600 mm c/c with Perma Bond SBR and cement sand mortar. The crack length is filled with Perma Heavy Duty Mortar (HDM). The packer is allowed to set for about 24 hrs and then Perma EG 100 (two component of epoxy based compound) is injected with electrical/manual machine. Perma EG100 is a low viscosity chemical which even pass through the small hair cracks.

7. Again the packer is allowed to settle for 24 hours and remaining part of the packer is cut out with grinder machine.

8. After the treatment of cracks by Epoxy Grouting System, reinforcement is erected/provided as per the design drawing submitted. As well, anchoring bars are provided to connect the new concrete surface and old concrete surface as per the drawing provided and process mentioned above in 4 and 5.

i. Provide the layer of longitudinal bar as recommended by design and detailing.

ii. Provide the lateral ties (stirrups) with 10mm bar 100mm C/C spacing, with proper hook length and angle as per provided drawings.

iii. Provide the staggered anchor 10mm bar 200mm c/c spacing along the direction of longitudinal bar at each side of column, to resist shear force at the transition surface.

iv. In column, complete loop rings are not possible to insert into the beams. U-shaped rings with proper connection should provide as according to the bars and rings shown in drawings.

v. Bent of bars is provided on top, middle & bottom position to tie up old and new longitudinal reinforcement as per the drawing provided (figure 4).

9. After erection of reinforcement, shuttering works are carried out in line and level by 18mm thick water proof ply board. The form work is well supported.

10. Coating of Perma Bond SBR/Perma SBR is applied on the concrete surface for bounding the old and new concrete layer.

11. Casting of column is carried out by M25(as per provided design) grade of concrete in addition with Perma Plast PC 202 admixture in ratio of 200ml per bag of cement and Micro silica in ratio of 150gm per bag of cement. Practically, the casting is carried out in three layers and form works is also carried out in the same manner. Vibrator is also used while casting the columns. Perma SBR, a bonding chemical is used for bonding different layers of concrete.

12. Curing is carried out by wrapping wet jute bag for 7 days regularly.

ii). Steel Jacketing

Local strengthening of capacity of column beam and footings has been improved by jacketing with steel plates. Steel plates or angles surrounding and glued with proper bonds will increase strength capacity and ductility of existing column beam [9] as shown in figure 5.



Figure 4 – Reinforcement of column and anchoring bars



(a)



(b)

Figure 5 – Steel Jacketing of Columns (a), Column Beam Joint (b)



Figure 6 – Additional of RC shear wall to existing column

Additional of RC shear wall to existing column

Retrofitting of structural RC framed building adding RC shear wall [7] is done for seismic assessment of such existing RC building in Nepal which are mostly subjected to add extra floors (figure 6). Due to increasing in commercial and rental aspects in large cities like Kathmandu, Pokhara and Biratnagar due to high cost of land the owners of buildings are always seeking to add extra floors above roof top of existing buildings and mean time adding such extra floors will violate previous design criteria as following.

The roof top floor was always designed with reduced Live Load which will lead act as interior floor with full Live Load after addition of such extra floors.

The footing depth, column size and percentage of reinforcements.

The Maximum drift due to seismic force will alter than the existing one.

2. Retrofitting of Pokhara Trade Mall in Pokhara, Nepal

Background

In order to overcome the future collapse that may have occurred due to high seismic forces it was decided to strengthen the existing Pokhara Trade mall building with 7 blocks located in the central part of Pokhara city Nepal. This building was proposed in 2012 and accordingly was designed for B + G+ 4 storeys. The design of building is reviewed and proposed retrofitting technologies as following reasons.

- a) Extra two floors has to be added as per share holder's request.
- b) Two multiplex Hall will be added for entertainment and high flow people for shopping.

c) The columns were designed as 20”x20” which will not follow strong column weak beam concept.

d) Extra columns are proposed to be constructed in mid part of beams for space of Multiplex Hall.

It’s necessary to every civil engineer to have knowledge of proper repairs and strengthening of earthquake damaged buildings. Indian standards and Nepal building codes like NB+ which exist but are not used by local engineers or builders in urban or rural areas, mainly due to lack of knowledge and training and workmanship. Many buildings have been severely weakened, and the experts are concerned to that there could be another disaster in waiting from a future earthquake which will lead totally collapse of building. Good repairs, and addition of shear wall to existing columns using appropriate seismic codes and seismic standards may reduce this vulnerability.



Figure 7 – Retrofitted building of Pokhara trade mall

This project of building of Pokhara trade mall (figures 7, 8) shows the seismic assessments done in each and every critical places for future upcoming Earthquake will give knowledge of response of building during earthquake and how to safely carry out good repair and strengthening techniques to low strength buildings.

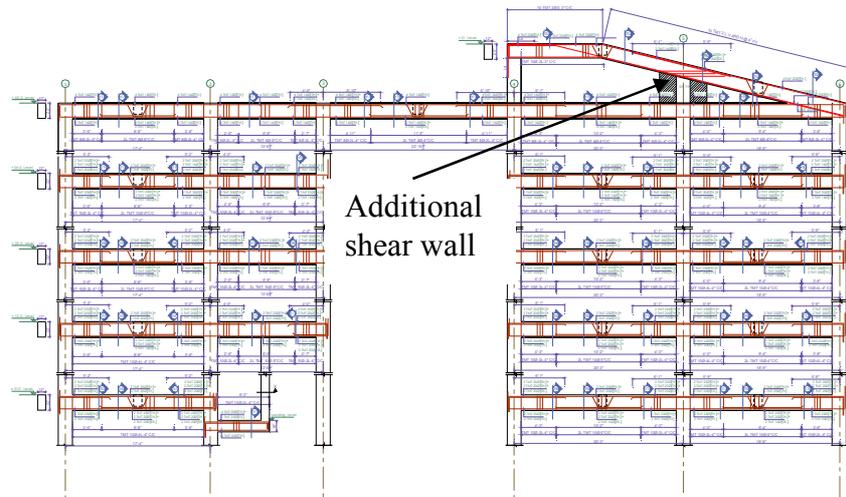


Figure 8 – Structural Drawing model of addition of shear wall due to extra floors and multiplex above

3. Conclusion

Strengthening of building considered in the report is an attempt to increase the life and to sustain the unwanted disturbances like, earthquakes. The building though was proposed to have been constructed as four storied building and was designed as per requirements as six storied in mean time of construction after review of previous design. The various methodologies for retrofitting of structures are simple and to make easy to use in remote area of Nepal where is lack of skilled manpower.

BIBLIOGRAPHY

1. Bertero V.V., 1986. Observation of structural pounding. Proceedings of the International conference: The Mexico Earthquake 1985, American Society of Civil Engineers (ASCE), pp.264–278.
2. Lee J.C., 1999. Mitigation effects of viscous shock absorber on structural pounding. Master thesis. Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology (in Chinese).
3. J.H. Bungey, 1989. The Testing of Concrete in Structures, Surrey University Press.
4. Hand Book on Non-Destructive Testing of Concrete, Second Edition, Edited by V.M. Malhotra and N.J. Carino, CRC Press LLC, 2004.
5. CPWD Handbook on Repair and Rehabilitation of RCC Structures, Central Public Works Department (CPWD), Government of India, New Delhi, 2002.
6. Jaeger L.G., Mufti A.A. and Tadros G., 1997, The Concept of the Overall Performance Factor in Rectangular Section Reinforced Concrete Members, Proc. 3rd Int. Symp. on Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Sapporo, Japan, Vol. 2, pp, 55 1-559.
7. Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA, 1 999), “Seismic Retrofitting Design and Construction Guidelines for Existing RC Buildings with FRP Materials”.
8. Jensen A.P., Petersen C.G., Poulsen E., Ottosen C. and Thorsen T. (1999), On the Anchorage to Concrete of Sika CarboDur CFRP Strips, Int. Congress: Creating with Concrete
9. Roberts T.M, 1995. Seismic resistance of steel plate shear walls. Engineering Structures, Vol. 17, No. 5.

Govind P. Lamichhane

University of Porto, Portugal, Porto

Post Doctorate Scholar

E-mail: govindkhec@gmail.com

ЛАМИЧХАНЕ Г.П.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЗДАНИЯ
С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ КАРКАСОМ В НЕПАЛЕ
С УЧЕТОМ НАГРУЗОК ОТ СЕСМИЧЕСКИ**

Недавнее землетрясение в Непале (2015) наглядно продемонстрировало силу природы и катастрофическими последствиями такой силы для городов, таких, как Катманду, столица Непала. Жертвы и ущерб связаны с обрушением более старых зданий, которые в основном они были спроектированы и построены без учета сейсмичности некавалифицированными проектными организациями с помощью норм, учитывающих только гравитационные нагрузки, которые сейчас, как известно, обеспечивают недостаточную безопасность, гораздо меньшую, чем в новых зданиях, которые были спроектированы и построены в соответствии с более строгими требованиями строительных норм. Однако многие здания с железобетонным каркасом также пострадали вследствие образования микро трещин, ослабивших конструкции примерно в диапазоне от 25 до 50%, а также это привело к снижению долговечности железобетонных конструкций. В данной работе предложена методика модернизации существующих зданий с железобетонным каркасом в Непале. Реконструкция таких зданий требует высококвалифицированных технических специалистов. Однако требуется принятие на законодательном уровне требований, которые бы ввели положительный опыт в практику проектирования усиления и модернизации зданий с железобетонным каркасом. Новые подходы в области проектирования и строительных технологий должно активно использоваться при выборе технически, экономически и социально приемлемого решений для такой страны, как Непал.

Ключевые слова: землетрясение, радиоуправляемый оболочки, железобетонных конструкций, модернизация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Roberts T.M, 1995. Seismic resistance of steel plate shear walls. Engineering Structures, Vol. 17, No. 5.
2. Bertero V.V., 1986. Observation of structural pounding. Proceedings of the International conference: The Mexico Earthquake 1985, American Society of Civil Engineers (ASCE), pp.264–278.
3. Lee J.C., 1999. Mitigation effects of viscous shock absorber on structural pounding. Master thesis. Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology (in Chinese).
4. J.H. Bungey, 1989. The Testing of Concrete in Structures, Surrey University Press.
5. Hand Book on Non-Destructive Testing of Concrete, Second Edition, Edited by V.M. Malhotra and N.J. Carino, CRC Press LLC, 2004.
6. CPWD Handbook on Repair and Rehabilitation of RCC Structures, Central Public Works Department (CPWD), Government of India, New Delhi, 2002.
7. Jaeger L.G., Mufti A.A. and Tadros G., 1997, The Concept of the Overall Performance Factor in Rectangular Section Reinforced Concrete Members, Proc. 3rd Int. Symp. on Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Sapporo, Japan, Vol. 2, pp, 55 1-559.
8. Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA, 1 999), “Seismic Retrofitting Design and Construction Guidelines for Existing RC Buildings with FRP Materials”.
9. Jensen A.P., Petersen C.G., Poulsen E., Ottosen C. and Thorsen T. (1999), On the Anchorage to Concrete of Sika CarboDur CFRP Strips, Int. Congress: Creating with Concrete

Говинд П. Ламичхане

Университет Порто, Португалия, г. Порто

Докторант

E-mail: govindkhec@gmail.com

МАМИН А.Н., ШТУНЦАЙГЕР И.Е., ДЕНИСОВ А.С.

ВОПРОСЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОЕКТНОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

В настоящей публикации рассмотрены основные вопросы, связанные с определением реальной сейсмостойкости эксплуатируемых объектов; определение категории технического состояния эксплуатируемых объектов в соответствии с ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга»; расчет зданий и сооружений на сейсмостойкость с применением способа, при котором для моделирования сейсмического воздействия используются записи колебаний поверхности грунта, с использованием в качестве расчетных сейсмических воздействий одно-, двух- и трехкомпонентные акселерограмм реальных землетрясений; получение информации о динамическом поведении зданий и колебаниях грунта при сильных сейсмических воздействиях с помощью специальных станций инженерно-сейсмометрических наблюдений; рассмотрена структура построения автоматизированной системы сейсмометрических наблюдений на базе акселерометра ЦТА-СМ-ИС; технология построения прогностических карт последствий землетрясений.

Ключевые слова: сейсмостойкость, инженерно-сейсмометрическая станция, прогностические карты.

Землетрясения представляют собой одно из наиболее опасных для жизни человека природных явлений. За считанные минуты разрушительное землетрясение способно превратить в руины процветающие города, привести к гибели десятков, а то и сотен тысяч людей. Почти мгновенное опустошение, производимое таким землетрясением, оказывает огромное психологическое воздействие, заставляет уделять серьезное внимание этому природному явлению в современном обществе.

В связи с экономическим развитием сейсмоактивных регионов, происходит их активная застройка, вследствие чего остро встала необходимость решения целого ряда задач, связанных с повышением надежности сооружений и, за счет этого, снижением потерь от землетрясений, а также снижением стоимости антисейсмических мероприятий с целью высвобождения огромных материальных ресурсов, то есть необходимостью повышения экономичности строительства сейсмостойких сооружений [1].

Решение отмеченных проблем возможно лишь за счет более глубокого изучения процессов, происходящих в конструкциях при землетрясениях, и на этой основе совершенствования научных представлений о сейсмических воздействиях и о реальной работе строительных конструкций. Это дает возможность для рационального решения проблем за счет разработки методических основ прогнозирования изменений проектного состояния эксплуатируемых объектов при землетрясении.

При подготовке прогноза возможного масштаба изменений эксплуатируемых объектов при землетрясении по сравнению с их проектным состоянием необходимо определиться с реальной сейсмостойкостью этих эксплуатируемых объектов [2].

Реальная сейсмостойкость объектов строительства по ряду причин несовершенства и недостаточности информации о прогнозируемых сейсмических воздействиях и методов проектирования, низкого качества строительства и строительных материалов, эксплуатационного износа зданий и сооружений и несовершенства их реконструкции, изменения свойств специальных систем сейсмозащиты во времени и других, может существенно отличаться от требуемой для данной площадки в населенном пункте [3].

Оценка реальной сейсмостойкости зданий и сооружений осуществляется по степени их соответствия конструктивным и расчетным требованиям действующих строительных норм и правил для сейсмических районов и состоит из двух этапов: анализа технического состояния здания или сооружения, выполненного по ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга», и заключения о его реальной сейсмостойкости (установление класса сейсмостойкости) с учетом того, на какой уровень сейсмических воздействий было изначально запроектировано это здание или сооружение. Анализ состояния здания и сооружения проводится на основе результатов его обследования, включающего изучение технической документации и натурного освидетельствования объекта. Заключение о его реальной сейсмостойкости составляется на основе проведения поверочных расчетов с учетом полученных при обследовании параметров и свойств конструкций и задания сейсмических воздействий, соответствующих тому или иному уровню интенсивности землетрясений.

На практике для расчета зданий и сооружений на сейсмостойкость часто применяют способ, при котором для моделирования сейсмического воздействия используются записи колебаний поверхности грунта. В качестве расчетных сейсмических воздействий могут использоваться одно-, двух- и трехкомпонентные акселерограммы реальных землетрясений (рисунок 1), пересчитанные акселерограммы реальных землетрясений, синтезированные акселерограммы [4].

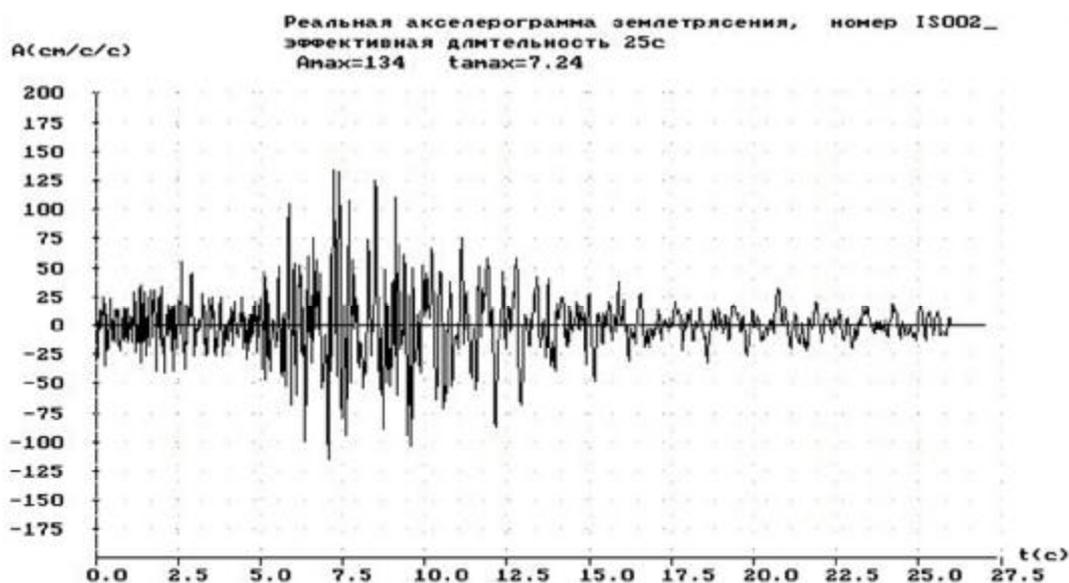


Рисунок 1 – Реальная акселерограмма землетрясения

Вначале считаем необходимым определиться с терминологией в рассматриваемой области. Акселерограмма реального землетрясения используемая для расчетов – это запись ускорения движения грунта на некотором удалении от зданий или других источников искажений, осуществленная сейсмическим прибором при землетрясении.

Пересчитанная акселерограмма реального землетрясения - запись ускорения движения грунта, полученная по акселерограмме реального землетрясения с помощью специально разработанных методик, осуществляющих экстраполяцию в область более интенсивных воздействий или к другому типу грунта.

Синтезированная акселерограмма - запись ускорения движения грунта, полученная с помощью ЭВМ на основе случайных процессов с сохранением основных особенностей акселерограмм реальных землетрясений.

Для выбираемых расчетных совокупностей акселерограмм, их параметры (частотный состав, длительность, форма огибающих и др.) должны соответствовать: региональным особенностям землетрясений для места расположения здания или сооружения; особенностям воздействий, характерным для грунтовых условий площадки строительства; землетрясениям, наиболее опасным для данного здания или сооружения.

Используемые в совместном пространственном расчете зданий двух- и трехкомпонентные сейсмические воздействия должны быть синхронны. Синтезированные акселерограммы должны иметь формы огибающих, длительности, спектральные составы, а для случая двух- и трехкомпонентных воздействий и корреляционные связи между компонентами, близкие к реальным [5].

Для получения достоверной информации о динамическом поведении зданий и колебаниях грунта при сильных сейсмических воздействиях необходима установка специальных станций инженерно-сейсмометрических наблюдений.

Во всех экономически развитых странах мира, обладающих сейсмоактивными территориями, существуют соответствующие службы и системы наблюдений. Такие системы наблюдений представляют экспериментальную основу научных разработок в области сейсмостойкого строительства и позволяют совершенствовать как расчеты на сейсмические воздействия, так и сейсмостойкие конструкции. В СССР также существовала такая служба, в состав которой входило более 125 стационарных инженерно-сейсмометрических станций, установленных на различных зданиях и сооружениях в различных сейсмических районах страны [6]. В настоящее время система разрушена и практически не существует.

В связи с активными действиями Российской Федерации по освоению арктической зоны и развитию сейсмоопасных регионов страны предлагается восстановить существовавшую в советский период инженерно-сейсмометрическую службу с сетью инженерно-сейсмометрических станций [7]. Работа такой станции инженерно-сейсмометрических наблюдений состоит в получении информации в виде записей колебаний строительных конструкций и грунта, отображающей их реальное поведение в процессе воздействия сейсмических и других техногенных динамических нагрузок при автоматическом контроле превышения предельных значений ускорений. В качестве средств измерения возможно использование специально разработанных российской компанией СНПТ «Профинж» акселерометров ЦТА-СМ-ИС.

Акселерометры ЦТА-СМ-ИС обеспечивают измерение и регистрацию ускорений колебаний почвы и объекта в широком диапазоне частот и амплитуд ускорений. Акселерометр предназначен как для применения в автоматизированных или автоматических многоточечных системах мониторинга строительных объектов, так и в качестве автономной инженерно-сейсмометрической станции (автономный регистратор) с возможностью записи «полезных» сигналов в память акселерометра и их дальнейшей перезаписи в персональный компьютер.

Структура построения автоматизированной системы сейсмометрических наблюдений на базе акселерометра ЦТА-СМ-ИС, представленная на рисунке 2, содержит измерительные пункты, коммуникационную линию связи, электронный модуль ввода информации в компьютер (адаптер) и компьютер сбора и обработки информации.

Наблюдения по этой схеме предполагают:

- синхронную регистрацию многомерной волновой картины от многих датчиков, в реальном времени, с последующей математической обработкой;
- постоянный, в реальном времени, мониторинг сейсмической ситуации с программным многоканальным обнаружением и выделением сейсмических сигналов по устанавливаемому порогу интенсивности колебаний контролируемого объекта.

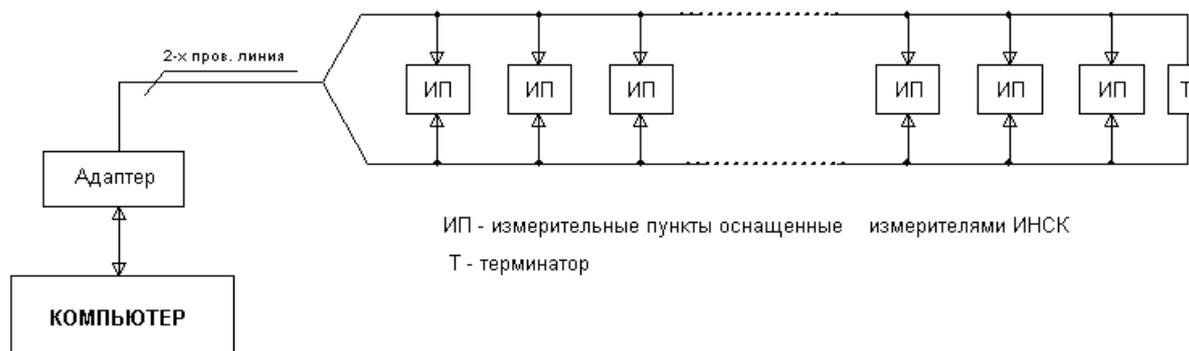


Рисунок 2 – Структура построения автоматизированной системы сейсмометрических наблюдений на базе акселерометра ЦТА-СМ-ИС

В случае проявления нештатных ситуаций акселерометр автоматически переходит в автономный режим для дальнейшей записи «полезных» сигналов в память акселерометра.

Акселерометр располагает узлом долговременного хранения информации, предназначенным для записи и хранения сейсмических сигналов, превышающих заданный уровень интенсивности, при работе измерителя в автономном режиме или в случае форс-мажорных обстоятельств (отключение промышленной сети, нарушение связи или работы компьютера и т.д.). Объем устанавливаемой памяти определяется задачами и режимом работы измерителя, а число запоминаемых событий определяется: устанавливаемой длительностью одной записи, частотой дискретизации, разрядной сеткой АЦ- преобразования. В описываемом варианте измерителя установлена 4 Мбайтная память, что позволяет записывать до 30-и 30 секундных сигналов, с частотой дискретизации 400Гц. Работа памяти управляется командами, поступающими с контроллера измерителя.

На основе данных о реальной сейсмостойкости объектов для рассматриваемого района и данных о прогнозных уровнях землетрясений для этого района выполняется построение прогностических карт последствий землетрясений [8].

По ряду причин, для составления надежного прогноза последствий разрушительных землетрясений нельзя использовать статистику разрушений, полученную при анализе прошедших землетрясений. Единственной достаточно надежной статистикой повреждаемости зданий сооружений при землетрясениях является статистика, заложенная в макросейсмической шкале балльности, однако эта статистика относится к не сейсмостойким зданиям и поэтому мало полезна для прогноза последствий разрушительных землетрясений современных городов [9]. Эта статистика становится все менее полезной даже при определении балльности произошедшего землетрясения, в связи с чем во всем мире ищут пути инструментальной оценки интенсивности землетрясений.

В основу методики прогноза последствий землетрясений может быть положен принцип, аналогичный принципу сейсмического риска. Сейсмический риск определяется сейсмической опасностью и уязвимостью зданий и сооружений при этой сейсмической опасности и служит для оптимизации экономических затрат на строительство в сейсмических районах.

Сейсмическая опасность зависит от совокупности таких параметров, как величины ускорений грунта на различных частотах, длительности сейсмических сигналов, геологических условий территории города и некоторых других, а уязвимость зданий и сооружений определяется реальной сейсмостойкостью застройки города (классом сейсмостойкости).

Научные исследования в области инженерной сейсмологии позволяют в настоящее время с большей или меньшей степенью надежности прогнозировать такие существенно важные для прогноза последствий землетрясений параметры, как величины максимальных ускорений, преобладающие периоды и длительности воздействия для данного региона. Информация о этих параметрах значительно расширяет понятие о балле, как категории интенсивности

землетрясений и позволяет уже по-другому взглянуть на проблему прогноза последствий разрушительных землетрясений [10].

Инженерно-сейсмометрическая станция для города должна включать связанные совокупности разномасштабных электронных карт застройки города с информацией о реальной сейсмостойкости каждого здания и сооружения города (класса его сейсмостойкости), аналогичных карт с информацией о сейсмической опасности различных районов этого города (карты сейсмомикрорайонирования) и вычислительную программу, реализующую алгоритм определения степени опасности разрушения каждого здания и сооружения при той или иной реализации сейсмического воздействия природного или техногенного характера, которое может быть опасным для места размещения здания или сооружения.

Другими словами вычислительная программа должна отображать элементы множества зданий и сооружений города в зависимости от их месторасположения в городе на элементы множества, определяющего сейсмическую опасность для различных районов города; по определенной процедуре сравнивать заданные атрибуты элементов этих множеств и по определенному алгоритму делать выводы о прогнозируемом состоянии здания или сооружения после действия на него того или иного потенциально реализуемого в месте расположения этого здания или сооружения сейсмического сигнала.

Подобная автоматизированная система может помочь в интерактивном режиме отслеживать текущую информацию по наиболее опасным районам города. Система может также выдать списки зданий и сооружений (с указанием адреса и строительной информации об объекте), по которым необходимо принять решение об усилении в первую очередь, так как прогностически они не обеспечивают необходимый уровень надежности либо при всех типах прогнозируемых сейсмических воздействиях, либо при большинстве из них.

В 2016 году Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» (ФАУ «ФЦС») объявило конкурс на разработку двух сводов правил «Здания и сооружения в сейсмических районах. Правила обследования последствий землетрясения» и «Здания и сооружения в сейсмических районах. Правила проектирования инженерно-сейсмометрических станций», которые позволят нормативно закрепить требования к разработке инженерно-сейсмометрических станций, и надеемся положат начало к возрождению инженерно-сейсмометрической службы в Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосов, А.А. Основы теории сейсмостойкости сооружений [Текст] / А.А. Амосов, С.Б. Синицын. – М.: АСВ, 2001. – 96 с.
2. Немчинов, Ю.И. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости [Текст] / Ю.И. Немчинов, Н.Г. Марьенков, А.К. Хавкин, К.Н. Бабик ; под ред. Ю. И. Немчинова. – Киев: Гудименко С.В., 2012. – 384 с.
3. Смирнов, В.И. Методика расчета здания на сейсмическое воздействие с системой сейсмоизоляции [Текст] / В.И. Смирнов, А.А. Бубис, А.Я. Юн и др. // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – №3 – С. 17-20.
4. Ицков, И. Е. Методика формирования набора акселерограмм, предназначенного для применения в прямых динамических расчетах зданий и сооружений [Текст] // Сейсмостойкое строительство. – 1999. – № 5. – С.9-13.
5. Уздин, А.М. К вопросу о концепции оценки интенсивности сейсмического воздействия [Текст] / А.М. Уздин, Л.Н. Дмитриевская, И.А. Тумель // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2008. – № 3. – С.57-59.
6. Инженерно-сейсмометрическая служба СССР [Текст] / под ред. Хачияна Э.Е. - М.: Наука, 1987. - 94с.
7. Дорофеев, В.М. Особенности проектирования автоматизированных стационарных систем мониторинга технического состояния несущих конструкций большепролетных спортивных сооружений Олимпиады 2014 в городе Сочи [Текст] / В.М. Дорофеев, Лысов Д.А., Денисов А.С. // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – №12. – С.46-48

8. Хачиян, Э.Е. Инженерная сейсмология [Текст]. – Ереван: Айастан, 2006. – 356 с.
9. Хачиян, Э.Е. Прикладная сейсмология [Текст]. – Ереван: Гитутюн НАН РА, 2008. – 491с.
10. Некоторые вопросы нормирования строительства в сейсмических районах [Электронный ресурс] / В.М. Дорофеев // Электронный сборник семинара «Проблемы нормирования диагностики, обследований и мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений». – М. – 2015. – Режим доступа: <http://www.faufcc.ru/> (дата обращения 13.04.2016)

Александр Николаевич Мамин

АО «ЦНИИПромзданий», г. Москва

Д.т.н., проф., начальник отдела обследований зданий и сооружений №1

E-mail: otozs@yandex.ru

Илья Ефимович Штунцайгер

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва

Ведущий научный сотрудник

E-mail: i.stunts@yandex.ru

Александр Сергеевич Денисов

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва

Руководитель сектора

E-mail: 89651989640@mail.ru

A. MAMIN, I. STUNTSAIGER, A. DENISOV

QUESTIONS OF PROJECT CONDITION CHANGES FORECASTING FOR THE OPERATED OBJECTS IN CASE OF THE EARTHQUAKE

This publication describes the main issues related to the definition of a real earthquake resistance of facilities operated; definition of the category of technical condition of operated facilities in accordance with GOST 31937-2011 "Buildings and structures. Rules of examination and monitoring"; calculation of buildings and structures on earthquake resistance to apply a method in which to simulate the seismic action used recording vibrations of ground surface, using a single design seismic effects, two- and three-component accelerograms of real earthquakes; obtain information about the dynamic behavior of buildings and ground vibrations during strong seismic impacts with special stations engineering and seismic surveys; The structure of the construction of an automated system of seismic observations based on accelerometer CTA-SM-IP; technology of construction of predictive maps earthquakes.

Keywords: earthquake-resistant, engineering seismometric station, prognostic charts.

BIBLIOGRAPHY

1. Amosov, A.A. Osnovy teorii seysmostoykosti sooruzheniy [Tekst] / A.A. Amosov, S.B. Sinitsyn. – М.: ASV, 2001. – 96 s.
2. Nemchinov, YU.I. Proyektirovaniye zdaniy s zadannym urovnem obespecheniya seysmostoykosti [Tekst] / YU.I. Nemchinov, N.G. Mar'yenkov, A.K. Khavkin, K.N. Babik ; pod red. YU. I. Nemchinova. – Kiyev: Gudi-menko S.V., 2012. – 384 s.
3. Smirnov, V.I. Metodika rascheta zdaniya na seysmicheskoye vozdeystviye s sistemoy seysmoizolyatsii [Tekst] / V.I. Smirnov, A.A. Bubis, A.YA. Yun i dr. // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2012. – №3 – S. 17-20.
4. Itskov, I. Ye. Metodika formirovaniya nabora akselerogramm, prednaznachennogo dlya primeneniya v pryamykh dinamicheskikh raschetakh zdaniy i sooruzheniy [Tekst] // Seysmostoykoye stroitel'stvo. – 1999. – № 5. – S.9-13.

5. Uzdin, A.M. K voprosu o kontseptsii otsenki intensivnosti seysmicheskogo vozdeystviya [Tekst] / A.M. Uzdin, L.N. Dmitrovskaya, I.A. Tumel' // Seysmostoikoye stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy. – 2008. – № 3. – S.57-59.
6. Inzhenerno-seysmometricheskaya sluzhba SSSR [Tekst] / pod red. Khachiyana E.Ye. - M.: Nauka, 1987. - 94с.
7. Dorofeyev, V.M. Osobennosti proyektirovaniya avtomatizirovannykh statsionarnykh sistem moni-toringa tekhnicheskogo sostoyaniya nesushchikh konstruktsiy bol'sheproletnykh sportivnykh sooruzheniy Olimpiady 2014 v gorode Sochi [Tekst] / V.M. Dorofeyev, Lysov D.A., Denisov A.S. // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroi-tel'stvo. – 2011. – №12. – S.46-48
8. Khachiyana, E.Ye. Inzhenernaya seysmologiya [Tekst]. – Yerevan: Ayastan, 2006. – 356 s.
9. Khachiyana, E.Ye. Prikladnaya seysmologiya [Tekst]. – Yerevan: Gitutyun NAN RA, 2008. – 491s.
10. Nekotoryye voprosy normirovaniya stroitel'stva v seysmicheskikh rayonakh [Elektronnyy resurs] / V.M. Dorofeyev // Elektronnyy sbornik seminara «Problemy normirovaniya diagnostiki, obsledovaniy i monitoringa sostoyaniya nesushchikh konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy». – M. – 2015. – Rezhim dostupa: <http://www.faufcc.ru/> (Reference date 13.04.2016)

Alexander Mamin

CSRI of Industrial buildings, Moscow

Doctor of Tech. Sciences, head of the department of buildings surveys and constructions №1

E-mail: otozs@yandex.ru

Ilia Stuntsaiger

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS), Moscow

Leading reseacher

E-mail: i.stunts@yandex.ru

Alexander Denisov

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS), Moscow

Sector manager

E-mail: 89651989640@mail.ru

SOME CHARACTERISTICS OF THE RELIABLE NUMERICAL MODELS OF MONOLITHIC FRAME BUILDINGS WITH MASONRY WALLS INFILL

This article presents the results of a numerical study of the overall stability of the monolithic frame building, of the bearing capacity of reinforced concrete columns, and the stress-strain state of the masonry walls as the main characteristics of the reliable numerical models of the monolithic frame building with masonry walls infill.

According to the obtained results it is proved that the selection of the cross-section of reinforced concrete columns considering the overall stability and the bearing capacity in the monolithic frame building, leads to the choice of an optimal height for columns and to an economically justified cross-section. It is proved that lack of masonry walls infill on the first floor presents the worst case scenario by generating maximum values of compressive stresses in masonry walls infill.

Key words: *monolithic frame building, masonry walls, columns, overall stability, displacements, compressive stresses in masonry walls infill.*

Presently, the influence of the masonry walls on the work of monolithic frame buildings is a well-known fact [1]. Technically in these buildings masonry walls serve as formwork for reinforced concrete columns and beams. According to experimental and numerical research the masonry walls [2 - 5] enhance the stiffness parameters of monolithic frame buildings. This leads to a redistribution of the internal forces and displacements of the reinforced concrete elements. In monolithic frame buildings masonry walls work mainly on the compressive stresses [6]. Literature' sources mention that while designing the frame buildings, taking into account the influence of the masonry walls can reduce the cost of the reinforced concrete elements [7]. It is described in the literature' sources that assessing the influence of the masonry walls on the work of the buildings is a complex issue. According to experimental studies, it is due to the fact that it is impossible to simultaneously take into account all parameters which can determine the influence of the masonry walls in monolithic frame buildings.

Therefore, the numerical study by using the modern programs based on the finite element methods is recognized as an alternative approach for the assessment of the influence of the masonry walls in monolithic frame buildings. However, despite the opportunity provided by the use of numerical studies, a review of the literature shows a lack of information on the evaluation of the reliability of numerical models for monolithic frame buildings with masonry walls. But only the properly developed numerical model is able to reflect the accurate results.

According to the last, it is justified to set some minimally necessary criterias to be checked for the characteristics indicating the reliability for numerical models of the monolithic frame buildings with masonry walls infill.

In this article, the assessment is conducted on a numerical 3D FE model of 9 story frame building with masonry walls infill (Figure 1; Figure 2). The characteristics of concrete (B25) elements of the studied building are adopted in accordance with the recommendations, taking into account non-linear work and the possibility of the cracking of the reinforced concrete elements [8]. For architectural reasons, the width of the cross-section for columns and beams are equal to the thickness of the masonry wall infill. Columns and beams were modeled by spatial rod finite element. Slab (thickness 18cm) and masonry walls are modeled as plate-elements. Masonry walls are modeled as beam-walls elements.

Thickness of the masonry walls are equal to 38 cm. The contact between reinforced concrete elements and the masonry filling is made by hinged connection. The used deformation' characteristics

of the masonry walls were obtained by experimental-theoretical study of the deformation' characteristics of the masonry walls from local materials (bricks) filling the frame buildings in the Republic of Burundi.

Three 3D numerical (FE) models of the monolithic frame building with masonry walls were developed for the assessment (Figure 2).

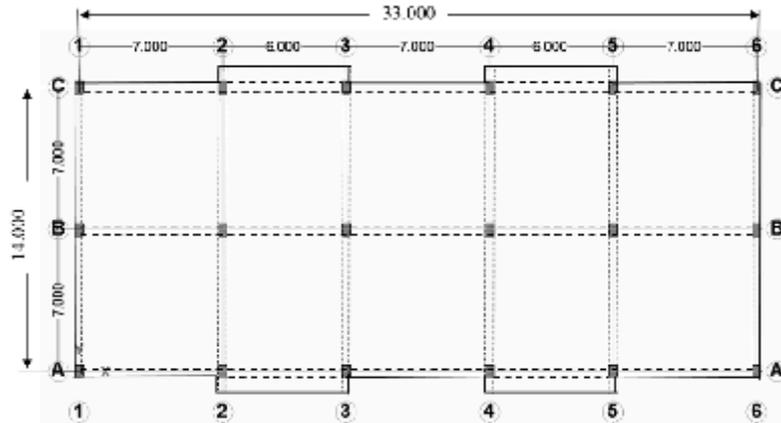


Figure 1 – Typical floor-plan of the studied frame building

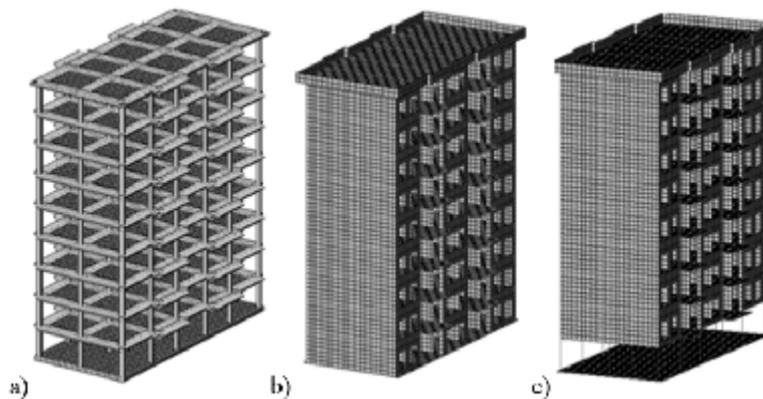


Figure 2 – 3D (FE) model of the building: a) FE model excluding the influence of masonry walls; b) FE model considering the influence of masonry walls infill; c) FE model of the building without masonry walls in the ground floor

The FE model (a) does not take into account the influence of the masonry walls on the reinforced concrete frame work. It only takes into account their dead load, as a linear load applied on the beams. This model is to assess the overall stability and displacements (vertical and horizontal) of the studied frame building. On the basis of this model the height (h) is chosen for cross-section of the columns. The bearing capacity of the columns is evaluated by the formula (1) and the percentage of reinforcement by formula (2). At the same time the overall stability ($K_{stability}$) must be greater than two, as described by the expression (3) in [9].

$$N_u \leq N_{ulim} = B \cdot f_{bu} + A \cdot f_{ed} \quad (1)$$

where N_u - design load on the column; N_{ulim} - allowed design load on the column; B - cross-sectional area of the column; A - required area of rebars for longitudinal reinforcement of the column; f_{ed} - design resistance of the rebars for longitudinal reinforcement.

$$A_{min} \leq A \leq A_{max} \quad (2)$$

where A_{\min} and A_{\max} - respectively the minimum and maximum area of rebars for reinforcement of the column' section; A - required area of rebars for reinforcement of the column' section

$$K_{\text{stab.}} > 2. \tag{3}$$

When searching for the horizontal displacements, taken into account is wind pressure (at an average speed of 25 m/s) acting normally to the longitudinal side of the studied monolithic frame building. The horizontal (Y^G) or vertical (Z^G) displacements shall not exceed the allowable displacements, respectively defined by the formulas (4) and (5).

$$Y_{\text{adm}}^G = H/300 \tag{4}$$

where H - height of the building.

$$Z_{\text{adm}}^G = L/250 \tag{5}$$

where L - the maximum length of overlap span.

On the basis of the model «b» and «c» with masonry walls, the assessment of compressive stresses in the masonry walls is carried out respectively on the first and second floor. By varying the elastic moduli, the maximum values of compressive stresses (N_z) appearing in the masonry walls of the first floor are fixed. In modeling the 3D (FE) models with masonry walls, the following elastic moduli were used: $E_1 = 1000\text{MPa}$, $E_2 = 2000\text{MPa}$ and $E_3 = 3000\text{MPa}$.

After modeling and fixing the searched quantitative parameters, the results are presented by diagrams. Displacements and compressive stresses in masonry walls are established according to the design strength (f_d) of masonry walls, adopted by the expression (6). Compressive stresses in the masonry walls should not exceed the design strength characteristics (in compression) used for masonry filling.

$$\begin{cases} f_d = 0,5 \cdot f_k \\ f_k = E/K_E \end{cases} \tag{6}$$

where f_k - the strength of masonry in compression; E - modulus of elasticity of masonry; K_E - coefficient similar to the elastic characteristic of masonry wall, in the calculations is equal to 1000 [10].

By this research, considering the adopted width (380 mm) of the columns, a theoretical height is needed for columns in the range of 750mm to 1500 mm. Within these limits, the value of the overall stability is (3,80 to 5,75) times higher than the minimum required value of the coefficient of overall stability (Figure 3). But the used height (600 mm) is found as an optimal height. This height is 20% less than the minimal theoretical required height (750 mm) and it gives a coefficient of overall stability that is (3,37) times higher than the required coefficient of the overall stability.

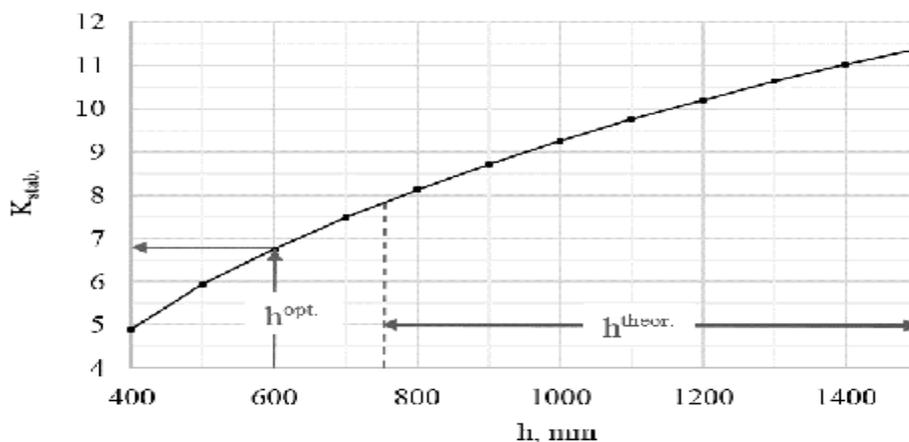


Figure 3 – Dependence of the coefficient of overall stability ($K_{\text{stab.}}$) at the height (h) of the most heavily loaded column

According to the accepted cross-section for a heavily loaded column, results show that the design load (N_u) is less than the design allowed load ($N_{u.lim}$), when used for reinforcement rebars from class A400 or A500 (Figure 4).

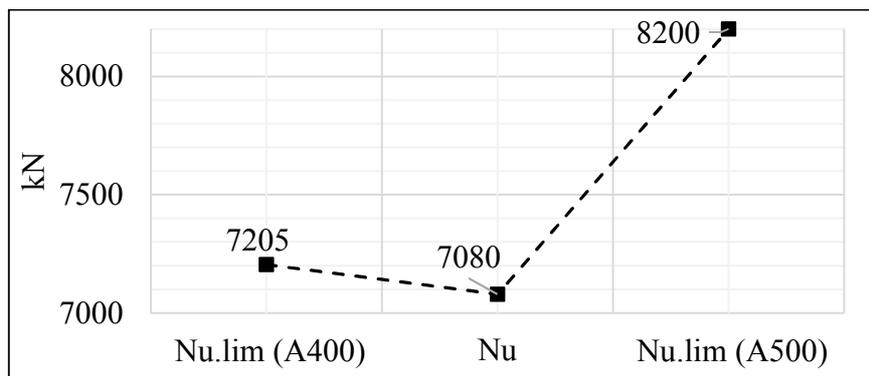


Figure 4 – Values of the allowed longitudinal internal forces in the most heavily loaded columns, when using rebars from class A400 and A500

However, the developed model, reveals the necessity to use rebars from class A500, otherwise (with rebars A400) the required area of rebars for reinforcing most loaded column goes beyond the minimum and maximum allowable values (Figure 5).

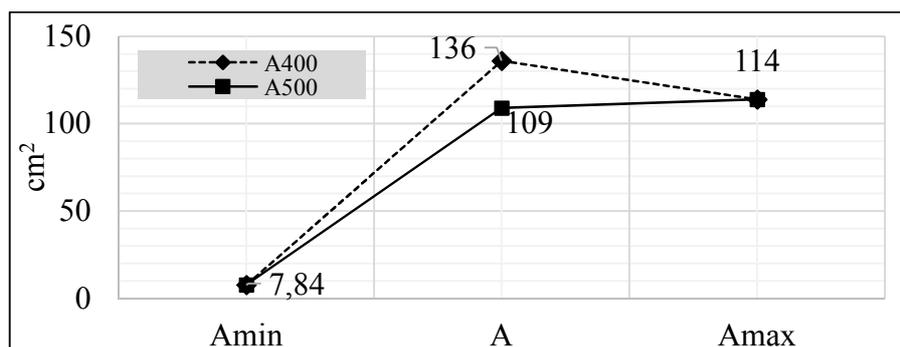


Figure 5 – Values of the required area (A) of rebars for reinforcing the cross section of the heavily loaded column

As a result of the assessment of the numerical model of the monolithic building studied, the vertical and horizontal displacements do not exceed the allowable values. The results show that masonry walls influence the values of the displacements in monolithic frame buildings. The vertical displacements are significantly reduced. The maximum of vertical displacements is observed on the model without masonry walls in ground floor (Figure 6). Also, the presence of masonry walls in the monolithic frame buildings leads to a significant reduction of horizontal displacements (Figure 7).

For the studied monolithic frame building with masonry walls infill, wind load increases the maximum values of compressive stress by 10% (Figure 8) on masonry walls. However, a significant impact on the values of the compressive stress is observed in the model without masonry walls infill on the first floor. In this model compressive stresses in the masonry walls of the second floor are increased by 35% (Figure 9).

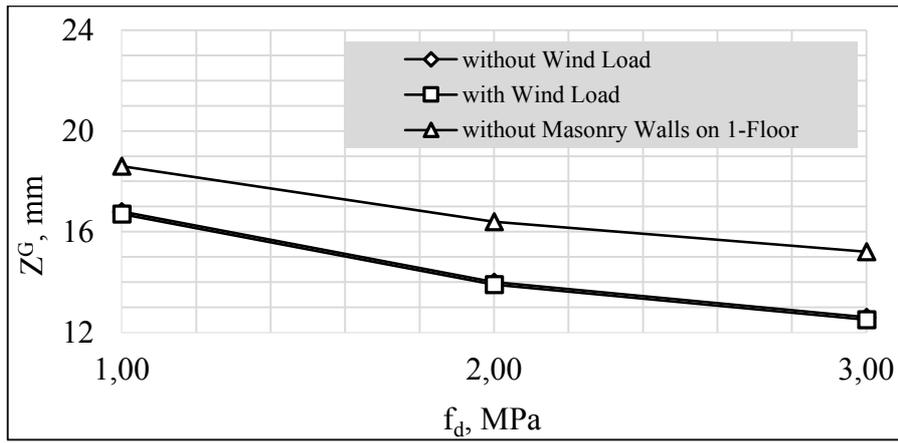


Figure 6 – Maximum values of vertical displacements (Z^G) according to the strength of masonry walls infill (f_d)

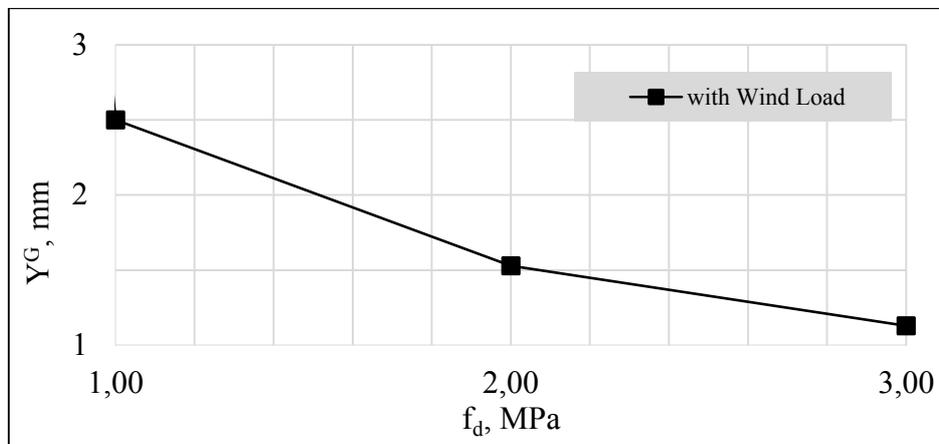


Figure 7 – Maximum values of horizontal displacements (Y^G) according to the strength of masonry walls infill (f_d)

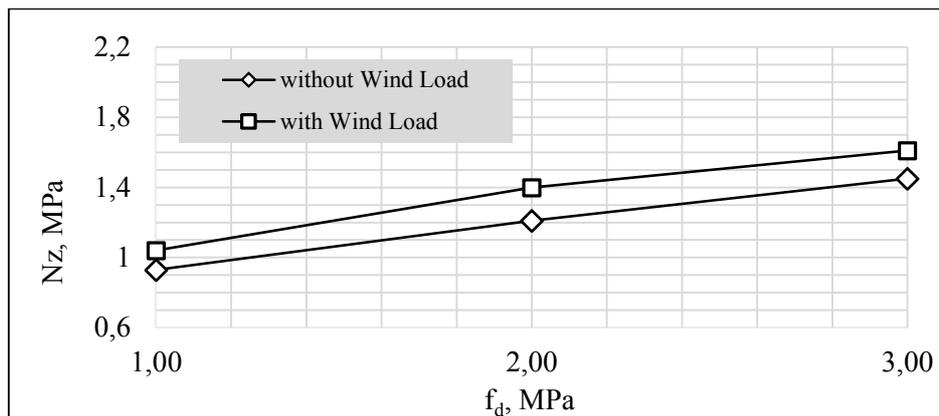


Figure 8 – Compressive stress (N_z) in the walls according to the strength of masonry walls infill (f_d)

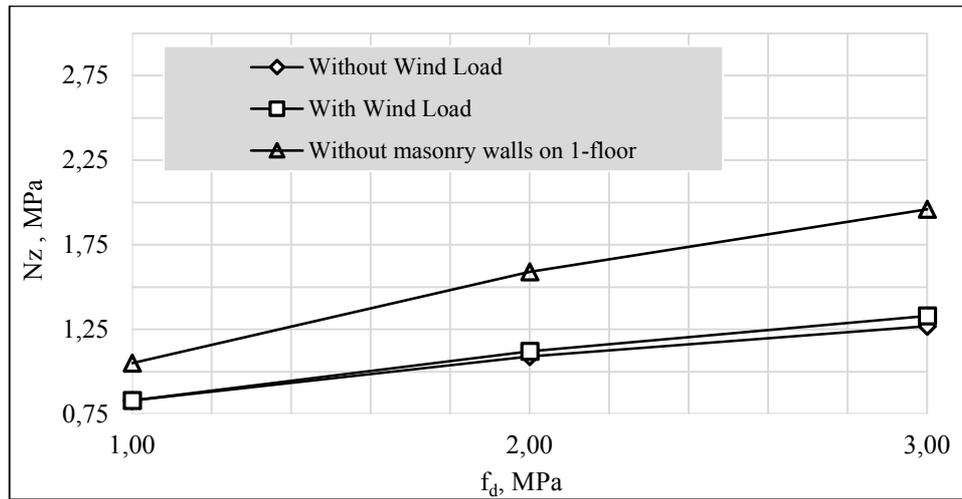


Figure 9 – Compressive stresses (N_z) in the masonry walls of the second floor according to the strength of masonry walls infill (f_d)

According to the obtained results it is proved that the selection of the cross-section of reinforced concrete columns considering the overall stability and the bearing capacity in the monolithic frame building, leads to the choice of an optimal height for columns and to an economically justified cross-section. It is proved that lack of masonry walls infill on the first floor presents the worst case scenario by generating maximum values of compressive stresses in masonry walls infill.

Finally, it is proved that it is needed to check the overall stability of the monolithic frame building, the bearing capacity of columns, the displacements of the building and compressive stresses in the masonry walls infill as the required minimally necessary conditions for to establish a reliable 3D numerical model for monolithic frame buildings with masonry walls infill.

BIBLIOGRAPHY

1. Polikov S.V. Masonry walls in frame buildings // State House Edition in Civil Engineering and Architecture. Moscow. 1956. –189c.
2. Gabriele Milani and Alberto Taliercio, 2016. Limit analysis of transversally loaded masonry walls using an innovative macroscopic strength criterion. International Journal of Solids and Structures, Volume 81, pp: 274-293
3. Hussein Okail, Amr Abdelrahman, Amr Abdelkhalik and Mostafa Metwaly, 2016. Experimental and analytical investigation of the lateral load response of confined masonry walls. HBRC Journal, Volume 12, Issue 1, pp: 33-46.
4. Thi-Loan Bui, A. Si Larbi, N. Reboul and E. Ferrier, 2015. Shear behaviour of masonry walls strengthened by external bonded FRP and TRC. Composite Structures, Volume 132, pp: 923-932
5. Sarkar Noor-E-Khuda, Manicka Dhanasekar and David P. Thambiratnam, 2016. An explicit finite element modelling method for masonry walls under out-of-plane loading. Engineering Structures, Volume 113, pp: 103-120
6. Derkach V.N. Deformation characteristics of masonry wall in flat tension condition // Civil Engineering and reconstruction. 2012. –№2 (40). –Pp.3–
7. Derkach V.N., Orlovich R.B. Bearing capacity of the stone filling in frame buildings // Civil Engineering and Reconstruction. 2011. –№3 (35). – Pp. 3-8.
8. SP 52-103-2007. Monolithic concrete structures. Moscow. 2007. Pp.– 22.
9. Henry Thonier. Conception et calcul des structures de batiments. Tome 6. Formulaire. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussees. Paris -1999. Pp.295.
10. Eurocode 6: Design of masonry structures - Part 1-1: Rules for reinforced and unreinforced masonry. ENV 1996-1-1: 1995.

Mikerego Emmanuel

(Burundi)

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

Post graduate student, Department of Buildings structures and constructions

E-mail: mikeregoemmanuel@hotmail.com

МИКЕРЕГО ЭММАНУЭЛЬ

О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ДОСТОВЕРНЫХ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ С КИРПИЧНЫМИ СТЕНАМИ ЗАПОЛНЕНИЯ

Статья посвящена назначению и проверке некоторых критериев необходимых для разработки корректных численных моделей монолитных каркасных зданий с кирпичными стенами заполнения.

На основании полученных результатов показано, что выбор поперечного сечения железобетонных колонн с учетом общей устойчивости и несущей способности монолитного каркасного здания, приводит к выбору более оптимальных и экономически оправданных их поперечных сечений. Доказано, что отсутствие кладки стен заполнения на первом этаже представляет наибольшую опасность из вариантов, поскольку на этих участках могут возникать наибольшие значения сжимающих напряжений.

Ключевые слова: Монолитные каркасные здания, кирпичные стены заполнения, колонны, общая устойчивость здания, перемещения, сжимающие напряжения в стенах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков, С. В. Каменная кладка в каркасных зданиях [Текст]. – М.: Гос. изд. лит. по стр. и арх., 1956. – 189 с.
2. Gabriele Milani and Alberto Taliercio, 2016. Limit analysis of transversally loaded masonry walls using an innovative macroscopic strength criterion. International Journal of Solids and Structures, Volume 81, pp: 274-293
3. Hussein Okail, Amr Abdelrahman, Amr Abdelkhalik and Mostafa Metwaly, 2016. Experimental and analytical investigation of the lateral load response of confined masonry walls. HBRC Journal, Volume 12, Issue 1, pp: 33-46.
4. Thi-Loan Bui, A. Si Larbi, N. Reboul and E. Ferrier, 2015. Shear behaviour of masonry walls strengthened by external bonded FRP and TRC. Composite Structures, Volume 132, pp: 923-932
5. Sarkar Noor-E-Khuda, Manicka Dhanasekar and David P. Thambiratnam, 2016. An explicit finite element modelling method for masonry walls under out-of-plane loading. Engineering Structures, Volume 113, pp: 103-120
6. Деркач, В.Н. Деформационные характеристики каменной кладки в условиях плоского напряженного состояния [Текст] // Строительство и реконструкция. – 2012. – №2 (40). – С. 3 – 10.
7. Деркач, В.Н. Несущая способность каменного заполнения каркасных зданий [Текст] / В.Н. Деркач, Р.Б. Орлович // Строительство и реконструкция. – 2011. – №3 (35). – С. 3-8.
8. СП 52-103-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий [Текст]: издание официальное. – М.: Минрегион России, 2007. – С. 22.
9. Henry Thonier, 1999. Conception et calcul des structures de batiments. Tome 6. Formulaire. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussees. Paris. pp. 295.
10. EN 1996 -1-1. Eurocode 6. Design of Masonry structures.

Микерего Эммануэль

(Республика Бурунди)

Российский университет Дружбы Народов, г. Москва

аспирант, кафедра строительных конструкций и сооружений

E-mail: mikeregoemmanuel@hotmail.com

ПОМЕЛОВ В.Ю., ГРИБАЧ Д.С., ЧУРИН П.С.

МЕТОДЫ МАКЕТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ*

При проектировании сооружений, специалисты, для расчета конструкции, выполняют сбор действующих на нее нагрузок. В случае с высотными и уникальными строительными конструкциями – наиболее значительными нагрузками являются климатические (ветровые, снеговые) и особые (сейсмические, взрывные). В данной статье рассматривается вопрос, связанный с учетом ветровой нагрузки, которая в районах с низкой сейсмической активностью является определяющей при проектировании высотных зданий и сооружений. Расчет ветровой нагрузки проводится по результатам модельных экспериментов, проводимых в аэродинамических трубах. В статье рассматривается один из важнейших этапов моделирования ветровой нагрузки – процесс проектирования и создания макета. Приведены различные методы изготовления, соответствующие типам исследуемых объектов и учитывающие требования нормативных документов.

Ключевые слова: аэродинамика строительных конструкций, аэродинамическая труба, аэродинамические испытания, ветровая нагрузка, макетирование.

Широкое развитие строительства высотных и уникальных зданий в России ставит перед проектировщиками всё более сложные задачи по учету нагрузок и воздействий при проектировании. Основными нагрузками и воздействиями, рассматриваемыми в существующих нормативных документах, являются климатические (снеговые, ветровые) и особые нагрузки (сейсмические, взрывные) [1, 2]. В данной статье рассматривается вопрос, связанный с учетом ветровой нагрузки, которая в районах с низкой сейсмической активностью является определяющей при проектировании высотных зданий и сооружений.

Действующий СП 20.13330.2011 регламентирует 2 метода расчета ветровой нагрузки на строительные конструкции:

1. С использованием аэродинамического коэффициента давления C_p ;
2. С использованием интегральных аэродинамических коэффициентов сил сопротивления в направлении осей X и Y (C_x , C_y) и крутящего момента относительно оси Z (M_z).

Эти методы расчета предполагают использование табличных значений аэродинамических коэффициентов (аналитический метод расчета нагрузки), но, в связи с ограниченностью набора примитивов, приведенных в приложении к СП, для уникальных и высотных сооружений, а также для сооружений повышенного уровня ответственности, аэродинамические коэффициенты необходимо принимать на основе результатов продувок моделей сооружений в аэродинамических трубах [1, 4]. Документом, классифицирующим высотность и уникальность строительных конструкций, является Градостроительный Кодекс Российской Федерации (гл.6, ст.48.1 «Особо опасные, технически сложные и уникальные объекты»). «...К уникальным объектам относятся объекты капитального строительства, в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

- 1) высота более чем 100 метров;
- 2) пролеты более чем 100 метров;
- 3) наличие консоли более чем 20 метров...».

* Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых в рамках выполнения научных исследований СП-3245.2015.1

Одним из наиболее трудозатратных и важных этапов экспериментального исследования ветрового воздействия на строительные конструкции является этап проектирования и изготовления модели исследуемого объекта [3].

При проведении классического аэродинамического эксперимента основным параметром моделирования является геометрическое подобие модели натурному объекту. Методика проектирования макета должна предусматривать возможность воспроизведения отдельных архитектурных элементов в масштабе, выбранном в зависимости от размеров рабочей зоны используемой аэродинамической установки, а также размещение измерительного оборудования [5].

В соответствии с методами расчета ветровой нагрузки, приведенными в СП, существуют 2 методики изготовления макетов:

1. Изготовление макета строительной конструкции, для проведения экспериментальных исследований с целью определения аэродинамического коэффициента C_p в контрольных точках, предполагает размещение в нем измерительной системы, включающей в себя датчики давления, приемники давления и, соединяющую их между собой, пневмотрассу [9-10]. Для размещения такой измерительной системы, на стадии проектирования макета необходимо предусмотреть достаточного объема герметичное внутримакетное пространство. До монтажа, измерительная система собирается воедино и проверяется на предмет полной герметизации (рис. 1). Макеты такого типа изготавливаются в основном из листового материала (фанера, оргстекло, тонколистовой металл). Особо сложные архитектурные элементы изготавливаются с использованием 3D-принтера [7, 8] (рис. 2).



Рисунок 1 – Предварительная сборка измерительной системы, включающей в себя датчики давления (определение C_p)



Рисунок 2 – Архитектурные элементы, изготовленные с использованием 3D-принтера

Зачастую, сооружения представляют собой конструкцию, имеющую выдающиеся ребра, системы строительных ферм, и прочие пронизаемые элементы здания [6]. На рисунке 3 представлен макет полностью пронизаемого сооружения повышенной степени ответственности. В такой ситуации масштаб макета может не позволить нам монтировать приемники давления на интересующей поверхности. При данных обстоятельствах применяется второй метод расчета ветровой нагрузки, и, соответственно, второй метод изготовления макетов.

2. Макет, необходимый для определения интегральных аэродинамических коэффициентов устанавливается натензодатчик, определяющий сило-моментные характеристики. На первом этапе создания макета изготавливается основание. Оно обеспечивает жесткое крепление тензодатчика. Для исключения влияния посторонних вибраций на показания измерительного оборудования, в области крепления тензодатчика применяется стальная вставка, конструкция которой соответствует размерам используемого датчика (рис. 4), либо изготавливается цельнометаллическое основание (рис. 3) Основание по периметру прикрепляется к полу

рабочей части аэродинамической трубы. Сам макет сооружения изготавливается из различных материалов, обладающих достаточной жесткостью для обеспечения необходимой несущей способности конструкции.



Рисунок 3 – Макет проницаемого сооружения

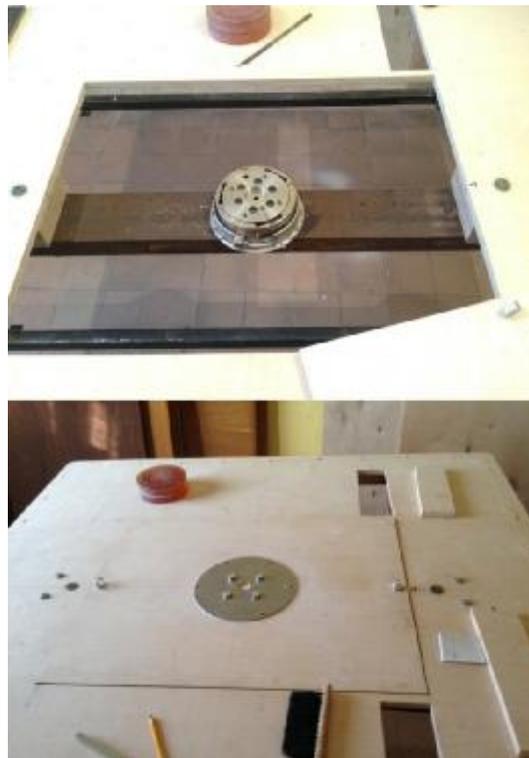


Рисунок 4 – Монтаж тензодатчика и основания макета

Правильное изготовление макета, учитывающие не только геометрическое подобие реальной конструкции, но и методику определения и расчета ветровой нагрузки является важнейшей и неотъемлемой частью экспериментальных исследований. От его качества зависит достоверность и полнота экспериментальных данных, которые используются специалистами при проектировании уникальных зданий и сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поддаева, О.И. Экспериментальное исследование ветровых нагрузок на многофункциональный высотный жилой комплекс [Текст] / О.И. Поддаева, Ю.С. Буслаева, Д.С. Грибач // Вестник Белгородского гос. техн. ун-та им. В. Г. Шухова. – 2014. – № 6. – С. 58–62.
2. Гувернюк, С.В. Численное и физическое моделирование ветрового воздействия на группу высотных зданий [Текст] / С.В. Гувернюк, О.О. Егорычев, С.А. Исаев, Н.В. Корнев, О.И. Поддаева // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3. – Т. 1. – С. 185–191.
3. Чурин, П.С. Проектирование макетов уникальных зданий и сооружений в экспериментальной аэродинамике [Текст] / П.С. Чурин, О.И. Поддаева, О.О. Егорычев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 5. – С. 332–335.
4. Poddaeva O.I., Buslaeva J.S. and Gribach D.S., 2015. Physical model testing of wind effect on the high-rise. *Advanced Materials Research*, Vol. 1082, pp. 246–249.
5. Cook N. J., 1978. Determination of the model scale factor in wind-tunnel simulations of the adiabatic atmospheric boundary layer. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. Vol. 2., Is. 4., pp. 311–321.
6. Peterka J. A., Cermak J. E., 2016. Wind-tunnel study of Pet Plaza, St. Louis: wind pressures on glass wall. Colorado State University Publications.

7. Kumar K. S., Kumar B. V. and Cini C., 2013. Role of Wind Tunnels in Assessing Wind Effects on Long Span Roofs-Case Studies. IABSE Symposium Report. – International Association for Bridge and Structural Engineering, Vol. 101, Is. 6, pp. 1-8.

8. Bosak G., 2015. Wind tunnel tests of the effects of aerodynamic interference on a stadium roof. Czasopismo Techniczne.

9. Thoroddsen S. T., Peterka J. A. and Cermak J. E., 2016. Wind-tunnel study of dynamic wind loads on Jenkins. Empire Building, Pittsburgh. Colorado State University Publications.

10. Yi J. and Li Q.S., 2015. Wind tunnel and full-scale study of wind effects on a super-tall building. Journal of Fluids and Structures. Vol. 58, pp. 236-253.

Владислав Юрьевич Помелов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский Государственный Строительный Университет» (НИУ МГСУ), г. Москва

инженер, учебно-научно-производственная лаборатория по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций (УНПЛ ААИСК)

E-mail: pomelov_vladik@mail.ru

Дмитрий Сергеевич Грибач

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский Государственный Строительный Университет» (НИУ МГСУ), г. Москва

техник, учебно-научно-производственная лаборатория по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций (УНПЛ ААИСК)

E-mail: baboy2007@mail.ru

Павел Сергеевич Чури

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский Государственный Строительный Университет» (НИУ МГСУ), г. Москва

научный сотрудник, учебно-научно-производственная лаборатория по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций (УНПЛ ААИСК)

E-mail: pashok_@inbox.ru

V. POMELOV, D. GRIBACH, P. CHURIN

METHODS FOR PROTOTYPING HIGH-RISE AND UNIQUE BUILDINGS AND STRUCTURES FOR CARRYING OUT AERODYNAMIC TESTS

One of the stages of designing buildings and structures is the calculation of the construction, at this stage, the designer analyzes all the loads acting on it. In case of high-rise and unique buildings the most significant loads are climatic (wind, snow) and special loads (seismic, drilling). This article discusses the issue of taking into account wind load, which in areas with low seismic activity is a determinant for design of high-rise buildings. Wind load calculation is based on the results of model tests conducted in wind tunnels. The article considers the process of designing and creating of model - one of the most important wind load simulation steps. There are different manufacturing methods corresponding to the types of the objects under test and taking into account the requirements of regulatory documents.

Keywords: Aerodynamics of building structures, wind tunnel, aerodynamic testing, wind load, prototyping.

BIBLIOGRAPHY

1. Poddayeva, O.I. Eksperimental'noye issledovaniye vetrovykh nagruzok na mnogofunktional'nyy vysotnyy zhiloy kompleks [Tekst] / O.I. Poddayeva, YU.S. Buslayeva, D.S. Gribach // Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V. G. Shukhova. – 2014. – № 6. – S. 58–62.

2. Guvernyuk, S.V. Chislennoye i fizicheskoye modelirovaniye vetrovogo vozdeystviya na gruppu vysotnykh zdaniy [Tekst] / S.V. Guvernyuk, O.O. Yegorychev, S.A. Isayev, N.V. Kornev, O.I. Poddayeva // Vestnik MGSU. – 2011. – № 3. – T. 1. – S. 185–191.

3. Churin, P.S. Proyektirovaniye maketov unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy v eksperimental'noy aerodinamike [Tekst] / P.S. Churin, O.I. Poddayeva, O.O. Yegorychev // Nauchno-tehnicheskiy vestnik Povolzh'ya. – 2014. – № 5. – S. 332–335.
4. Poddaeva O.I., Buslaeva J.S. and Gribach D.S., 2015. Physical model testing of wind effect on the high-rise. *Advanced Materials Research*, Vol. 1082, pp. 246–249.
5. Cook N. J., 1978. Determination of the model scale factor in wind-tunnel simulations of the adiabatic atmospheric boundary layer. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. Vol. 2., Is. 4., pp. 311-321.
6. Peterka J. A., Cermak J. E., 2016. Wind-tunnel study of Pet Plaza, St. Louis: wind pressures on glass wall. Colorado State University Publications.
7. Kumar K. S., Kumar B. V. and Cini C., 2013. Role of Wind Tunnels in Assessing Wind Effects on Long Span Roofs-Case Studies. IABSE Symposium Report. – International Association for Bridge and Structural Engineering, Vol. 101, Is. 6, pp. 1-8.
8. Bosak G., 2015. Wind tunnel tests of the effects of aerodynamic interference on a stadium roof. *Czasopismo Techniczne*.
9. Thoroddsen S. T., Peterka J. A. and Cermak J. E., 2016. Wind-tunnel study of dynamic wind loads on Jenkins. Empire Building, Pittsburgh. Colorado State University Publications.
10. Yi J. and Li Q.S., 2015. Wind tunnel and full-scale study of wind effects on a super-tall building. *Journal of Fluids and Structures*. Vol. 58, pp. 236-253.

Vladislav Pomelov

Moscow state university of civil engineering, Moscow

Engineering, training, research and production laboratory for aerodynamic and aeroacoustic test-pits of building structures

E-mail: pomelov_vladik@mail.ru

Dmitriy Gribach

Moscow state university of civil engineering, Moscow

Techniques, training, research and production laboratory for aerodynamic and aeroacoustic tests of building structures

E-mail: baboy2007@mail.ru

Pavel Churin

Moscow state university of civil engineering, Moscow

Researcher, training, research and production laboratory for aerodynamic and aeroacoustic tests of building structures

E-mail: pashok_@inbox.ru

СМИРНОВ В.А.

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ФУНДАМЕНТА ПРЕЦИЗИОННОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА[†]

В статье рассматривается задача виброзащиты фундамента стенда окончательной сборки и динамических испытаний оборудования космических аппаратов (КА). Требования, предъявляемые к вибрации поверхности фундаментной плиты составляют 0,25 – 0,5 мкм при частоте 1 – 5 Гц, собственная частота фундаментной плиты не выше 1,5 Гц. В работе были проведены инструментальные обследования уровней вибрации фундаментной плиты и существующих систем виброзащиты. На основе существующей методики рассчитан набор демпфирующих устройств для снижения амплитуд колебания плиты при резонансе. Аналитические расчеты подтверждены результатами конечно-элементного моделирования.

Ключевые слова: *низкочастотная вибрация, демпфирование, собственная частота, виброзащита, испытательное оборудование КА.*

В соответствии с ГПВ — 2020 и Федеральной Космической Программой на 2016 — 2025 гг. в Российской Федерации проводится качественное переоснащение и модернизация научно-технического, испытательного и сборочного оборудования для ракетно — космической отрасли. К такому оборудованию, в частности, относятся стенды окончательной сборки и прием-сдаточных испытаний КА. К динамическим испытаниям относят [1 — 3] контроль работы оборудования КА, определение уровней вибрации приборов и систем и оценка их влияния на работу основного органа КА (например, фототелеметрической системы, телескопа, высотомера и пр.). Контроль уровней вибрации элементов КА является важной задачей, т.к., например, при работе охлаждающего контура радиотелескопа [1,4] могут возникнуть микро-вибрации, которые приведут к значительному снижению точности его работы, ведь на расстоянии в несколько световых лет даже малые начальные отклонения регистрирующей аппаратуры вызывают масштабные погрешности. При этом ремонт или замена агрегатов работающего на орбите КА, в настоящий момент невозможна. Для указанных динамических испытаний КА разрабатываются специальные стенды, моделирующие поведение КА на орбите, одним из ключевых параметров которых является отсутствие фоновых вибраций на стенде. С учетом того, что в зданиях присутствует свой собственный набор источников вибрации, вдобавок к собственным колебаниям сооружения, использование системы виброзащиты является обязательным условием. В таблице 1 по материалам [5,6,7] собраны характеристики источников вибрации в зданиях. Борьбу с вибрациями проще всего осуществлять непосредственно в источнике, например, устанавливая вибрирующее оборудование на соответствующие резиновые опоры, однако для некоторых типов вибрации определение непосредственно «источника» является весьма нетривиальной задачей, как например в случае колебания здания под воздействием ветрового потока или пешеходная активность в здании. В таком случае разрабатывается виброзащитная система непосредственно для защищаемого объекта.

Для виброзащиты динамических стендов КА необходимо «отрезаться» от самых низких компонент входного спектра вибрации. К ним в первую очередь относится низкочастотный фон — случайные нестационарные колебания, вызванные естественной и техногенной активностью на некотором расстоянии от исследуемого сооружения. К низкочастотным составляющим вибрации также следует отнести пешеходную активность в здании, подпор воздуха и собственные колебания здания под действием внешних аэродинамических нагрузок.

[†] Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №16-38-50019.

Некоторые исследователи [8] относят сюда ещё и микросейсмическую активность, вызванную процессами взаимодействия литосферных плит и прочими тектоническими процессами.

Таблица 1 – Характеристики источников вибрации

Источник	Частота (Гц)	Амплитуда, мм
Воздушный компрессор	4 – 20	0,254
Погрузочно – разгрузочное оборудование	5 – 40	0,025
Насосы	5 – 25	0,025
Пешеходная активность	0,55 – 6	0,0003
Воздушный шум	100 – 10000	0,25 – 0,0025
Штамповальные прессы	До 20	0,25 – 0,00030
Трансформаторы	50 – 400	0,0025 – 0,0003
Лифтовое оборудование	До 40	0,025 – 0,0003
Колебания здания (в горизонтальной плоскости)	$\frac{46}{H}$, где H - высота здания, м.	2,5
Подпор воздуха в здании	1 – 5	0,0003
Железнодорожный транспорт	5 – 20	$\pm 0,15g$
Автомобильный транспорт	5 – 100	$\pm 0,001g$
Фоновая вибрация	0,5 — 15	0,02-0,0005

Для эффективной виброзащиты от низкочастотных колебаний желательно иметь крайне низкую частоту собственных колебаний виброзащитной системы. Собственная частота фундаментной плиты динамического стенда не должна превышать 1,5 Гц. В работах [9,10] проведён обзор отечественных и зарубежных виброзащитных систем с частотами собственных колебаний 0,8 — 1,5 Гц и рассмотрены методы их проектирования с применением линейных и нелинейных виброизоляторов. В случае применения линейных упругих элементов, такие системы обладают значительной массой ($> 50 - 100$ т), в них необходимо вводить демпферы колебаний, причём в последнее время распространилось применение активных систем демпфирования колебаний [11, 12]. Важно учесть, что в зависимости от типа защищаемого объекта могут регламентироваться как осевые, так и угловые колебания. Угловые колебания в частности возникают при несовпадении центра масс и центра жёсткости виброзащитной системы [9, 13].

Объектом исследования является массивная фундаментная плита (или, оптическая скамья) динамического стенда, которая представляет собой протяжённую массивную конструкцию коробчатого поперечного сечения, выполненную из монолитного железобетона, опирающуюся на пружинные виброизоляторы и масляные демпферы. Общий вид фундаментной плиты представлен на рис. 1.

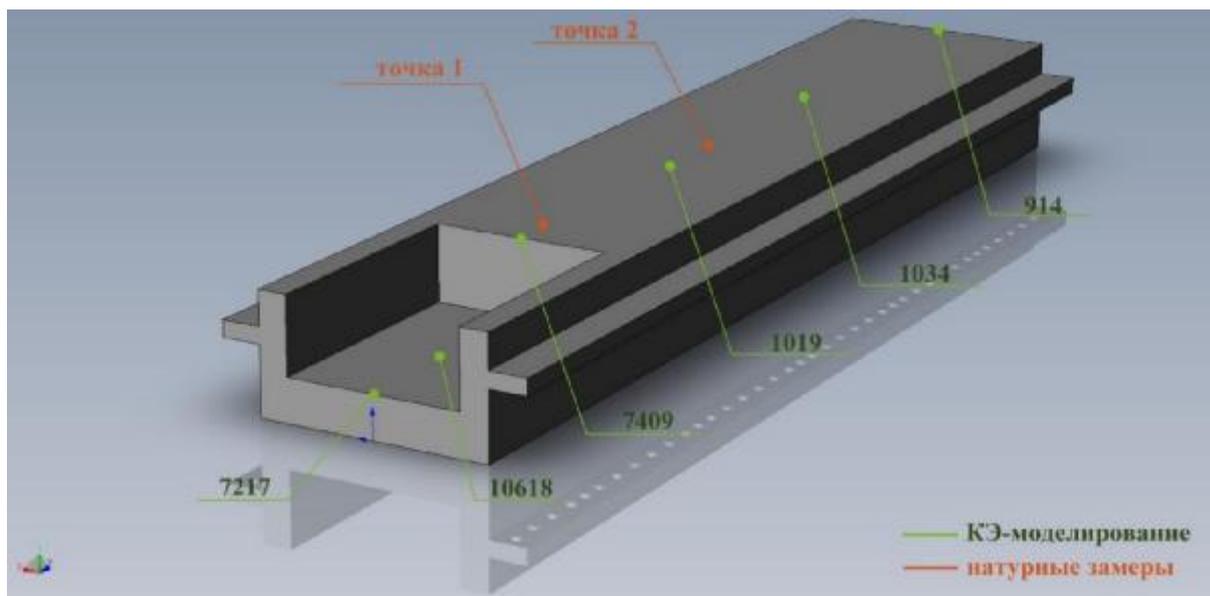


Рисунок 1 – Общий вид фундаментной плиты динамического стенда.

Для проведения замеров вибрации фундаментной плиты применялись акселерометры, размещённые группами по три (в направлении осей координат) в двух точках на плите при различных внешних условиях (полная тишина, работа генераторов и насосов, работа подъемного оборудования, работа гидроприводов гермодверей). Время замеров вибрации на каждой точке составляло 5 минут. На рис. 2 представлен фрагмент акселерограммы вертикальных колебаний для двух точек по центру плиты (красная линия) и по её краю (зеленая линия). Во время проведения измерений, на части фундаментной плиты была установлена монтажная оснастка для испытательного стенда и фрагменты оборудования. Это привело к тому, что центр тяжести фундаментной плиты сместился от центра жесткости, и амплитуда колебаний на краю плиты оказалась большей, чем в центре, о чем свидетельствуют большие значения ускорений на рис. 2.

Для определения собственной частоты колебаний фундаментной плиты в ней возбуждались вертикальные колебания и проводилась запись затухающих свободных колебаний. Акселерограмма затухающих колебаний представлена на рис. 3, её спектр — на рис. 4.

Анализ результатов измерений показывает, что первая собственная частота фундаментной плиты составляет 1,56 Гц. При этом акселерограмма затухающих колебаний рис. 3 показывает малую скорость затухания свободных колебаний фундаментной плиты, что связано с отказом масляных демпферов. Анализ результатов замеров рис. 2 – 4 показывает, что амплитуды виброперемещений фундаментной плиты в диапазоне частот 1 — 5 Гц превышают установленные требования. С учётом модернизации производства, а также фактом отказа существующей системы демпфирования стоит задача расчета и проектирования новых вязких демпферов под ужесточённые требования для снижения амплитуд резонансных колебаний фундаментной плиты.

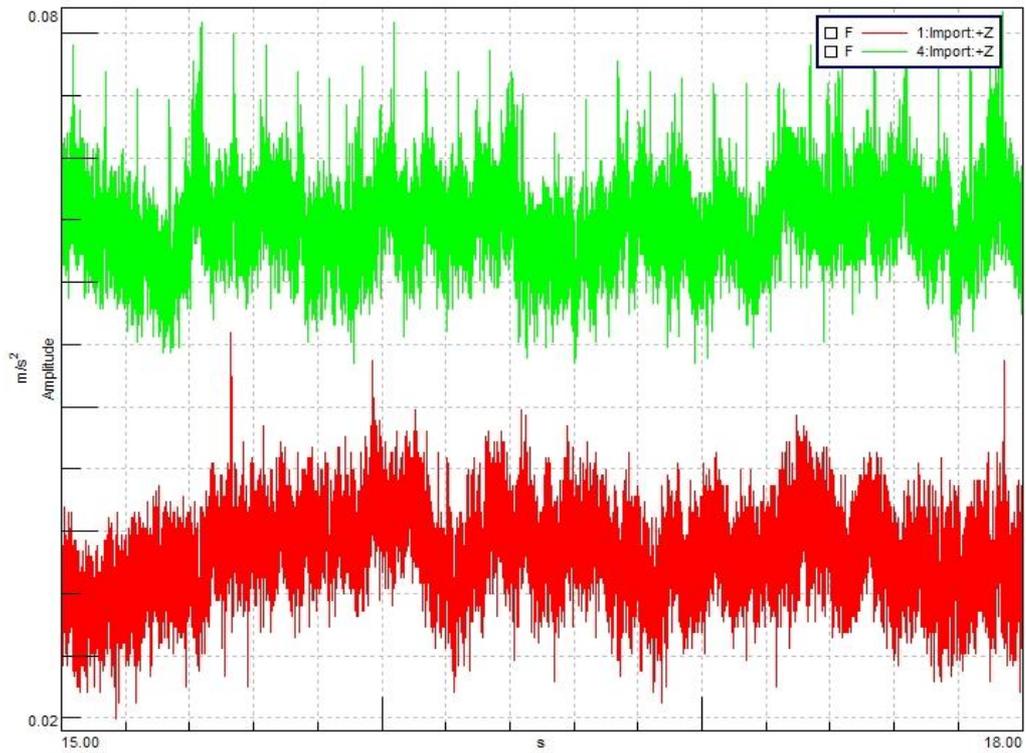


Рисунок 2 – Акселерограмма в точке 1 (зелёная линия) и точке 2 (красная линия) на фундаментной плите

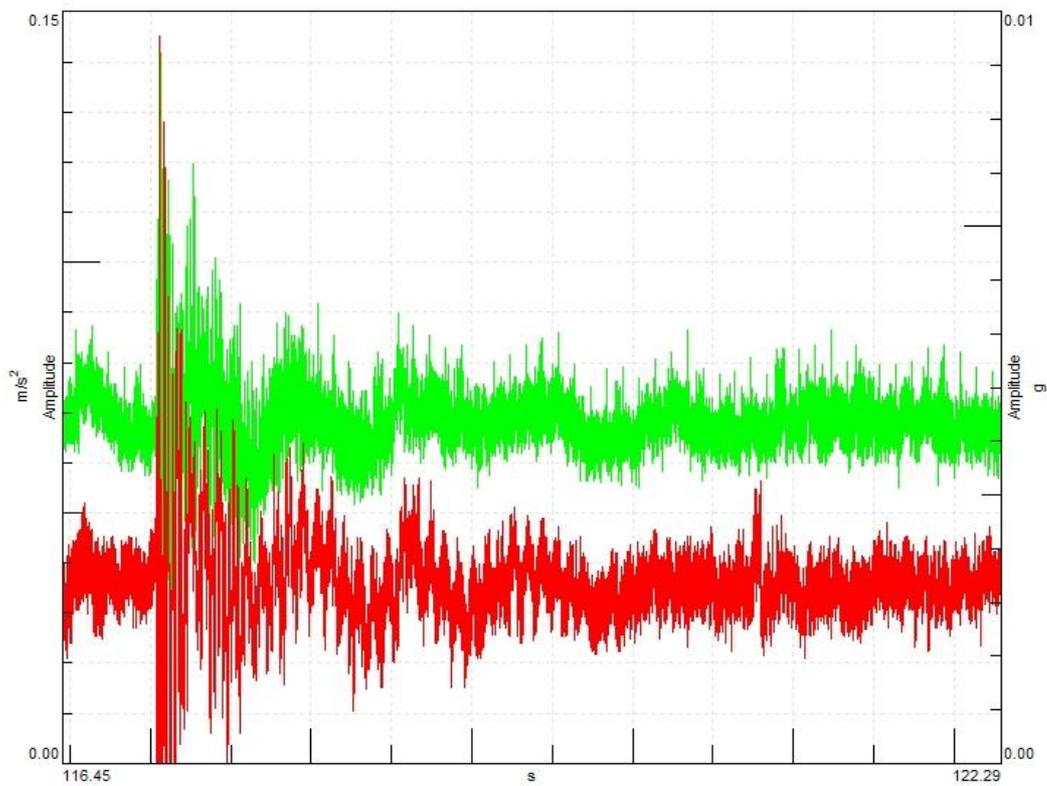


Рисунок 3 – Акселерограмма затухающих колебаний

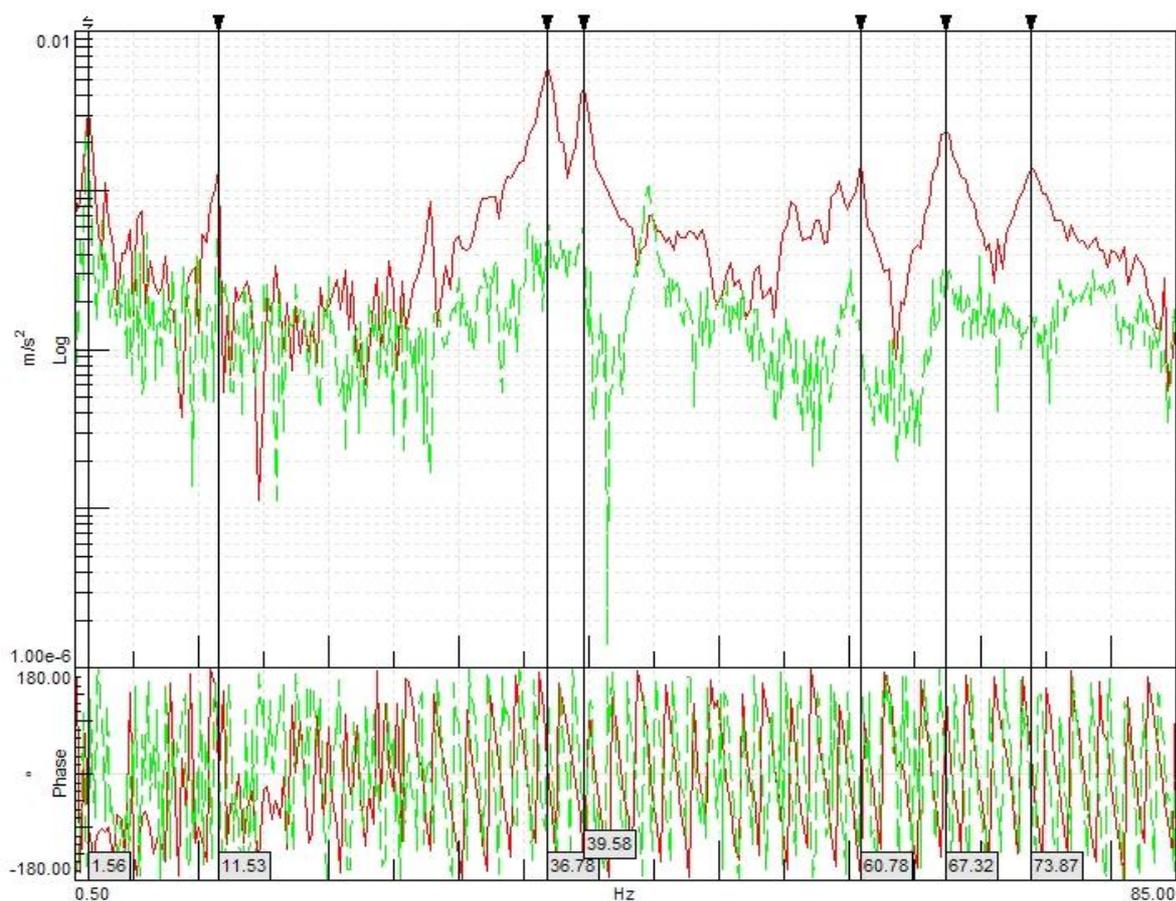


Рисунок 4 – Спектр свободных колебаний фундаментной плиты.

В отечественной практике [14,15] широкое распространение получили демпферы вязкого трения с заполнение одно- или двухкомпонентными смесями на основе полиметилсилоксана. Расчет вязких демпферов осуществляется в соответствии с Рекомендациями [15]. Предлагается следующая схема демпфера вязкого трения, представленного на рис. 5. Демпфер состоит из цилиндрического корпуса (статора), внутри которого с некоторым зазором размещен поршень (вибратор), выполненный в виде стакана, который установлен соосно с корпусом и обращен дном ко дну корпуса. Статор жестко крепится к поддерживающей конструкции (основанию), а вибратор – к виброизолированной фундаментной плите. Между боковыми стенками статора и вибратора находится вязкая жидкость, а полость между их днищами заполнена жидкостью с малой вязкостью, которая не растворяет рабочую жидкость (например, вода).

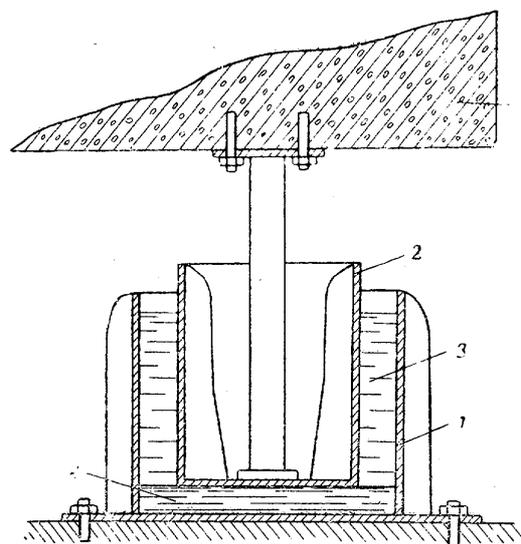


Рисунок 5 – Схема демпфера вязкого трения с двухкомпонентной жидкостью:
 1 – статор; 2 – вибратор;
 3 – вязкая жидкость; 4 – вода;
 5 – защищаемый объект

При движении вибратора в вертикальном направлении коэффициент сопротивления определяется по формуле:

$$k = \mu h \psi(\alpha), \quad (1)$$

где μ – динамическая вязкость, Па с;

h – рабочая высота слоя вязкой жидкости, м;

$\psi(\alpha)$ – функция, определяемая в соответствии с Рекомендациями [15];

$$\alpha = \frac{R}{r_0};$$

R – внутренний радиус статора, м;

r_0 – наружный радиус вибратора, м.

Радиус статора назначался из условия возможности монтажа демпфера между существующими пружинными виброизоляторами. Высота рабочего слоя вязкой жидкости принималась равной 80% размера зазора между опорной поверхностью фундаментной плиты и площадкой, на которую опираются пружинные виброизоляторы. Зазор между корпусом статора и виброизолированным фундаментом закрывался фартуком. В расчётной практике коэффициент α назначается в пределах 1,1 – 1,5. В данном случае принято $\alpha = 1,3$.

Требуемое значение коэффициента демпфирования вязких демпферов определяется по формуле:

$$k_{\text{треб}} = 2\pi f_0 m \gamma, \quad (2)$$

Здесь f_0 – собственная частота виброзащитной системы;

m – масса защищаемого объекта;

γ – коэффициент потерь.

Зная геометрические параметры демпфера, массовые характеристики защищаемого объекта и назначая коэффициент потерь, приравнявая формулы (1) и (2), определим значение μ демпфирующей жидкости. При массе фундаментной плиты и испытательного оборудования, установленного на ней, в 820 т расчетное значение вязкости жидкости составило $\mu = 168,75$ Па с. В настоящее время на рынке присутствует большой ассортимент полиметилсилоксановых и полиэтилсилоксановых жидкостей марок от ПМС – 5 до ПМС – 60000 (числа в обозначении марок указывают вязкость жидкости в сантипуазах) и ПЭС – 2 до ПЭС – 7 по ГОСТ 13032 – 77. К их преимуществам стоит отнести широкий температурный диапазон работы, химическую инертность, нетоксичность и взрывобезопасность. Для получения требуемого значения вязкости можно смешивать близкие по вязкости жидкости. Исходя из указанных соображений, подбирается комбинация жидкостей ПМС-15000 и ПМС-20000 в соотношении 10:0,9.

Целесообразно устанавливать демпфера на протяженной плите в местах, соответствующих пучностям наиболее энергетически насыщенных форм колебаний. Для однородной конструкции с простой схемой нагружения узлы и пучности форм колебаний можно определить аналитически. В данном случае, в конструкции фундаментной плиты присутствует, много выемок и технологических отверстий, более того, плита нагружена неравномерно. Соответственно, места постановки демпферов определялись дифференцировано – как по результатам модального анализа, так и с учётом данных замеров.

В работе проведён модальный анализ фундаментной плиты в программном комплексе PLMFemар. Результаты представлены на рис. 6 а) — е).

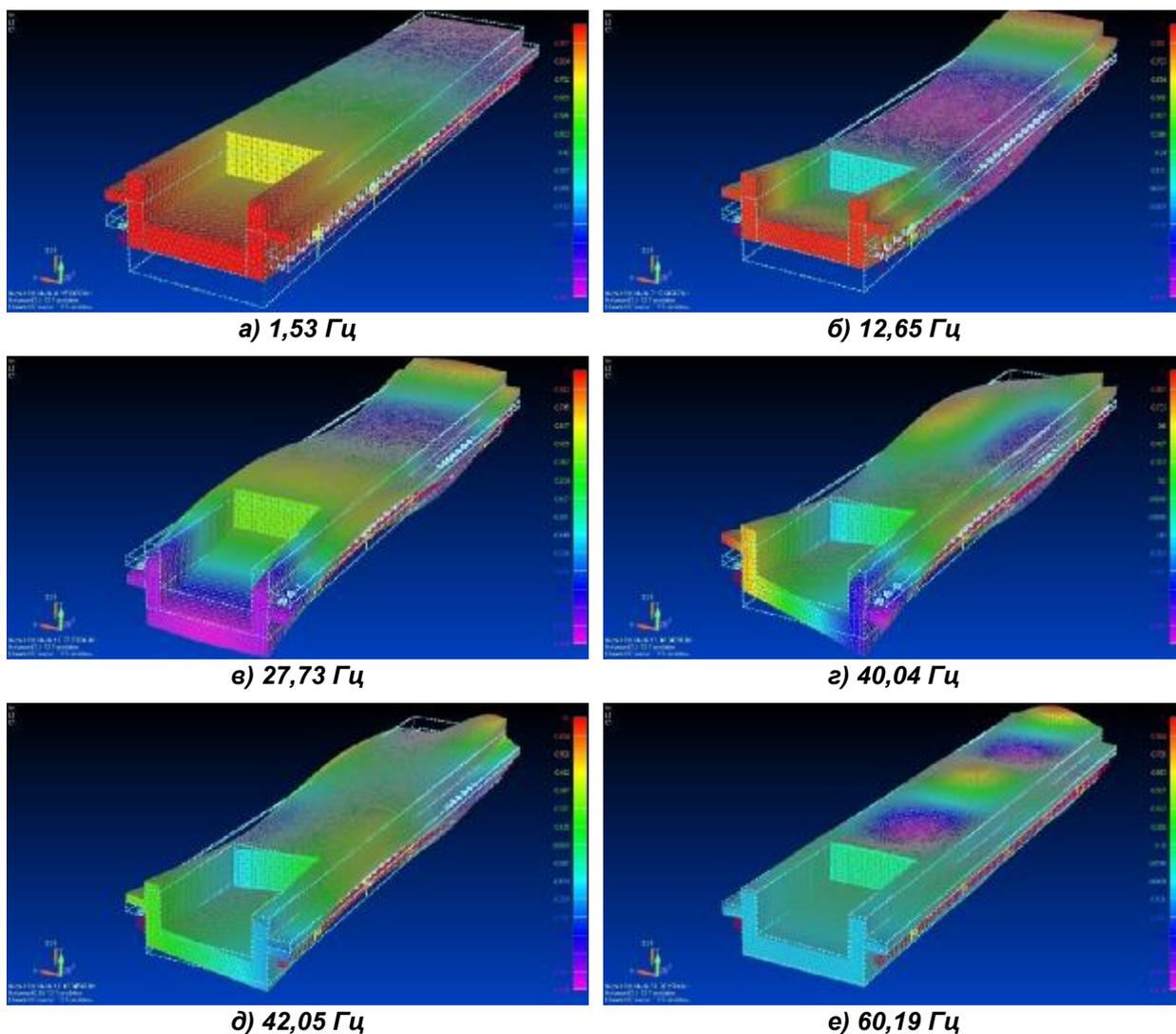


Рисунок 6 – Частоты и формы колебаний фундаментной плиты.

Анализ результатов модального анализа показывает высокую сходимость с данными натурных замеров. В связи с тем, что замеры проводились синхронно только в двух точках, численными расчетами получено большее количество собственных частот и форм. Это объясняется тем, что для некоторых форм колебаний акселерометры располагались в узлах. Как видно из рис. 6, первая собственная частота соответствует колебаниям плиты как твёрдого тела; частота 12,65 Гц и 27,73 Гц изгибным колебаниям фундаментной плиты; частота 40,04 Гц и 42,05 Гц — крутильным колебаниям. На частоте 60,19 Гц отмечены колебания верхней поверхности фундаментной плиты.

Результаты модального анализа использованы в программном комплексе Femard для расчета частотного отклика системы на внешнее кинематическое возбуждение основания. Для расчета задавалось ускорение основания в полосе частот 0 — 110 Гц. Результаты расчёта позволили построить спектры частот колебаний различных точек фундаментной плиты как до, так и после установки вязких демпферов. Результаты расчётов для мало демпфированного случая представлены на рис. 7.

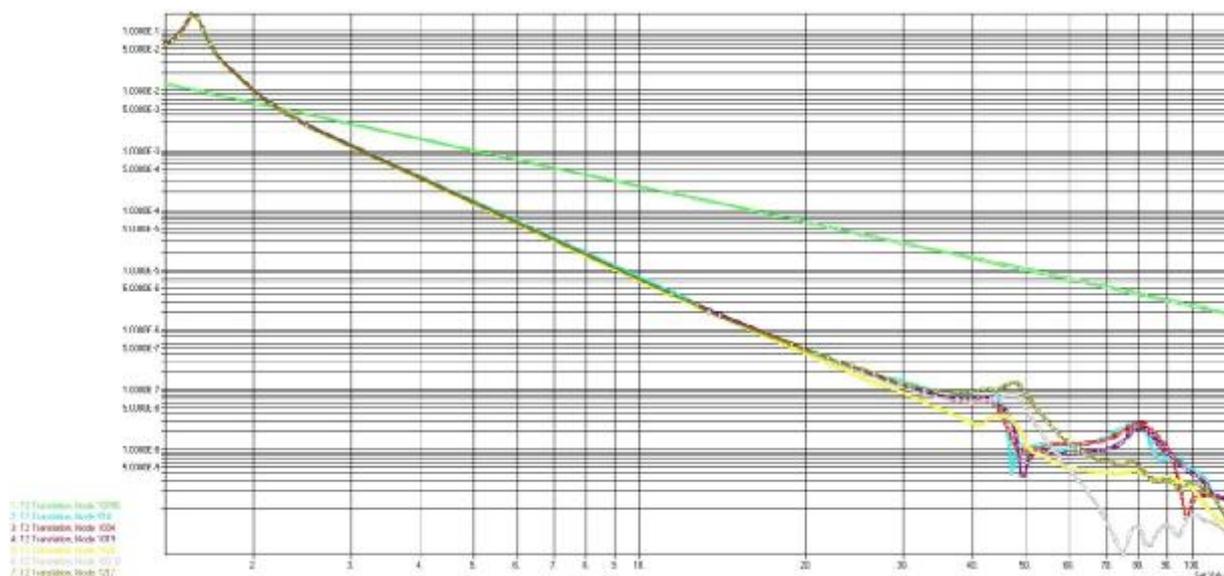


Рисунок 7 – Виброграмма точек фундаментной плиты в отсутствии демпфирования

При резонансе виброзащитной системы, на частоте 1,54 Гц превышение амплитуды виброперемещений точек на фундаментной плите оказывается в 20 раз выше, чем внешнее кинематическое воздействие. Спектры виброзащитной системы после установки демпферов представлены на рис. 8. Зелёной линией на рис. 8 указана величина входного кинематического воздействия на основание.

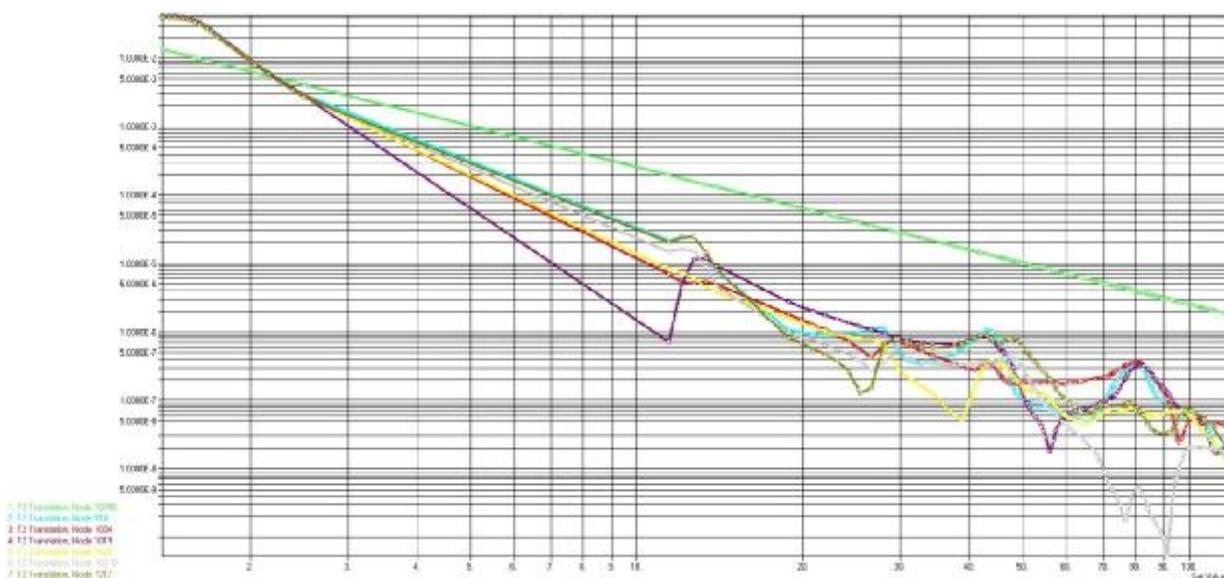


Рисунок 8 – Виброграмма точек фундаментной плиты после установки демпферов

Анализ результатов соответствует теории линейных виброзащитных систем – отмечено наличие резонанса виброзащитной системы на частоте 1,54 Гц. При использовании указанных в статье вязких демпферов амплитуды виброперемещений точек фундаментной плиты при резонансе снизились в 5 раз. Однако наряду со снижением амплитуд резонансных колебаний, демпфирование снижает качество виброзащитной системы при более высоких частотах. Отмечено увеличение амплитуд колебаний точек фундаментной плиты при частоте свыше 12 Гц. В связи с этим, результаты расчетов рис. 8 могут быть использованы, в частности, при назна-

чении мест установки оборудования на плите. Например, анализируя данные модального анализа и учитывая максимальные амплитуды вибрации точек можно рекомендовать установку юстировочной аппаратуры динамического стенда между второй и третьей четвертями плиты, т.е. между точками 7409 и 1034. Аналогично, для установки проверяемого изделия в технологическую выемку рекомендуется предусмотреть опоры вблизи краёв выемки и между точками 7217 – 10618, так как там наблюдаются наименьшие значения виброперемещений в процессе эксплуатации стенда.

В результате проведённого комплекса исследований можно сделать вывод, что установка вязких демпферов позволила снизить амплитуды вибраций фундаментной плиты до требуемых значений в диапазоне частот 1 — 5 Гц. Разработанная численная модель виброзащитной системы отражает наиболее существенные массово-инерционные характеристики реальной конструкции и позволяет проводить исследования системы без существенных материальных затрат и остановки производства на объекте. Результаты расчётов могут быть использованы при назначении мест постановки опор динамического стенда и измерительного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allen J. Bronowicki, et al, 2003. Dual stage passive vibration isolation for optical interferometer missions. Proc. SPIE, Vol. 4852, p. 753-763.
2. Добросовестнов, К.Б. Особенности проектирования и математического моделирования отдельных силовых элементов КА, разрабатываемых Филиалом НПО им. С.А. Лавочкина [Текст] / К.Б. Добросовестнов, С.А. Афонин // Научно-технический журнал ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина. – 2010. – №1 – С. 10 – 14.
3. Ершов, А.Г. Измерительная система координат космического лазерного высотомера — вертиканта, метод юстировки и анализ неопределённостей [Текст] // Научно – технический журнал ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина. – 2012. – №5.–С. 73 – 79.
4. Richard G Cobb, et al. Vibration isolation and suppression system for precision payloads in space. Smart Mater. Struct., 8, 798 p.
5. Technical guide “Fundamentals of vibration isolation”. CVI MellesGriot, 2010.
6. Цукерников, И.Е. Оценка уровней структурного шума, создаваемого в помещениях верхнего этажа высотного здания колебаниями установленного на кровле шпиля [Текст] / И.Е. Цукерников, И.Л. Шубин, Н.Е. Щурова, Т.О. Невенчанная // АСАДЕМІА. Архитектура и строительство – 2009. – №5. – С.
7. Крышов, С.И. Воздействие платформы для подъема транспортных средств на вибрационный режим здания [Текст] / С.И. Крышов, Е.И. Залеская // Материалы международной научно – практической конференции «Энергосбережение и экология в строительстве и ЖКХ, транспортная и промышленная экология»: Сборник материалов конференции НИИСФ РААСН, Москва-Будва, 2010г. – М.: НИИСФ РААСН. – 2010.
8. K. Hasselmann, 1963. A statistical analysis of the generation of micro-seisms. Review of Geophysics, Vol. 1, Is. 2, pp. 177–210.
9. Смирнов, В.А. Методы размещения высокоточного оборудования в существующих зданиях [Текст] // Жилищное строительство. – 2012. - №6. – С. 76- 77.
10. Смирнов, В.А. Нелинейный виброизолятор для целей кинематической виброзащиты объектов, чувствительных к вибрации [Текст] // Вестник МГСУ. – 2011. – №3. – Т.1. – С. 107 – 112.
11. Смирнов, В.А. Обзор систем активной виброизоляции [Текст] // Международная научно – практическая конференция «Проблемы и пути развития энергосбережения и защиты от шума в строительстве и ЖКХ»: Сборник материалов конференции НИИСФ РААСН – Москва – Будва, 2011 г. – М.: НИИСФ РААСН. – 2011. – С. 222 – 225
12. Lianqing Yu, Cheng Rao and Lizhen Du., 2009. An active control method for vibration isolation of precision equipment. Computing, Communication, Control, and Management, Vol.3, pp. 368-371.
13. Eugene I. Rivin, 2006. Vibration isolation of precision objects”, Sound and vibration.
14. Комков, В. Теория оптимального управления демпфированием колебаний простых упругих систем [Текст]. – М.: Изд-во Мир, 1975.
15. Рекомендации по виброзащите несущих конструкций производственных зданий/ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [Текст]. – М., 1988. – 217 с.

Владимир Александрович Смирнов

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
E-mail: belohvost@list.ru

V. SMIRNOV

THE COMPUTATION AND MODELING OF DAMPING DEVICES OF THE FOUNDATION OF PRECISION TEST STAND

This article investigates a problem of foundation vibration isolation for final assembly and dynamic testing platform built to perform space satellites trials. Specified vibration requirements for the foundation's surface account for $0,25 - 0,5 \mu\text{m}$ in frequency range $1 - 5 \text{ Hz}$ and the foundation's eigenfrequency less than $1,5 \text{ Hz}$. Field investigations to deliver the vibration level of the foundation slab were performed as well as to find the characteristic of existing vibration isolation system. Based on existing methodology a number of viscous dampers were designed to reduce the amplitudes or resonant oscillations. The analytical results were proved with the corresponding numerical study.

Keywords: low-frequency vibration, damping, natural frequency, vibration isolation, satellite test-bed.

BIBLIOGRAPHY

1. Allen J. Bronowicki, et al, 2003. Dual stage passive vibration isolation for optical interferometer missions. Proc. SPIE, Vol. 4852, p. 753-763.
2. Dobrosovestnov, K.B. Osobennosti proyektirovaniya i matematicheskogo modelirovaniya otdel'nykh silovykh elementov KA, razrabatyvayemykh Filialom NPO im. S.A. Lavochkina [Tekst] / K.B. Dobrosovestnov, S.A. Afonin // Nauchno-tekhnicheskii zhurnal FGUP NPO im. S.A. Lavochkina. – 2010. – №1 – S. 10 – 14.
3. Yershov, A.G. Izmeritel'naya sistema koordinat kosmicheskogo lazernogo vysotomera — vertikanta, metod yustirovki i analiz neopredelonnostey [Tekst] // Nauchno – tekhnicheskii zhurnal FGUP NPO im. S.A. Lavochkina. – 2012. – №5.–S. 73 – 79.
4. Richard G Cobb, et al. Vibration isolation and suppression system for precision payloads in space. Smart Mater. Struct., 8, 798 p.
5. Technical guide “Fundamentals of vibration isolation”. CVI MellesGriot, 2010.
6. Tsukernikov, I.Ye. Otsenka urovney strukturnogo shuma, sozdavayemogo v pomeshcheniyakh verkhnego etazha vysotnogo zdaniya kolebaniyami ustanovlennogo na krovle shpilya [Tekst] / I.Ye. Tsukernikov, I.L. Shubin, N.Ye. Shchurova, T.O. Nevenchannaya // ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo – 2009. – №5. – S.
7. Kryshov, S.I. Vozdeystviye platformy dlya pod"yema transportnykh sredstv na vibratsionnyy rezhim zdaniya [Tekst] / S.I. Kryshov, Ye.I. Zaleskaya // Materialy mezhdunarodnoy nauchno – prakticheskoy konferentsii «Energoberezheniye i ekologiya v stroitel'stve i ZHKKH, transportnaya i promyshlennaya ekologiya»: Sbornik materialov konferentsii NIISF RAASN, Moskva-Budva, 2010g. – M.: NIISF RAASN. – 2010.
8. K. Hasselmann, 1963. A statistical analysis of the generation of micro-seisms. Review of Geophysics, Vol. 1, Is. 2, pp. 177–210.
9. Smirnov, V.A. Metody razmeshcheniya vysokotochnogo oborudovaniya v sushchestvuyushchikh zdaniyakh [Tekst] // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2012. - №6. – S. 76- 77.
10. Smirnov, V.A. Nelineyny vibrizolyator dlya tseyly kinematicheskoy vibrozashchity ob"yektov, chuvstvitel'nykh k vibratsii [Tekst] // Vestnik MGSU. – 2011. – №3. – T.1. – S. 107 – 112.
11. Smirnov, V.A. Obzor sistem aktivnoy vibrozolyatsii [Tekst] // Mezhdunarodnaya nauchno – prakticheskaya konferentsiya «Problemy i puti razvitiya energoberezheniya i zashchity ot shuma v stroitel'stve i ZHKKH»: Sbornik materialov konferentsii NIISF RAASN – Moskva – Budva, 2011 g. – M.: NIISF RAASN. – 2011. – S. 222 – 225
12. Lianqing Yu, Cheng Rao and Lizhen Du., 2009. An active control method for vibration isolation of precision equipment. Computing, Communication, Control, and Management, Vol.3, pp. 368-371.
13. Eugene I. Rivin, 2006. Vibration isolation of precision objects”, Sound and vibration.
14. Komkov, V. Teoriya optimal'nogo upravleniya dempfirovaniyem kolebaniy prostykh uprugikh sistem [Tekst]. – M.: Izd-vo Mir, 1975.
15. Rekomendatsii po vibrozashchite nesushchikh konstruksiy proizvodstvennykh zdaniy/TSNIISK im. V.A. Kucherenko [Tekst]. – M., 1988. – 217 s.

Vladimir Smirnov

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow
Candidate of Techn. Sciences, senior researcher
E-mail: belohvost@list.ru

ТАМРАЗЯН А.Г., ФАЛИКМАН В.Р.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО МОДЕЛЬНОМУ КОДЕКСУ ФИБ

Модельный код (fib MC-2010) для проектирования железобетонных конструкций является основой для разработки следующего поколения норм проектирования конструкционного бетона. При его подготовке обобщены результаты всех выполненных за последние десятилетия исследований и с неизбежностью выявлены те области, где необходимы дальнейшие исследования. MC-2010 предлагает современные рекомендации по многим аспектам проектирования и анализа железобетонных конструкций. Он одновременно предлагает и более общую философию, основанную на сроке службы конструкции. В процессе работы над документом был выявлен ряд областей, где достоверная информация пока отсутствует или не существует зрелых идей для применения разработок на практике.

Ключевые слова: *Модельный код-2010, требования к долговечности, вероятностная безопасность, общая устойчивость, функциональность, оценка предельных состояний, ползучесть железобетона, ширина раскрытия трещин, демонтаж.*

Модельный код (fib MC-2010) – наиболее полный в настоящее время технический код в области железобетонных конструкций, включая их полный жизненный цикл: предварительное проектирование (стадия П), определение размеров и параметров, возведение, консервацию и демонтаж [1]. В число основных задач Модельного кодекса входит создание основы для будущих нормативов, обобщение новых разработок в области железобетонных конструкций, строительных материалов и новых идей для обеспечения оптимального поведения конструкций, детальный анализ которых проведен в [2].

Традиционно разработка национальных строительных норм и правил в разных странах основывалась на предписывающем методе. Однако, как показала мировая практика, этот метод не только не стимулирует участников строительного процесса к использованию более эффективных проектных решений, технологий и материалов, но в значительной степени сдерживает их. В настоящее время такой подход заменяется параметрическим, принцип которого заключается в том, чтобы сформулировать в нормативном документе только цели нормирования и функциональные требования к тому или иному объекту нормирования. Это допускает применение альтернативных решений, методов и материалов для достижения преследуемой нормативным документом цели, а значит, снижения стоимости строительства; внедрения инновационных технологий и материалов и т. д.

Конструкции и сооружения, в соответствии с новыми международными нормами, рекомендуется проектировать с учетом заданного срока службы, с применением положений, отраженных в серии стандартов ISO (ISO 14040 – ISO 14049). Термин «срок службы» относится к конструкциям, проявляющим удовлетворительные эксплуатационные качества в течение оговоренного периода времени без непредвиденных расходов на эксплуатацию [3].

Все эти базовые принципы составляют суть нового MC – 2010, обеспечивающего устойчивое развитие конструкционного бетона как основы современного строительства. Несмотря на то, что в Техническом регламенте «О безопасности зданий и сооружений» (ФЗ №384) прямо упоминается необходимость такого подхода, нормативная и доказательная база его пока не разработана, что в значительной степени препятствует применению, как правило, изначально более дорогой инновационной продукции.

Преыдушие Модельные кодексы ФИБ были изданы ранее, в 1978 и 1990 годах. Бетон и железобетон за это время кардинальным образом изменились. Например, упомянутый в

МС – 1990 максимальный класс бетона по прочности С80, что в те дни было значительным шагом вперед, как оказалось, являлся только предтечей ультравысокоэффективных бетонов с прочностью на сжатие более 200 МПа, которые применяются сегодня. Модельный кодекс 1990 года сосредотачивался, прежде всего, на конструктивной безопасности и эксплуатационной пригодности вновь возводимых конструкций. Важным новым аспектом в то время было появление основных базовых уравнений для бетона. Это было обусловлено созданием эффективных программ с нелинейным расчетом, использующих метод конечных элементов.

Новый кодекс предлагает самую последнюю современную информацию о различных методах проектирования и анализа в соответствии с реальными потребностями общества в создании оптимальной окружающей среды и инфраструктуры.

Самым принципиальным из них является введение параметра "времени" как важнейшего критерия расчета [4]. Это относится не только к традиционным «временным» свойствам бетона, таким, как ползучесть и усадка, но и, что особенно важно, – при проектировании срока службы конструкций. В отличие от МС-1990 года, целью МС–2010 является проектирование железобетонных конструкций с достаточной безопасностью и эксплуатационной пригодностью для определенного промежутка времени *после* их возведения. Это означает, что конструкция должна быть полностью функциональна в течение определенного расчетного периода, что, в свою очередь, требует, чтобы была принята адекватная стратегия её эксплуатации прямо на стадии проектирования. Структура кодекса отражает эту концепцию: за главой по проектированию следуют главы по возведению, эксплуатации и демонтажу конструкций. В этом отношении подход в МС – 2010 значительно более аналитический, чем в МС – 1990, где приведены только общие соображения о сроке службы.

Проектирование по параметрам долговечности фактически является определением требований к сроку службы конструкции. В этом случае, скорее, субъективное понятие “долговечность” превращается в фактическое обоснование «количества лет», в течение которых конструкция должна удовлетворительно выполнять свои функции без непредвиденно высоких расходов на ее техническое обслуживание [5]. Определенный срок «функциональности» конструкции тесно связан с кратко– и долгосрочными издержками для выполнения данного требования.

Требования к долговечности в МС–2010 определяются рядом соответствующих предельных состояний, где срок службы конструкции заканчивается, когда превышены одно или более из этих предельных состояний:

- предельные состояния первой группы;
- предельные состояния второй группы;
- предельные состояния, связанные с долговечностью;
- предельные состояния, связанные с устойчивым развитием;
- предельные состояния по надежности;
- предельные состояния по конструкционной безопасности, связанные с экстремальными воздействиями;
- предельные состояния, связанные с эксплуатацией.

Важно, что МС-2010 содержит главу по предварительной стадии проектирования, где содержится большой набор рекомендаций для оптимального проектирования для конкретных граничных условий. При этом конструкции должны быть должны также обеспечивать требования устойчивого развития и полностью отвечать своему режиму работы без ограничений в течение предусматриваемого периода эксплуатации. Кроме того, они должны быть прочны и просты в обслуживании, хорошо адаптированы к окружающей среде и местным традициям. Такие аспекты жизненного цикла, как возведение, демонтаж конструкций и утилизация отходов, нужно рассмотреть уже на стадии проектирования, хотя они становятся актуальными только далеко в будущем.

МС-2010 представляет – в дополнение к коэффициентам надёжности, учитываемым при расчёте строительных конструкций по предельному состоянию, которые сейчас обычно используется в повседневной практике – формат вероятностной безопасности и формат общей устойчивости. Формат вероятностной безопасности особенно актуален для новых задач в области строительной техники, которые очень быстро приобретают все большее значение. Прежде всего, это оценка несущей способности существующих конструкций, которые были разработаны по старым кодексам (нормам), но теперь подвергаются нагрузкам значительно выше, чем те, для которых они были предназначены изначально и, возможно, находятся в состоянии развивающегося или прогрессирующего разрушения. Формат общей устойчивости должен поддерживать применение нелинейных расчетов, например, методом конечных элементов с определенными уровнями надежности.

МС-2010 предлагает методы проектирования с различными “уровнями приближения”. Таким образом, делается различие между приложениями для ежедневного использования и приложениями, которые требуют более точного анализа, например, из-за видимых значительных финансовых последствий [6].

Для численных расчетов вводится понятие надежности. До настоящего времени в этом случае использовались исходные данные на основе личного выбора проектировщика. Понятно, что полученные результаты расчета могут быть в определенной степени субъективны и могут существенно варьироваться. Уполномоченные органы зачастую неохотно их принимают, поскольку достоверность этих результатов трудно оценить количественно. В МС-2010 на выбор предлагаются методы, которые связаны с разными уровнями надежности.

МС-2010 дает широкий круг нагрузок, которые могут возникать во время срока службы конструкции. Он рассматривает проектирование железобетонных конструкций при статических, циклических, усталостных нагрузках и воздействиях. Кроме того, в нем специфицированы огневые, сейсмические нагрузки и деформации, наложенные согласованными способами.

МС-2010 описывает принципы проектирования путем испытаний систем и конструкций, а не только на основе статистического анализа серий испытаний на аналогичных образцах; при этом допускается сочетание коротких серий испытаний и численных методов анализа, в том числе на основе упомянутых ранее принципов надежности.

МС-2010 определяет стратегии обслуживания как часть проектирования по жизненному циклу.

В документе приводятся первые соображения об ожидаемом возрастании роли критериев устойчивого развития в проектировании. Пока здесь обозначены только общие принципы, исходя из предположения, что в ближайшие годы в этой области будет наблюдаться значительный рост работ, в результате чего появятся более специфические методы [7].

После выпуска в свет МС- 2010 года Технический комитет ФИБ выявил и обозначил множество проблем, требующих решения при подготовке следующих редакций документов. Остановимся на некоторых из них.

Материалы с заданной функциональностью

В принятых на сегодня кодексах свойства бетона связаны с пределом его прочности при сжатии. Это не всегда феноменологически обоснованно, но зато достаточно практично. Действительно, испытания прочности бетона в цилиндре или кубах всегда легко выполнимы, и для большинства свойств бетона существует приемлемая корреляция между пределом прочности при сжатии и другими свойствами бетона, такими, как ползучесть, усадка, прочность при растяжении, модуль упругости, и даже коэффициент водопроницаемости и коэффициент диффузии. Эти зависимости правильны для обычных бетонов при определенных ограничениях, таких, например, как условие минимального содержания цемента (например, 260 – 280 кг/м³). В последние годы, однако, принципы проектирования бетонных смесей претерпели значительное развитие. Новые представления о плотности упаковки частиц, наполнителях,

минеральных и химических добавках привели к разработке нового поколения бетонов с уникальными свойствами. Например, основываясь на так называемом коэффициенте заполнения цементом CSF и регулировании водопотребности за счет применения добавок, удалось получить бетоны с достаточной прочностью (прочность при сжатии в цилиндре в возрасте 28 сут. на уровне 32МПа) и удобоукладываемостью при содержании цемента в бетоне, не превышающем 110 кг/м³. Испытания бетонов на усадку и ползучесть показывали даже более низкие значения, чем у обычных бетонов той же прочности. Кроме того, измерения электрического удельного сопротивления стандартизированных образцов продемонстрировали, что и критерии долговечности также вполне обеспечиваются.

Ясно, что для таких новаторских бетонов соотношения между свойствами и пределом прочности при сжатии часто вводят в заблуждение и препятствуют их практическому использованию. Совершенствование нормативной базы и определение понятия «бетонов заданного качества» (EN 206-1, ГОСТ 7473 и другие стандарты) привели к созданию теории прогнозирования долговечности бетона и развитию концепции «эквивалентных функциональных характеристик бетона». Согласно этой концепции, состав бетона, отличный от нормируемого, может применяться в проекте при соблюдении определенных условий, главным из которых является обеспечение заданных проектом параметров долговечности. Это должно быть подтверждено сопоставлением результатов испытаний «стандартного» и предлагаемого бетона по всем нормируемым показателям качества.

Ползучесть железобетона

В МС-2010 были полностью обновлены зависимости, описывающие ползучесть, что отразило современное понимание и состояние исследований. Тем не менее, до сих пор продолжаются интенсивные дискуссии о справедливости приведенных в кодексе формул. Так, долгосрочные измерения на значительном числе большепролетных железобетонных мостов показали, что измеренные прогибы могут достигать значений примерно в два раза больше тех, что получаются расчетным путем. Современные подходы к механике ползучести бетона освещены в монографии [8]. Детальный критический анализ текущей ситуации можно найти в последнем обзорном докладе [9].

Роль максимально допустимой ширины раскрытия трещин в обеспечении долговечности

На протяжении всей истории железобетона обсуждается вопрос о наиболее приемлемой модели для расчета ширины раскрытия трещин. Однако следует отметить, что в любом проекте вычисленная ширина трещин всегда сравнивается с предельными значениями, указанными в таблицах, происхождение которых представляется несколько расплывчатым. Значения максимальной ширины раскрытия трещины формулируются в зависимости от класса среды эксплуатации конструкции и типа (вида) используемой стали. Кроме того, определение самих нагрузок, для которых должна быть рассчитана максимальная ширина трещины, отличается: некоторые кодексы используют максимальную эксплуатационную нагрузку, в то время как другие предлагают использовать комбинацию часто повторяющихся нагрузок. Все табличные значения максимальной ширины раскрытия трещин меньше 0,4 мм, тогда как давно показано [10], что такая ширина раскрытия трещин допустима до той поры, пока толщины и качество защитного слоя бетона соответствуют определенным стандартам. В то же время, возникают новые вопросы, связанные, например, с увеличением транспортной нагрузки на старые мосты, где бетон имеет отличные от проектных характеристики. Еще более проблематичен вопрос о продолжительности времени раскрытия трещин, которое не приводит к необратимым последствиям с точки зрения обеспечения долговечности. Понятно, что все эти проблемы прямо связаны с армированием конструкций, а значит, суммарной стоимостью железобетона.

Неметаллическая композитная арматура

Проблема применения композитной арматуры особенно остро стоит в нашей стране [11]. В России в различных отраслях народного хозяйства агрессивному воздействию, включая грунтовые и атмосферные, подвергаются от 15 до 75% строительных конструкций зданий и сооружений. С уменьшением толщины полок и стенок строительные конструкции стали еще более уязвимы для коррозии. В результате через 10–15 лет, а то и через 1–2 года эксплуатации зданий и сооружений, затраты на их ремонт часто превышают их первоначальную сметную стоимость. Учитывая, что одним из основных факторов обеспечения долговечности железобетонных конструкций является сохранность в них арматуры, замена металлической арматуры на композитные материалы приобретает первостепенное значение.

Существенной проблемой широкого применения композитной арматуры является достаточно низкая тепло- и термостойкость применяемых сегодня связующих, которая для эпоксидных и винилэфирных смол не превышает 100 – 130 °С, а для полиэфирных – 80 – 90 °С. При повышенных температурах для всех этих полимеров характерна высокая ползучесть и низкая длительная прочность. Второе «узкое горло» применения композитной арматуры – достаточно низкий модуль упругости по сравнению с металлической, в результате чего при низких уровнях армирования и незначительных напряжениях в самой арматуре изгибаемая конструкция может разрушиться по бетону.

По этим причинам высокие прочностные характеристики композитной арматуры в большинстве случаев остаются нереализованными, а на стадии расчета обязательным становится контроль минимального процента армирования индивидуально для каждого расчетного случая.

Оценка предельных состояний, связанных с долговечностью

Поскольку структурная безопасность выражается в терминах надежности, которая должна поддерживаться на протяжении всего срока службы конструкции, логично было бы, что в понятие надежность вводили бы предельные состояния в отношении долговечности. Предельное состояние по долговечности достигается тогда, когда достигается заданный критерий для определенного вида разрушения. Для проникновения хлоридов и карбонизации эти критерии могут быть достаточно четко и хорошо определены. Для других механизмов разрушения, например, циклы замораживания/оттаивания, воздействие сульфатов, щелочная реакция заполнителя и т. д., такие критерии предельного состояния являются менее определенными. Для уточнения этих критериев может быть весьма поучительным обследование старых конструкций с анализом их реального состояния, предоставив возможность оценки результатов теоретических моделей разрушения.

Демонтаж

Демонтаж знаменует окончание срока службы бетонной конструкции, который имеет тенденцию описывать поведение конструкции за весь срок службы. Термин “Демонтаж” предполагает контролируемый, регулируемый процесс, который побуждает проектировщиков думать о конце срока службы прямо от самой ранней стадии проектирования. Хочется надеяться, что это может вдохновить на разработку концепций съемных и легко адаптируемых конструкций.

Заключение

МС-2010 предлагает современные рекомендации по многим аспектам проектирования и анализа железобетонных конструкций. Он одновременно предлагает и более общую философию, основанную на сроке службы конструкции. В процессе работы над документом был выявлен ряд областей, где достоверная информация пока отсутствует или не существует зрелых идей для применения разработок на практике. Таким образом, проектирование железобетонных конструкций по-прежнему является областью, которая все еще показывает значительную эволюцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. fib Model Code for Concrete Structures 2010. – Ernst & Sohn, Berlin, 2013. – 402 p.
2. Фаликман, В.Р. Модельный Кодекс ФИБ для проектирования железобетонных конструкций: навстречу новым вызовам. Стр. 477-484. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры железобетонных и каменных конструкций и 100-летию со дня рождения Н.Н. Попова (19–20 апреля 2016 г., Москва) / под ред. А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. Москва: НИУ МГСУ, 2016. 528 с.
3. Фаликман, В.Р. Современные проблемы обеспечения долговечности железобетонных конструкций / В.Р. Фаликман, В.Ф. Степанова // БСТ: бюллетень строительной техники. – 2015. – № 2 (966). – С. 55–61.
4. Walraven, J.C. The 2010 fib Model Code for Concrete Structures: a new approach to structural engineering / J.C. Walraven, A.J. Bigaj // Structural Concrete. – 2011. – V. 12. – № 3. – P. 139–147.
5. Fagerlund, G. Service Life of Structures. General Report / G. Fagerlund // Session 2.3, Proceedings, RILEM Symposium on Quality Control of Structures. – 1979, Stockholm, Sweden.
6. Muttoni, A. The levels-of-approximation approach in MC 2010: application to punching shear provisions / A. Muttoni, M. Fernández Ruiz // Structural Concrete. – 2012. – V. 13. – № 1. P. 32–41.
7. Falikman, V.R. Structural Concrete in the Age of Sustainable Development / V.R. Falikman, B.V. Gusev // ACI Technical Publication SP-305 «Durability & Sustainability of Concrete Structures». – 2015. – P. 36.1–36.12.
8. Тамразян, А.Г. Механика ползучести бетона / А.Г. Тамразян, С.Г. Есяян; М-во образования и науки Рос. Федерации; ФГБОУ ВПО «Моск.гос.строит.ун-т». – М.: МГСУ, 2012. – 524 с.
9. Muller, H S. Creep and Shrinkage of Concrete – from Theoretical Background and Experimental Characteristics to Practical Prediction Models / H S. Muller, R. Breiner, V. Kvitsel // 27th Biennial Concrete Institute of Australia's National Conference «Concrete 2015», Melbourne, Australia, August 30 – September 2, 2015. – CD P. 13–32.
10. Schießl, P. Monitoring Corrosion Risk in Concrete Structures – Review of 10 Years Experience and New Developments / P. Schießl, M. Raupach // Fifth CANMET/ACI/International Conference on Durability of Concrete. – Barcelona, Spain, 2000. – V. I. – P. 19–3.
11. Falikman, V. Russian experience in non metallic composite reinforcement production and use / V. Falikman, V. Stepanova, A. Bouchkin // The Fourth International fib Congress 2014 «Improving Performance of Concrete Structures», Mumbai, 2014. – Proceedings. University Press. – V. II. – P. 784–786.

А.Г. Тамразян

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва.

Доктор технических наук, профессор; зав. кафедрой железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: tamrazian@mail.ru

В.Р. Фаликман

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва.

Доктор материаловедения, профессор кафедры ТВВиБ.

E-mail: vfalikman@yandex.ru

A. TAMRAZYAN, V. FALIKMAN

**BASIC REQUIREMENTS FOR THE DESIGN
OF CONCRETE STRUCTURES
ON THE *fib* MODEL CODE**

The Model Code for Concrete Structures 2010 is written with the intention of giving guidance for future codes. The results of the newest research and development work are used at the level of the latest state of the art. While carrying out Codes, areas are inevitably found where information is insufficient, and where further study is required. The MS-2010 offers modern recommendations on many aspects of design and analysis of reinforced concrete structures. It simultaneously offers a more comprehensive philosophy based on the life of the structure. In the process of working on the document identified a number of areas where reliable information is unavailable or does not exist Mature ideas for application of research in practice.

Key words: Model Code 2010, to the durability requirements, probabilistic safety, overall stability, functionality, score limit states, concrete creep, crack opening width, dismantling.

BIBLIOGRAPHY

1. fib Model Code for Concrete Structures 2010. – Ernst & Sohn, Berlin, 2013. – 402 p.
2. Falikman, V.R. Model'nyy Kodeks FIB dlya proyektirovaniya zhelezobetonnykh konstruktсий: navstrechu novym vyzovam. Str. 477-484. V sbornike: Sovremennyye problemy rascheta zhelezobetonnykh konstruktсий, zdaniy i sooruzheniy na avariynnye vozdeystviya: sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu kafedry zhelezobetonnykh i kamennykh konstruktсий i 100-letiyu so dnya rozhdeniya N.N. Popova (19–20 aprelya 2016 g., Moskva) /pod red. A.G. Tamrazyana, D.G. Kopanitsy; M-vo obrazovaniya i nauki Ros. Federatsii, Nats. issledovat. Mosk. gos. stroit. un-t. Moskva: NIU MGSU, 2016. 528 s.
3. Falikman, V.R. Sovremennyye problemy obespecheniya dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruktсий / V.R. Falikman, V.F. Stepanova // BST: byulleten' stroitel'noy tekhniki. – 2015. – № 2 (966). – S. 55–61.
4. Walraven, J.C. The 2010 fib Model Code for Concrete Structures: a new approach to structural engineering / J.C. Walraven, A.J. Bigaj // Structural Concrete. – 2011. – V. 12. – № 3. – P. 139–147.
5. Fagerlund, G. Service Life of Structures. General Report / G. Fagerlund // Session 2.3, Proceedings, RILEM Symposium on Quality Control of Structures. – 1979, Stockholm, Sweden.
6. Muttoni, A. The levels-of-approximation approach in MC 2010: application to punching shear provisions / A. Muttoni, M. Fernández Ruiz // Structural Concrete. – 2012. – V. 13. – № 1. R. 32–41.
7. Falikman, V.R. Structural Concrete in the Age of Sustainable Development / V.R. Falikman, B.V. Gusev // ACI Technical Publication SP-305 «Durability & Sustainability of Concrete Structures». – 2015. – R. 36.1–36.12.
8. Tamrazyan, A.G. Mekhanika polzuchesti betona / A.G. Tamrazyan, S.G. Yesayan; M-vo obrazovaniya i nauki Ross. Federatsii; FGBOU VPO «Mosk. gos. stroit. un-t». – M. : MGSU, 2012. – 524 s.
9. Muller, H S. Creep and Shrinkage of Concrete – from Theoretical Background and Experimental Characteristics to Practical Prediction Models / H S. Muller, R. Breiner, V. Kvitsel // 27th Biennial Concrete Institute of Australia's National Conference «Concrete 2015», Melbourne, Australia, August 30 – September 2, 2015. – CD R. 13–32.
10. Schießl, P. Monitoring Corrosion Risk in Concrete Structures – Review of 10 Years Experience and New Developments / P. Schießl, M. Raupach // Fifth CANMET/ACI/International Conference on Durability of Concrete. – Barcelona, Spanien, 2000. – V. I. – P. 19– 3.
11. Falikman, V. Russian experience in non metallic composite reinforcement production and use / V. Falikman, V. Stepanova, A. Bouchkin // The Fourth International fib Congress 2014 «Improving Performance of Concrete Structures», Mumbai, 2014. – Proceedings. University Press. – V. II. – R. 784–786.

A. Tamrazyan

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow.

Doctor of technical sciences, professor, Head of department of reinforced concrete and stone constructions

E-m ail: tamrazian@mail.ru

V. Falikman

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow.

Materials Doctor, professor of department TVViB

E-m ail: vfalikman@yandex.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 721:699.86

ОВСЯННИКОВ С.Н., ОКОЛИЧНЫЙ В.Н., БАЛДИН И.В., БУБИС А.А.

НАТУРНЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ФРАГМЕНТА ЗДАНИЯ, ПОСТРОЕННОГО ПО СИСТЕМЕ «КУПАСС»

В статье приводятся результаты натурных испытаний трехэтажного каркасного здания системы КУПАСС на действие горизонтальных нагрузок, эдентичных сейсмическим, и статических нагрузок, а так же результаты статических испытаний конструкций и узлов их сопряжений в лабораторных условиях. Дана краткая характеристика конструктивного решения испытываемого фрагмента здания. Горизонтальные нагрузки созданы вибромашиной инерционного действия ВИД-50 с вращающимися дебалансами. Вибромашина закреплена на скользящем поясе в виде перекрестных монолитных железобетонных балок. Между скользящим поясом и каркасом установлены сейсмоизолирующие резинометаллические опоры. Представлены и проанализированы результаты сейсмических и статических испытаний на фрагменте здания, на натурных конструкциях, на узлах сопряжения конструкций. Делается вывод, что разработанная новая сейсмостойкая каркасная универсальная полносборная архитектурно-строительная система «КУПАСС» может использоваться в районах с расчетной сейсмичностью до 7 баллов включительно без применения системы сейсмоизоляции и 8 баллов включительно с применением системы сейсмоизоляции из резинометаллических опор.

Ключевые слова: сейсмостойкая система «КУПАСС», натурные экспериментальные исследования, сейсмоизоляция, резинометаллические опоры.

Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ) по заказу ОАО «Томская домостроительная компания» (ОАО ТДСК) выполнил комплексный проект «Разработка и запуск в производство технологии строительства энергоресурсосберегающего жилья экономического класса на основе универсальной полносборной каркасной конструктивной системы». Работа выполнена в рамках постановления Правительства РФ от 9 апреля 2010 г., № 218. В результате были разработаны: новая сейсмостойкая каркасная универсальная полносборная архитектурно-строительная система «КУПАСС», отвечающая актуализированным нормам проектирования, новые рецептуры и технологии производства высокомарочных тяжелых и легких конструкционных бетонов, энергоэффективные наружные конструкции и инженерные системы жизнеобеспечения.

Конструктивные решения каркаса здания, предложенные учеными ТГАСУ (профессора Овсянников С.Н., Копаница Д.Г., доценты Околичный В.Н., Балдин И.В.) и специалистами ООО «МонолитСпецПроект» (профессор Кабанцев О.В.), использованы в проектной и рабочей документации АО «Иркутский Промстройпроект» (ГИП Заиграев А.С., гл. конструктор Сутырин Ю.А.). Аналогичные работы по созданию новых сейсмостойких архитектурно-конструктивных систем [1, 5-7] ранее велись в г. Иркутск [2] и г. Кемерово [3]. Отличительной особенностью системы КУПАСС является полносборность каркаса, применение обжимных муфт при монтаже конструкций и достижение наивысших показателей в энергосбережении.

Разработан проект 12-ти этажного дома-представителя системы КУПАСС, рабочие чертежи конструкций, проведены серии лабораторных испытаний несущих конструкций и узлов сопряжений на различные виды воздействий.

Конструктивная система здания – рамно-связевый каркас с поперечным расположением рам и продольным расположением связей в виде связевых ригелей и диафрагм жесткости. Пространственная жесткость каркаса обеспечена совместной работой рам с жесткими узлами и дисками перекрытий. Каждая рама состоит из колонн и несущих ригелей, а в одном или во всех трех

пролетах дополнительно имеет диафрагмы жесткости. Рамы трехпролетные, трехэтажные с пролетами 6,0 м; 2,4 м; 5,4 м, шаг расположения рам 6,7 м. Все элементы каркаса выполнены из тяжелого бетона класса В40.

Колонны на 3 этажа высотой 9,0 м сечением 400×400 мм армированы пространственными каркасами с продольными арматурными стержнями класса А500СП и хомутами из арматуры А240. В колоннах предусмотрены отверстия для пропуска арматурных стыковых стержней для связи с ригелями и диафрагмами жесткости.

Несущие ригели таврового сечения 400×400 мм с полками для опирания плит перекрытия 100 мм, а связевые ригели прямоугольного сечения 400×240 мм и 400×400 мм. Ригели армированы пространственным каркасом из стержней класса А500СП.

Панели диафрагм жесткости приняты размером на этаж, толщиной 160 мм. В панелях поперечных диафрагм предусмотрены полки шириной 100 мм для опирания плит перекрытия. Диафрагмы армированы вертикальными плоскими сварными каркасами из стержней класса А500СП, поперечные стержни каркасов из арматуры класса А240.

Плиты перекрытий и покрытия толщиной 160 мм выполнены предварительно напряженными с напрягаемой арматурой класса Ат800.

Несущие ригели смонтированы на стальные консоли колонн, связевые - на временные опоры. Выпуски верхней и нижней арматуры ригелей соединены со стыковыми стержнями, пропущенными через отверстия в колоннах, с помощью обжимных муфт.

Диафрагмы жесткости имеют различные виды сварных соединений с колонными и между собой. Соединения с колоннами в уровне консольных выступов выполнены стыковыми стержнями, по высоте колонны – накладками по закладным деталям. Между собой диафрагмы жесткости в торцах соединены стальными накладками, в средней части диафрагм выполнены шпоночные отверстия с арматурными выпусками. Все стыки в каркасе замоноличены мелкозернистым бетоном класса В40.

Плиты перекрытий и покрытия смонтированы на полки ригелей и диафрагм жесткости на цементном растворе. Плиты с термовставкой и балконным выступом уложены на связевые ригели. Жесткий диск перекрытия образован сваркой закладных деталей в торцах плит перекрытия, с несущими ригелями и диафрагмами жесткости.

Для подтверждения надежности и безопасности принятых конструктивных решений осенью 2015 г. сотрудниками АО «НИЦ «Строительство» ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и ТГАСУ были проведены совместные полевые испытания 3-х этажного фрагмента здания в натуральную величину на статические и сейсмические нагрузки [4]. В ходе испытаний изучена специфика статической работы сборных конструкций, выявлено влияние принятой в проекте сейсмоизоляции на работу конструкций; измерено сейсмоускорение колебаний здания, качественно и количественно оценены факторы, определяющие поведение отдельных конструктивных элементов и всего здания в целом.

Конструкции испытательного фрагмента изготовлены на ЗКПД ТДСК, фрагмент здания возведен специалистами СУ ТДСК и представлен одной блок-секцией с цокольным этажом. Здание прямоугольного очертания в плане с габаритными размерами между осями 20,1×13,8 м и высотой этажа 3,0 м. Объемно-планировочное и конструктивное решения здания аналогичны зданию-представителю. План типового этажа, поперечный разрез и общий вид испытываемого здания приведены на рис. 1-3.

Фундамент испытательного фрагмента свайный, ростверк монолитный железобетонный в виде перекрестных балок.

В испытательном фрагменте предусмотрен скользящий пояс в виде монолитных железобетонных перекрестных балок. Между ростверком и скользящим поясом установлены катковые опоры для исключения передачи колебаний от здания на его фундаменты. Катковые опоры установлены в местах расположения колонн здания и вибромашины и обеспечили подвижность каркаса в продольном и поперечном направлениях.

Каркас испытательного фрагмента через опорные боки передает нагрузку на подколоники скользящего пояса посредством резинометаллических сейсмоизолирующих опор марки

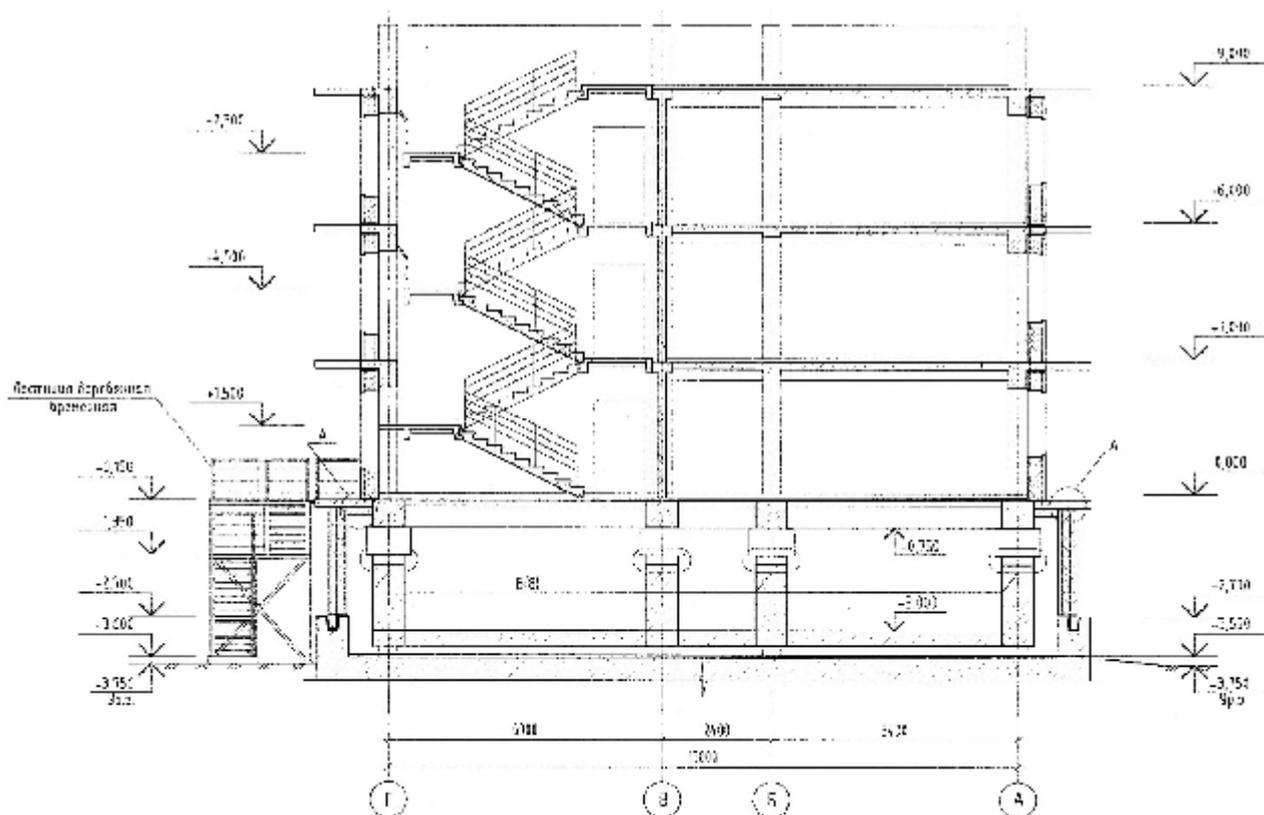


Рисунок 2 – Поперечный разрез 1-1



Рисунок 3 – Общий вид испытываемого здания



Рисунок 4 – Общий вид вибромашины инерционного действия ВИД-50

Сейсмоускорения колебаний измерены акселерометрами ОСП-3М и АТ1105.1-5А, которые закреплены в уровне цокольного этажа на подколоннике ниже уровня сейсмоизоляции (ОСП-3М) и на опорном блоке выше уровня сейсмоизоляции (АТ1105.1-5А), на плите покрытия. Запись сигналов с датчиков выполнена с помощью цифрового многоканального измерительного комплекса МІС-036R.

Таблица 1 – Программа испытаний

№ этапа	№ Испыта-ния	Длитель-ность ис-пытания, с	Диапазон изменения ча-стоты вибромашины, Гц	Число дебалансов вибромашины	Направление воз-действия
1	1	820	0,5 - 5,9	10	Поперек здания
	2	580	0,5 - 6,5	8	Поперек здания
	3	370	0,5 - 7,0	6	Поперек здания
	4	330	0,5 - 7,6	4	Поперек здания
2	5	720	0,5 - 6,5	8	Вдоль здания
	6	160	0,5 - 6,3	10	Вдоль здания

Анализ сейсмоускорений колебаний на этапе № 1 (табл. 2) позволил сделать выводы, что при разных режимах нагружения здания инерционной нагрузкой в поперечном направлении ускорения колебаний цокольной части ниже системы сейсмоизоляции, имитирующей основа-ние, изменялись от 2,2 м/с² до 6,83 м/с², а выше системы сейсмоизоляции в 10-22 раза меньше и составляет от 0,1 м/с² до 0,67 м/с².

Таблица 2 – Результаты испытаний на этапе № 1

№ испыта-ния	Максимальные значения ускорения колебаний датчика, м/с ² (до 6 Гц / до 20 Гц)				
	Датчики на пересечении осей 3 и Б (цокольный этаж)		Датчики на пересечении осей 2 и Г (цокольный этаж)		Датчик на пересе-чении осей 1 и А (покрытие)
	Ниже сейсмо-изоляции	Выше сейсмо-изоляции	Ниже сейсмо-изоляции	Выше сейсмо-изоляции	Выше сейсмо-изоляции
1	2,20 / 3,48	0,12 / 0,20	2,51 / 3,49	0,13 / 0,21	0,33 / 0,50
2	3,05 / 4,80	0,11 / 0,18	3,46 / 5,02	0,12 / 0,16	0,39 / 0,57
3	4,07 / 5,90	0,10 / 0,15	4,76 / 6,37	0,11 / 0,13	0,43 / 0,58
4	5,22 / 6,51	0,14 / 0,24	5,93 / 6,83	0,13 / 0,23	0,44 / 0,67

При разных режимах нагружения здания инерционной нагрузкой в продольном направле-нии (этап № 2, табл. 3) ускорения колебаний цокольной части ниже системы сейсмоизоляции, имитирующей основание, изменялись от 0,98 м/с² до 3,70 м/с², а выше системы сейсмоизоляции в 7-10 раз меньше и составляет от 0,1 м/с² до 0,51 м/с².

Таблица 3 – Результаты испытаний на этапе № 2

№ испыта-ния	Максимальные значения ускорения колебаний датчика, м/с ² (до 6 Гц / до 20 Гц)				
	Датчики на пересечении осей 3 и Б (цокольный этаж)		Датчики на пересечении осей 1 и В (цокольный этаж)		Датчик на пересе-чении осей 1 и А (покрытие)
	Ниже сейсмо-изоляции	Выше сейсмо-изоляции	Ниже сейсмо-изоляции	Выше сейсмо-изоляции	Выше сейсмо-изоляции
5	0,98 / 2,05	0,12 / 0,14	1,25 / 2,73	0,10 / 0,13	0,40 / 0,47
6	1,35 / 2,79	0,14 / 0,20	1,67 / 3,70	0,12 / 0,20	0,38 / 0,51

Максимальное значение ускорения колебаний здания ниже системы сейсмоизоляции со-ставило 6,83 м/с², что соответствует интенсивности землетрясения больше 9 баллов по шкале MSK (по ГОСТ Р 53166-2008). Использование сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор снижает ускорения колебаний здания выше системы сейсмоизоляции до 0,7 м/с², что со-ответствует интенсивности землетрясения 7 баллов по шкале MSK. По результатам визуального осмотра повреждений узлов и строительных конструкций здания не выявлено.

Полученные результаты экспериментальных исследований сейсмоизоляции здания системы «КУПАСС» на натурном фрагменте позволили более корректно выполнить компьютерное моделирование сейсмостойкости 3-х этажного и 12-ти этажного зданий с учетом измеренных ускорений сейсмических колебаний основания. Таким образом, разработанная новая сейсмостойкая каркасная универсальная полносборная архитектурно-строительная система «КУПАСС» может использоваться в районах с расчетной сейсмичностью до 7 баллов включительно без применения системы сейсмоизоляции и 8 баллов включительно с учетом применения системы сейсмоизоляции из резинометаллических опор.

Статические испытания железобетонных конструкций фрагмента каркаса конструктивной системы «КУПАСС» проведены в соответствии с ГОСТ 8829-94.

Испытаны конструкции перекрытия третьего этажа ячейки в осях А-Б, 3-4: плита ПД 65.23 (П20), плита ПД 65.15 (П19), плита перекрытия с термовставкой и балконной плитой ПД 65.30-2 (П10); несущий ригель Рнн2.

Плиты перекрытия загружены поэтапно фундаментными блоками ФБС 9.4.6-Т весом 4,7 кН. Блоки уложены на плиты перекрытия третьего этажа через деревянные прокладки из брусков. Схемы испытаний и загрузки плит перекрытия представлены на рис. 5.

Вертикальные перемещения конструкций контролировались механическими и электронными прогибомерами. Деформированное состояние боковой поверхности ригеля оценено с использованием цифровой оптической системой *VIC-3D*, которая позволяет бесконтактным методом исследовать деформационные процессы.

Графики изменения прогибов ригеля и плит перекрытий представлены на рис. 6, область анализа при измерении прогибов ригеля Рнн2 системой *VIC-3D* – на рис. 7.

В результате статических испытаний фрагмента каркаса системы «КУПАСС» установлено, что жесткость и трещиностойкость железобетонных плит и ригелей перекрытия при работе в составе каркаса (табл. 4) удовлетворяют требованиям нормативных документов.

Таблица 4 – Результаты испытаний железобетонных плит перекрытия и ригеля

Марка плиты	Фактическая нагрузка, кН/м ²	Ширина раскрытия трещин, мм		Прогиб конструкции, мм	
		фактическая	контрольная	фактический	контрольный
ПД 65.30-2 (П10), балконная часть	2,91	0	0,21	0,88	5,0
ПД 65.30-2 (П10), плитная часть	3,55	0	0,21	6,7	7,5
ПД 65.15 (П19)	3,51	0	0,21	7,3	10,0
ПД 65.23 (П20)	3,83	0	0,21	7,6	14,0
Рнн2	-	0	0,21	3,2	11,0

Статические лабораторные испытания опытных конструкций и узлов сопряжения колонн и несущих ригелей проведены в Томском государственном архитектурно-строительном университете.

Результаты испытаний фрагментов колонн на 1 этаж и неразрезных ригелей в натуральную величину показали, что разрушающая нагрузка для колонн составляет 650...700 кН при контрольной 640 кН; для ригелей по изгибающим моментам – 420...440 кН и 342,1 кН соответственно.

Результаты испытаний опытных образцов узлов сопряжения колонны с колонной, колонны с несущими ригелями, колонны с диафрагмой жесткости приведены в табл. 5. Все узлы сопряжения конструкций выдержали контрольные нагрузки. Податливость стыковых соединений колонн, определенная как отношение величины деформаций в абсолютных единицах к нагрузке 0,7...0,8 от разрушающей, составляет $(1,1...1,6) \cdot 10^{-4}$ мм/кН, коэффициент угловой жесткости узла сопряжения колонны с несущими ригелями составил $(0,25...0,59) \cdot 10^5$, узла сопряжения колонны с диафрагмой жесткости – $(1,44...3,18) \cdot 10^5$.

Таблица 5 – Результаты статических испытаний узлов сопряжения конструкций

Конструкция	Контрольная нагрузка	Разрушающая нагрузка	Коэффициент угловой жесткости узла сопряжения
Узел сопряжения колонны с колонной	8014...9615 кН	> 9800 кН	$(1,1...1,6) \cdot 10^{-4}$ мм/кН
Узел сопряжения колонны с несущими ригелями	342,16...343,47 кН	550...750 кН	$(0,25...0,59) \cdot 10^5$
Узел сопряжения колонны с диафрагмой жесткости	400 кН	450...512 кН	$(1,44...3,18) \cdot 10^5$

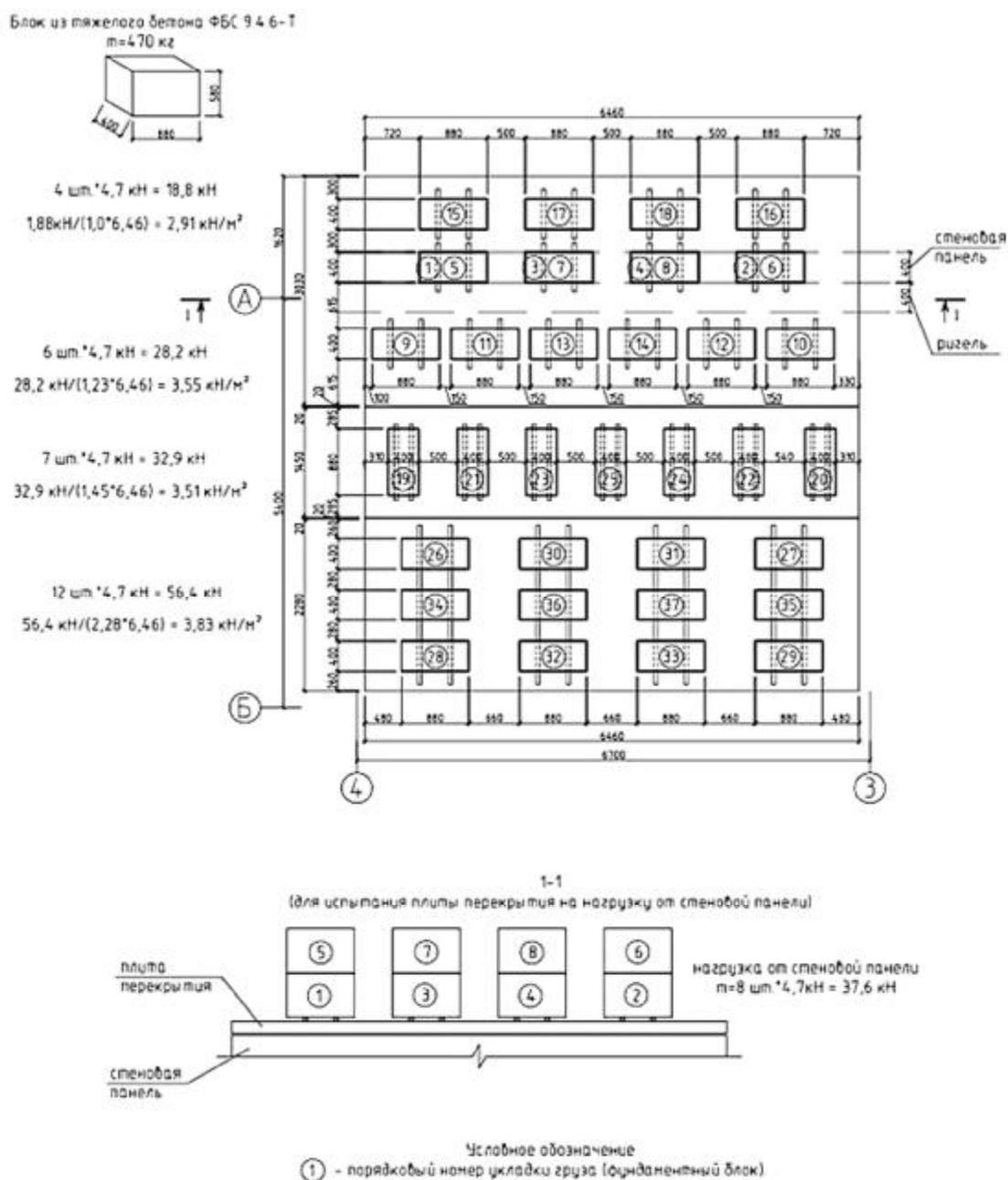


Рисунок 5 – Схемы испытаний и загрузки плит перекрытия

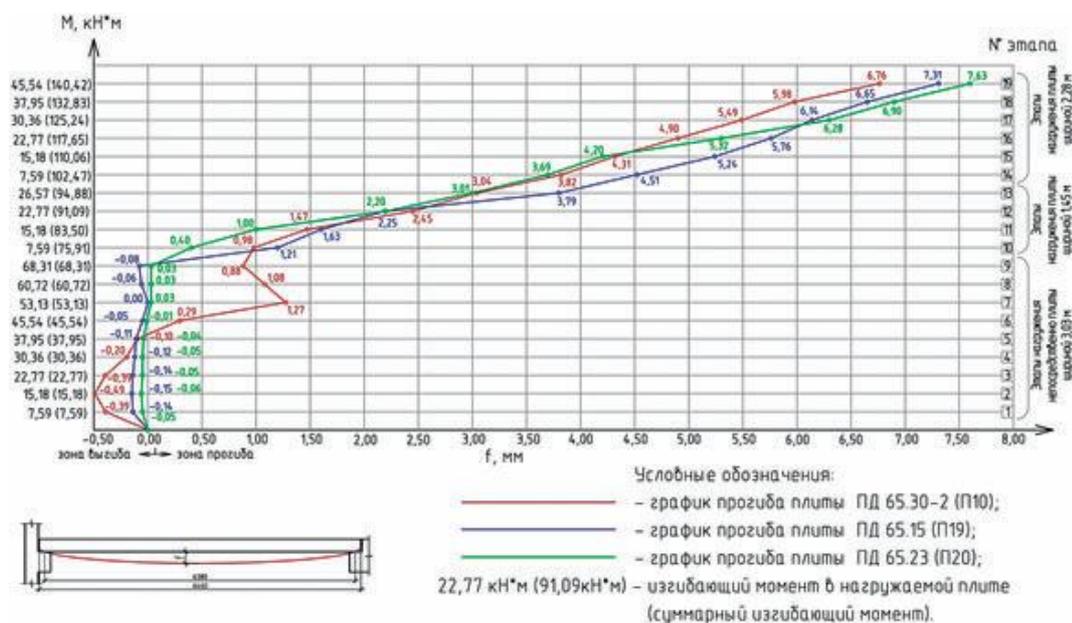


Рисунок 6 – График прогибов плит перекрытия ПД 65.30-2 (П10), ПД 65.15 (П19) и ПД 65.23 (П20)



Рисунок 7 – Область анализа измерений прогибов ригеля системой VIC-3D

Проведенные экспериментальные исследования при статической и сейсмической нагрузках на фрагменте здания, на натуральных конструкциях, на узлах сопряжения конструкций позволяют заключить, что разработанная новая сейсмостойкая каркасная универсальная полносборная архитектурно-строительная система «КУПАСС» может использоваться в районах с расчетной сейсмичностью до 7 баллов включительно без применения системы сейсмоизоляции и 8 баллов включительно с применением системы сейсмоизоляции из резинометаллических опор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг, Я.М. Сейсмостойкие многоэтажные здания с железобетонным каркасом [Текст] : монография / Я.М. Айзенберг, Э.Н. Кодыш, И.К. Никитин, В.И. Смирнов, Н.Н. Трекин. – М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2012. – 264 с.
2. Фотин, О.В. Система РКД «Иркутский каркас» многоэтажных зданий и сооружений [Текст] // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2016. – № 1.
3. Перфильев, А.П. Домостроительная система РАСК: модернизация и повышение сейсмостойкости конструкций рамно-связевого каркаса // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2014. – № 1. – С.
4. Бубис А.А., Петросян А.Е., Петряшев Н.О., Петряшев С.О. Натурные динамические испытания на сейсмостойкость архитектурно-строительной системы КУПАСС // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2016. № 2
5. Айзенберг, Я.М. Определение динамических характеристик каркасных зданий для практических расчетов на сейсмические воздействия [Текст] / Я.М. Айзенберг, Г.В. Мамаева // Строительная механика и расчет сооружений. – 2009. - №6. – С. 44-53.

6. Назаров, Ю.П. Задачи и развитие исследований в области сейсмостойкости сооружений [Текст] / Ю.П. Назаров, Я.М. Айзенберг // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – №8. – С.23-25.

7. Назаров, Ю.П. Исследования цнииск по сейсмостойкости сооружений. теория, эксперимент, практика [Текст] / Ю.П. Назаров, Я.М. Айзенберг // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2006. – №5. – С. 16-20.

Сергей Николаевич Овсянников

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

Д.т.н., профессор

E-mail: ovssn@tsuab.ru

Василий Николаевич Околичный

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

К.т.н., доцент

E-mail: okolichnyi@mail.ru

Игорь Владимирович Балдин

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

К.т.н., доцент

Александр Александрович Бубис

Российская ассоциация по сейсмостойкому строительству, г. Москва

Главный инженер

E-mail: alububis@gmail.com

S. OVSYANNIKOV, V. OKOLICNY, I. BALDIN., A. BUBIS

FULL-SCALE STATIC AND SEISMIC TESTING OF A FRAGMENT OF A BUILDING CONSTRUCTED IN «COPASS»

The article presents the results of field testing three-story frame buil-tion system COPASS on the action of horizontal loads, seismic equal, and the way-ical loads, and the results of the static tests of constructions and assemblies, their sprage-tions in the laboratory. Gives a brief description of a constructive solution to ispiti-excavated fragment of the building. Horizontal loads created by inertial vibrator action VID-50 with rotating debalance. Vibrator is mounted on a sliding zone in the VI-de cross-monolithic reinforced concrete beams. Between the moving sash and frame installed seismic isolation rubber bearing. Presented and proanalizirovat us the results of seismic and static tests on the fragment of the building on the natural con-constructions, at the junctions of structures. It is concluded that developed the new seismic-resistant frame universal prefabricated architectural building system "COPASS" can be used in areas with an estimated seismicity up to 7 points inclusive without application of seismic isolation and 8 points including primenenem system seismic isolation elastomeric bearings.

Keywords: earthquake resistant system "COPASS", experimental field of study, seismic isolation, rubber bearing.

BIBLIOGRAPHY

1. Ayzenberg, YA.M. Seysmostoykiye mnogoetazhnyye zdaniya s zhelezobetonnyim karkasom [Tekst]: monografiya / YA.M. Ayzenberg, E.N. Kodysh, I.K. Nikitin, V.I. Smirnov, N.N. Trekin. – М.: Assotsiatsiya stroitel'nykh zov (ASV), 2012. – 264 s.

2. Fotin, O.V. Sistema RKD «Irkutskiy karkas» mnogoetazhnykh zdaniy i sooruzheniy [Tekst] // Seysmo-stoykoye stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy. – 2016. – № 1.

3. Perfil'yev, A.P. Domostroitel'naya sistema RASK: modernizatsiya i povysheniye seysmostoykosti kon-struktsiy ramno-svyazevogo karkasa // Seysmostoykoye stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy. – 2014. – № 1. – S.

4. Bubis A.A., Petrosyan A.Ye., Petryashev N.O., Petryashev S.O. Naturnyye dinamicheskiye ispytaniya na seysmostoykost' arkhitekturno-stroitel'noy sistemy KUPASS // Seysmostoykoye stroitel'stvo. Bezopasnost' so-oruzheniy. 2016. № 2

5. Ayzenberg, YA.M. Opredeleniye dinamicheskikh kharakteristik karkasnykh zdaniy dlya prakticheskikh raschotov na seymicheskiye vozdeystviya [Tekst] / YA.M. Ayzenberg, G.V. Mamayeva // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. – 2009. - №6. – S. 44-53.

6. Nazarov, YU.P. Zadachi i razvitiye issledovaniy v oblasti seymostoykosti sooruzheniy [Tekst] / YU.P. Nazarov, YA.M. Ayzenberg // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2006. – №8. – S.23-25.

7. Nazarov, YU.P. Issledovaniya tsnisk po seymostoykosti sooruzheniy. teoriya, eksperiment, praktika [Tekst] / YU.P. Nazarov, YA.M. Ayzenberg // Seymostoykoye stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy. – 2006. – №5. – S. 16-20.

Sergey Ovsyannikov

Tomsk state university of architecture and civil engineering, Tomsk

Doctor of Tech. Sciences, prof.

E-mail: ovssn@tsuab.ru

Vasiliy Okolicny

Tomsk state university of architecture and civil engineering, Tomsk

Candidate of Tech. Sciences, associated prof.

E-mail: okolichnyi@mail.ru

Igor Baldin

Tomsk state university of architecture and civil engineering, Tomsk

Candidate of Tech. Sciences, associated prof.

Alexander Bubis

Russian association of seismic building, Moscow

Chief engineer

E-mail: alubis@gmail.com

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 534.84

АЛЁШКИН В.М., ЩИРЖЕЦКИЙ Х.А., СУХОВ В.Н.

ПРОБЛЕМАТИКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОЛЕЛЬНЫХ ЗАЛОВ МЕЧЕТЕЙ

В работе представлен анализ современного состояния акустического проектирования молельных залов мечетей различного объема и вместимости, показывающий, что разработка руководящего документа по созданию благоприятных акустических условий в указанных объектах встречает существенные трудности по следующим причинам: 1) Объемно-планировочные решения молельных залов мечетей имеют общую архитектурную концепцию в виде сочетаний двух объемов: нижнего, обычно в виде правильной фигуры, с формой плана близкой к прямоугольной, и верхнего, в виде купола (в более редких случаях, двух куполов); 2) Сочетание сложных с позиции акустики объемно-планировочных решений молельных залов мечетей со строгостью их интерьеров, приводит к существенным проблемам их акустики, главные из которых следующие: избыточная реверберация помещений, на фоне которой зачастую прослушивается порхающее эхо от плоско-параллельных поверхностей ограждений, в сочетании с повышенными уровнями реверберационно-шумового фона.

В связи со сложностью решения проблем акустики при проектировании мечетей архитектурных форм, принятых в РФ, представляется правильным проводить акустическое проектирование подобных объектов в два последовательных этапа:

На 1-ом этапе акустическое проектирование молельных залов должно проводиться в соответствии с действующими нормативными документами по акустике зальных помещений, включая анализ геометрии проектируемого объекта с возможной коррекцией общей формы и пропорций помещения мечети, и предварительных расчетов времени реверберации, с целью разработки предложений по отделке ограждений для оптимизации этого параметра.

На 2-ом этапе акустического проектирования, на базе компьютерного моделирования, должны быть разработаны и согласованы окончательные предложения по решению проблем акустики молельного зала проектируемой мечети.

Ключевые слова: акустическое проектирование, мечети, время реверберации

В последнее время в РФ все большее развитие получает строительство культовых сооружений различных конфессий. При этом в соответствии с национальным и численным составом народов России, возведение религиозных центров мусульманской конфессии – мечетей, занимает второе место в сегменте создания подобных объектов, после строительства христианских храмов. Такое массовое строительство требует, как известно, создания соответствующих руководящих материалов по их проектированию, в число которых должны входить в качестве необходимых и рекомендации по обеспечению в молельных залах условий акустического комфорта. Основной проблемой здесь является то, что исторически сложившиеся формы и конструкции ограждений интерьеров храмов, как православной, так и мусульманской конфессий, созданы как бы «вопреки» основным положениям современной архитектурной акустики (см., например, [1...3]). К этим положениям относятся исходные объемно-планировочные решения, мероприятия по улучшению диффузности звукового поля с целью приближения времени реверберации к значениям, позволяющим обеспечить требуемую разборчивость речи. При этом традиционный подход к коррекции формы и конструкций ограждений зальных помещений невозможен ввиду сакральности как внешнего, так и внутреннего облика интерьеров молельных залов обеих конфессий.

Существенное отличие между молельными залами православной и мусульманской конфессий состоит в том, что, при общей сложности проблем акустики в обоих случаях, решение в мечетях встречает существенно бóльшие трудности по следующим причинам:

- большинство интерьеров представляют собой сочетание простых фигур в виде прямоугольных нижних объемов и одного или нескольких куполов (и то, и другое неблагоприятно с позиций акустики);
- ограждения молельных залов в виде плоских и вогнутых поверхностей являются практически звукоотражающими поверхностями, что приводит к избыточной реверберации и эхо.

Авторами поставлена задача разработки методов акустического проектирования молельных залов мечетей. Для этого требуется четкое представление особенностей формирования звуковых полей при проведении мероприятий в мечетях, базирующееся на собственных экспериментальных и теоретических исследованиях, а также существующей библиографии по данной теме.

На сегодняшний день в РФ нормируется единственный критерий акустического качества – время реверберации RT_{60} . Его значения в области средних частот устанавливаются на основании объема и назначения помещения. В основном отечественном нормативе, посвященном строительной акустике СП 51.13330.2011 «Защита от шума» упоминания о культовых сооружениях отсутствуют. Имеется документ СП 31-103-99, посвященный вопросам проектирования православных храмов, где кратко затронуты вопросы акустики. Таким образом, отсутствие нормативной базы заставляет обратиться к научным публикациям.

Если акустика христианских церквей давно и подробно исследовалась, то акустика мечетей становится предметом достаточно регулярного исследования лишь с 90-х годов прошлого века. Работы [5-15,19] показывают избранную библиографию по этой тематике. Некоторые монографии общего характера и рекомендации по архитектурному проектированию мечетей приведены в списке литературы [4].

Первые систематические исследования акустики мечетей были связаны с измерением акустических характеристик 30 мечетей в Иордании [6] и 21 мечети в Саудовской Аравии [7]. Основное внимание в работе [6] было уделено оценке разборчивости речи в виде критерия STI (RASTI), принимающего значения от 0 до 1. Результаты оказались неутешительными: значения RASTI соответствовали плохой – удовлетворительной разборчивости речи. Ни в одной мечети не была зафиксирована хорошая разборчивость. Причина этого объяснялась большой гулкостью (высокие значения времени реверберации) и достаточно высоким уровнем проникающих звуковых шумов.

Последующее исследование [7] показало качественно сходные результаты. В ходе этой работы была предпринята попытка классификации мечетей по их объему. При этом все мечети были разделены на 6 групп в зависимости от их объема, как это показано ниже:

- A: $<1000 \text{ м}^3$,
- B: $1000-1500 \text{ м}^3$,
- C: $1500-2000 \text{ м}^3$,
- D: $2000-3000 \text{ м}^3$,
- E: $3000-10000 \text{ м}^3$,
- F: $>10000 \text{ м}^3$.

Надо отметить, что большинство изученных мечетей имели сравнительно небольшие размеры, и в группу F с объемом $V > 10000 \text{ м}^3$ вошла единственная мечеть с объемом $V = 23390 \text{ м}^3$. Делается вывод о том, что уровни шума в мечетях должны соответствовать нормативным кривым предельных спектров NC-25 – NC-30. Указывается, что без наличия специальной звукопоглощающей облицовки разборчивость речи не хуже удовлетворительной может быть получена, если воздушный объем мечети, приходящийся на 1 молящегося, находился в пределах $V/N=3-5 \text{ м}^3/\text{чел}$.

Значительное число исследований [5, 9, 10, 13] посвящено акустике сравнительно небольших мечетей, объем которых не превышает 10000 м³. Это вполне естественно, т.к. подобные мечети являются наиболее распространенными. На рис. 1 показаны измеренные значения 8 таких мечетей [8].

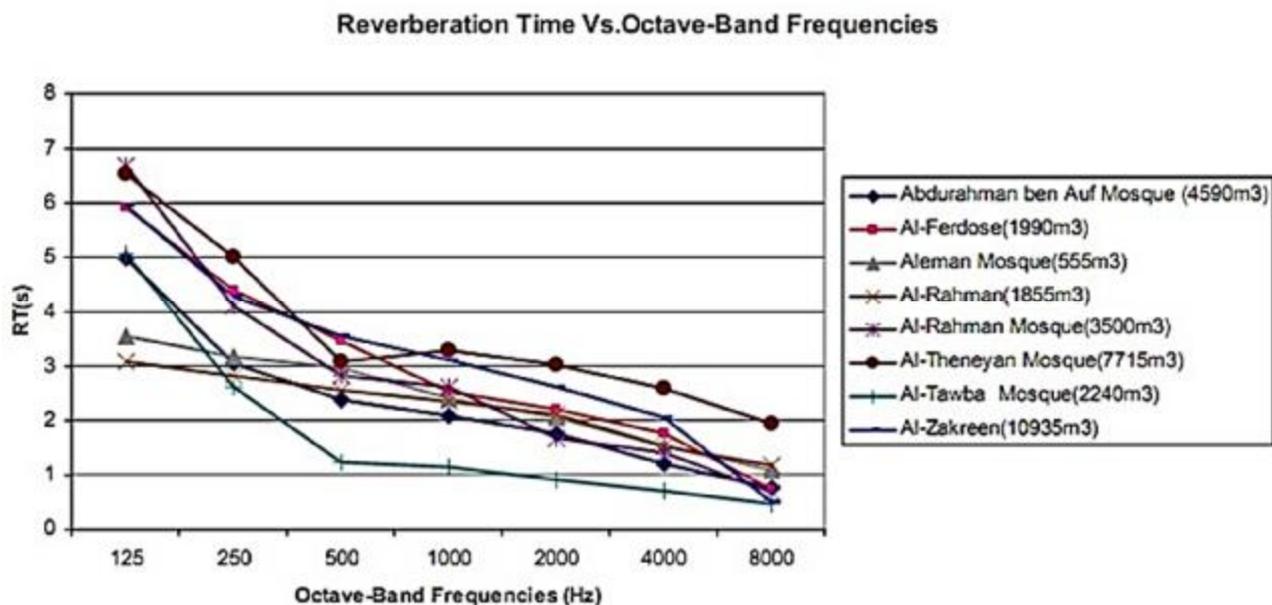


Рисунок 1 – Значения времени реверберации 8 мечетей с объемом до 10000 м³

Среди существующих крупных соборных мечетей в России и СНГ для подобных исследований представляет интерес недавно введенная в эксплуатацию Московская соборная мечеть (34 600 м³), имеющая при заполнении людьми $N = 4500$ человек удельный объем $V/N = 7.68$ м³/чел., что обуславливает повышенную гулкость и ухудшение разборчивости речи. В 2015 г. впервые в отечественной практике были проведены акустические измерения в крупной соборной мечети [14].

Важную роль в изучении акустики мечетей сыграл международный исследовательский проект SAHRISMA, выполненный в 2000-2003 гг. Проект предусматривал сохранение и представление сведений об архитектуре, освещении и акустике отобранных знаменитых культовых сооружений Стамбула с применением современных компьютерных технологий. Применительно к акустике эта тематика включала проведение подробных натурных акустических измерений, их детальный анализ, построение компьютерных акустических моделей и аурализацию. Последнее позволяло прослушать звучание речи и музыки для всех многочисленных точек, в которых были измерены и вычислены импульсные отклики. Результаты работ по проекту SAHRISMA широко публиковались в научных изданиях. Ряд из них приведен в списке литературы [16-18].

Анализ литературных источников позволяет сформулировать следующие выводы применительно к акустике мечетей с центральным куполом:

- Традиционная отделка стен и потолка мечетей жесткими звукоотражающими материалами (штукатурка, камень, массив дерева, лепной декор и т.п.) обуславливает высокую гулкость помещений и, как следствие, недостаточную разборчивость речи;
- При проектировании мечетей целесообразно ориентироваться на обеспечение значений среднечастотного времени реверберации, показанного на рис. 2 [8]. Из него следует, что для наиболее крупных соборных мечетей с $V \geq 10000$ м³ время реверберации не должно превышать $2,4 \div 2,6$ с;

Recommended Reverberation Times for Different Mosque's Volumes

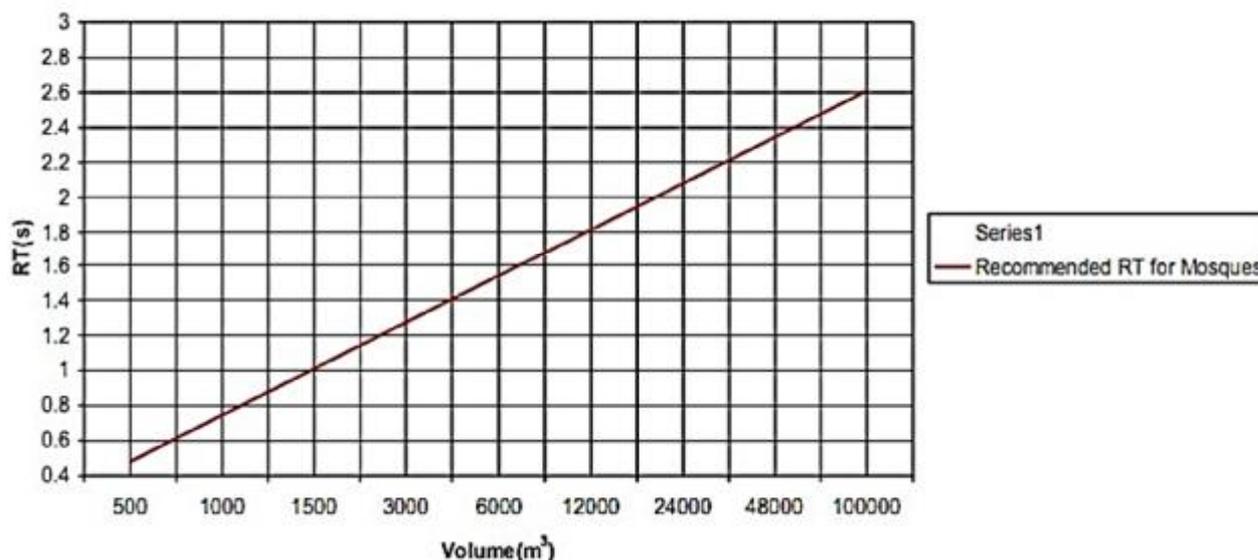


Рисунок 2 – Рекомендованное время реверберации для мечетей в зависимости от их объема

- Важно правильно выбрать геометрию центрального купола для исключения нежелательной концентрации звука и проявления слышимого эхо;
- Необходимо обеспечить малый уровень проникающих звуковых шумов.

Систематизация всех результатов проведенных исследований позволяет прийти к следующим заключениям:

1. Анализ объемно-планировочных решений молельных залов мечетей показал, что в РФ большинство из них имеют общую архитектурную концепцию в виде сочетания двух объемов: нижнего, обычно в виде правильной фигуры, с формой плана близкой к прямоугольной, и верхнего, в виде купола (в более редких случаях, двух куполов). Единственным фактором, который усложняет сочетание двух указанных простых фигур, является наличие в некоторых мечетях дополнительных объемов в виде балконов и т.п. присоединенных помещений, акустика которых определяется общим звуковым процессом в полном объеме соответствующей мечети.

2. Традиционные объемно-планировочные решения молельных залов мечетей приводят к существенным проблемам их акустики: избыточной гулкости помещений, на фоне которой зачастую прослушивается порхающее эхо от плоско-параллельных поверхностей ограждений, в сочетании с повышенными уровнями реверберационно-шумового фона и проблемами в восприятии речи священнослужителей. Последнее, во многих случаях, не удается преодолеть даже с помощью систем озвучения.

3. Основными критериями акустического качества молельных залов мечетей являются:

- Время реверберации – основной нормируемый параметр акустики помещений;
- Разборчивость речи – локальный параметр качества передачи речевой информации;
- Шумовые характеристики помещений мечетей в разных режимах эксплуатации (при работе систем озвучения молельных залов должен вводиться параметр – отношение сигнал/шум).

4. Представляется правильным проводить акустическое проектирование подобных объектов в два последовательных этапа.

На первом этапе акустическое проектирование молельных залов должно проводиться в соответствии с действующими нормативными документами по акустике зальных помещений, включая анализ геометрии проектируемого объекта с возможной (допустимой с позиции идео-

логии будущего зала) коррекции общей формы и пропорций помещения мечети, и предварительных расчетов времени реверберации, с целью разработки предложений по отделке ограждений, для решения задачи приближения показаний времени реверберации к зоне оптимумов. В завершении первого этапа, после согласования предложенных акустических мероприятий с авторами проекта мечети, должно быть разработано техническое задание на компьютерное моделирование акустики молельного зала.

На втором этапе акустического проектирования, на базе компьютерного моделирования, должны быть разработаны и согласованы окончательные предложения по решению проблем акустики молельного зала. На этом же этапе должно быть принято решение о необходимости установки в мечети системы озвучения и разработан ее проект. Для обоснования использования системы озвучения представляется правильным произвести расчет т.н. «радиуса разборчивости речи» [20]. Если по расчету слушательская зона молельного зала окажется больше зоны радиуса разборчивости, то наличие системы озвучения является обоснованным. Практика действующих мечетей показывает, что при делении их молельных залов по воздушным объемам на малые (до $8 \div 10 \times 10^3 \text{ м}^3$), средние ($10 \div 20 \times 10^3 \text{ м}^3$) и крупные (более $20 \times 10^3 \text{ м}^3$) помещения, установление систем озвучения в мечетях среднего объема является желательным, а в крупных – обязательным.

5. Детальное представление четкой концепции акустического проектирования молельных залов мечетей может быть осуществлено только после успешного завершения следующего комплекса научно-практических разработок:

- Определение точного графика объемных оптимумов времени реверберации молельных залов на базе систематизации результатов практических исследований в данной области, включая определение «трубки» оптимальных значений, в зависимости от степени заполнения молельных залов прихожанами;
- Составление прикладных таблиц частотных характеристик коэффициентов звукопоглощения специфических материалов и конструкций, исторически применяемых в интерьерах мечетей;
- Разработка рекомендаций по применению и возможной коррекции, на базе полученных практических результатов, прикладных программ компьютерного моделирования акустики зальных помещений, в приложении к проектированию молельных залов мечетей (см. [13]).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по акустическому проектированию залов многоцелевого назначения средней вместимости. М., Стройиздат, 1981.
2. Makrinenko L., 1994. Acoustics of Auditoriums in Public Buildings. Published for the Acoustical Society of America through the American Institute of Physics.
3. Barron M., 2010. Auditorium Acoustics and Architectural Design. Second Edition. Spon Press. London and New York.
4. Frishman M. and Kuban D., 2002. The mosque history, architecture development & regional diversity. Edited by Martin Frishman & Hasan-uddin Khan. Thames & Hudson Ltd., London.
5. Hammad A.N., 1990. RASTI measurements in mosques in Amman, Jordan // *Applied Acoustics*. Vol. 30, Is. 4, pp. 335-345.
6. Abdelazeez M.K., Hammad A.N. and Mustafa A.A., 1991. Acoustics of King Abdullah Mosque. *The Journal of Acoustical Society of America*. Is. 90 (3). pp.1441-1445.
7. Bashir A.El., Al-Gunaimi A., 1995. Evaluation of acoustical performance of mosques: a case study on a typical mosque in the Gulf region. *Proceedings of the 4th Saudi Engineers Conference, Kingdom of Saudi Arabia, Jeddah*. Vol. 1.
8. Weitze C.A., Christensen C.L., Rindel J.H., Gade A.C., 2003. Comparison between in-situ recordings and auralization for mosques and Byzantine Churches. *Proceedings of joint Baltic-Nordic Acoustical Meeting, August 2002, Lyngby, Denmark, Ultragarsas*. ISSN 1392-F1140, 48, 53-57.
9. Abdou A.A., 2003. Measurement of acoustical characteristics of mosques in Saudi Arabia // *The Journal of Acoustical Society of America*. 113(3), pp. 1505-1517.

10. Karabiber Z., Erdogan S., 2002. Comparison of the acoustical properties of an ancient and a recent mosque. *Forum Acusticum, Seville, Spain: Spanish Acoustical Society (SEA)*.
11. Kayili M., 2005. Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture. *Foundation for Science Technology and Civilization, Manchester, England*. URL: <http://www.fstc.co.uk> (retrieved 4 September 2007).
12. Orfali W., 2007. Room Acoustic and Modern Electro-Acoustic Sound System Design during Constructing and Reconstructing Mosques. *Unpublished PhD thesis. Von der Fakultät V- Verkehrs- und Maschinensysteme der Technischen Universität Berlin*.
13. Zühre Sü, Semiha Yilmazer, 2008. The Acoustical characteristics of the Kosatepe Mosque in Ankara, Turkey // *Architectural Science Review*. Vol.51, Number 1.
14. Ланэ, М.Ю. Акустика мечети Хазрати Имам в Ташкенте [Электронный ресурс] / М.Ю. Ланэ, Г.А. Локшин // *Техническая акустика*. – 2015. – №1. – Режим доступа – <http://www.ejta.org> (дата обращения 13.04.2016).
15. Ланэ, М.Ю. Пути повышения разборчивости речи в крупных соборных мечетях [Текст] / М.Ю. Ланэ, Г.А. Локшин // *Сб. докл. V Всер. конф. «Защита от повышенного шума и вибрации»*. – СПб. – 2015. – С.374-379.
16. CAHRISMA. Orsted-DTU. Available at <http://server.oersted.dtu.dk/www/oldat/cahrisma>, retrieved 4 September 2007.
17. Karabiber Z., 2000. A new approach to an ancient subject: CAHRISMA project. *Proceedings of the 7th International Congress on Sound and Vibration. Garmisch-Partekirchen, Germany: International Institute of Acoustics and Vibration*. pp.1661-1668.
18. Yuksel Z.K., Binan C. and Unver R., 2003. A research project in the intersection of architectural conservation and virtual reality: CAHRISMA. In *19th International Symposium CIPA (The International Committee for Architectural Photogrammetry)*. Antalya, Turkey: Technical University of Istanbul.
19. W.Ahnert, S.Feistel, T.Behrens, 2013. Speech intelligibility prediction in very large sacral venues. Architectural Acoustics Session 4pAA. ICA 2013 Montreal Montreal, Canada 2 - 7 June 2013.
20. Щиржецкий, Х.А. Экспресс-оценка зон разборчивости речи в помещениях [Текст] // *Сборник трудов н.-т. семинара, г. Севастополь, 2012 г. – Севастополь. – 2012.*

Василий Михайлович Алёшкин

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской Академии Архитектуры и Строительных Наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
Соискатель, младший научный сотрудник
E-mail: wsjk@mail.ru

Христофор Алексеевич Щиржецкий

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской Академии Архитектуры и Строительных Наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
К.т.н., ведущий научный сотрудник

Вадим Николаевич Сухов

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской Академии Архитектуры и Строительных Наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
К.т.н., главный научный сотрудник
E-mail: svn36@mail.ru

V. ALESHKIN, Ch. SCHIRJETSKY, V. SOUKHOV

**ISSUES OF CURRENT STATE OF MOSQUES' PRAYING HALLS
ACOUSTIC DESIGN**

The paper presents an analysis of current state of acoustic design of mosques' praying halls of different volume and capacity, which shows that working out a guiding document for creating good acoustics in that kind of rooms meets considerable difficulties for the following reasons: 1) space-planning decisions of mosques' praying halls have common architectural concept as a combination of two volumes: lower, usually as a regular shape, close to a shoebox, and upper, as a dome (rarely, two domes); 2) combination of acoustically complicated space-planning decisions of mosques and strictness of their interior leads to significant acoustical problems, including abundant reverberation with a background of flutter echo causing by plane-parallel surfaces coupled with increased level of reverberatory noise level.

In view of complexity of solving acoustical problems in designing mosques of architectural shapes, adopted in Russia, it seems correct to carry out acoustic design of similar objects in two stages.

At the first stage, acoustic design of praying halls should be held under acting normative documents for hall acoustics, including geometry analysis of designing object with a possibility of shape and proportions corrections and preliminary reverberation time calculations to develop proposals for finishing of the surfaces for optimization of this parameter.

At the second stage, on a base of computer simulation, final proposals for solving acoustical problems of praying hall should be developed and agreed.

Key words: acoustic design, mosque, reverberation time

BIBLIOGRAPHY

1. Rukovodstvo po akusticheskomu proyektirovaniyu zalov mnogotselevogo naznacheniya sredney vmesti-mosti. M., Stroyizdat, 1981.
2. Makrinenko L., 1994. Acoustics of Auditoriums in Public Buildings. Published for the Acoustical Society of America through the American Institute of Physics.
3. Barron M., 2010. Auditorium Acoustics and Architectural Design. Second Edition. Spon Press. London and New York.
4. Frishman M. and Kuban D., 2002. The mosque history, architecture development & regional diversity. Ed-ited by Martin Freishman & Hasan-uddin Khan. Thames & Hudson Ltd., London.
5. Hammad A.N., 1990. RASTI measurements in mosques in Amman, Jordan // Applied Acoustics. Vol. 30, Is. 4, pp. 335-345.
6. Abdelazeez M.K., Hammad A.N. and Mustafa A.A., 1991. Acoustics of King Abdullah Mosque. The Journal of Acoustical Society of America. Is. 90 (3). pp.1441-1445.
7. Bashir A.El., Al-Gunaimi A., 1995. Evaluation of acoustical performance of mosques: a case study on a typical mosque in the Gulf region. Proceedings of the 4th Saudi Engineers Conference, Kingdom of Saudi Arabia, Jed-dah. Vol. 1.
8. Weitze C.A., Christensen C.L., Rindel J.H., Gade A.C., 2003. Comparison between in-situ recordings and auralization for mosques and Byzantine Churches. Proceedings of joint Baltic-Nordic Acoustical Meeting, August 2002, Lyngby, Denmark, Ultragarsas. ISSN 1392-F1140, 48, 53-57.
9. Abdou A.A., 2003. Measurement of acoustical characteristics of mosques in Saudi Arabia // The Journal of Acoustical Society of America. 113(3), pp. 1505-1517.
10. Karabiber Z., Erdogan S., 2002. Comparison of the acoustical properties of an ancient and a recent mosque. Forum Acusticum, Seville, Spain: Spanish Acoustical Society (SEA).
11. Kayili M., 2005. Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture. Foundation for Science Technology and Civilization, Manchester, England. URL: <http://www.fstc.co.uk> (retrieved 4 September 2007).
12. Orfali W., 2007. Room Acoustic and Modern Electro-Acoustic Sound System Design during Constructing and Reconstructing Mosques. Unpublished PhD thesis. Von der Fakultat V- Verkehrs- und Maschinensysteme der Technischen Universitat Berlin.
13. Zühre Sü, Semiha Yilmazer, 2008. The Acoustical characteristics of the Kosatepe Mosque in Ankara, Turkey // Architectural Science Review. Vol.51, Number 1.
14. Lane, M.YU. Akustika mecheti Khazrati Imam v Tashkente [Elektronnyy rksurs] / M.YU. Lane, G.A. Lokshin // Tekhnicheskaya akustika. – 2015. – №1. – Rezhim dostupa – <http://www.ejta.org> (data obrashcheniya 13.04.2016).
15. Lane, M.YU. Puti povysheniya razborchivosti rechi v krupnykh sobornykh mechetiyakh [Tekst] / M.YU. Lane, G.A. Lokshin // Sb. dokl. V Vser.konf. «Zashchita ot povyshennogo shuma i vibratsii». – SPb. – 2015. – S.374-379.
16. CAHRISMA. Orsted-DTU. Available at <http://server.oersted.dtu.dk/www/oldat/cahrisma>, retrieved 4 September 2007.
17. Karabiber Z., 2000. A new approach to an ancient subject: CAHRISMA project. Proceedings of the 7th International Congress on Sound and Vibratio. Garmisch-Partekirchen, Germany: International Institute of Acoustics and Vibration. pp.1661-1668.
18. Yuksel Z.K., Binan C. and Unver R., 2003. A research project in the intersection of architectural conservation and virtual reality: CAHRISMA. In 19th International Symposium CIPA (The International Committee for Architectural Photogrammetry). Antalya, Turkey: Technical University of Istanbul.
19. W.Ahnert, S.Feistel, T.Behrens, 2013. Speech intelligibility prediction in very large sacral venues. Architectural Acoustics Session 4pAAA. ICA 2013 Montreal Montreal, Canada 2 - 7 June 2013.
20. Shchirzhetskiy, KH.A. Ekspress-otsenka zon razborchivosti rechi v pomeshcheniyakh [Tekst] // Sbornik trudov n.-t. seminar, g. Sevastopol', 2012 g. – Sevastopol'. – 2012.

Vasily Aleshkin

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow

Assistant research fellow

E-mail: wsjk@mail.ru

Christofor Schirjetsky

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow

Candidate of Tech. Sciences, leading researcher

Vadim Soukhov

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow

Candidate of Tech. Sciences, senior research fellow

E-mail: svn36@mail.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 692.23

БЕЗРУКОВ А.Ю., ВЕРХОВСКИЙ А.А., РОЙФЕ В.С.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ФАСАДНЫХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Статья посвящена общим вопросам технического сопровождения, проведения мониторинга, судебных и технических экспертиз фасадных светопрозрачных конструкций (ФСК). Проанализировано также состояние стандартизации в данной сфере, которое оценено как неудовлетворительное. Кратко описаны методики проведения мониторинга и экспертиз ФСК (в том числе судебных), выполненные сотрудниками НИИСФ РААСН за последнее десятилетие.

Масштабы применения ФСК в строительстве, в том числе высотных и уникальных зданий, неуклонно возрастают, одновременно растут и проблемы, связанные с техническим регулированием в этой сфере. Необходимо создание единой системы стандартизации ФСК, а также введение в высших и средних учебных заведениях строительного профиля факультативного курса по подготовке грамотных специалистов в этой области; налаживание системы переподготовки экспертов, в том числе, судебных.

Ключевые слова: *фасадные светопрозрачные конструкции, стандартизация, мониторинг, экспертиза.*

Светопрозрачные фасадные конструкции - едва ли не единственная область строительства, в которой техническое регулирование находится в зачаточной стадии. Нормативная база либо отсутствует, либо заимствуется из зарубежных нормативных документов, либо находится в стадии разработки и формирования.

Сам принцип технического регулирования в области строительства предполагает строгое соблюдение технологических процессов и правил, регламентируемых нормативными документами, устанавливающими единые государственные нормы (стандарты и своды правил). Основные этапы процесса строительства, такие как проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатация строительных конструкций (в том числе фасадных светопрозрачных), определяют как эффективность инвестиций в строительство этих объектов, так и их безопасную эксплуатацию.

Одной из задач системы технического регулирования в строительстве является обеспечение надежности и качества строительных конструкций, зданий и сооружений. Цель авторов настоящей статьи - оценить состояние технического регулирования лишь в сфере фасадных светопрозрачных конструкций (ФСК).

Состояние стандартизации в сфере фасадных светопрозрачных конструкций и техническое сопровождение строительства

Интенсивное развитие производства фасадных светопрозрачных конструкций (ФСК) в нашей стране началось в 1990-х годах. Однако до сих пор нормативная база по этим конструкциям развивается очень медленно. В 2005-2006 гг. была предложена программа стандартизации в области фасадных светопрозрачных конструкций [1], но достижения в этой сфере весьма скромные. На настоящий момент разработаны и приняты всего два государственных стандарта. Это ГОСТ Р 54858-2011 «Конструкции фасадные светопрозрачные. Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче» и межгосударственный стандарт ГОСТ 33079-2014

«Конструкции фасадные светопрозрачные навесные. Классификация. Термины и определения». Этот основополагающий стандарт, несмотря на многочисленные обсуждения на рабочей группе ТК-465 «Строительство», принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации был принят в редакции, существенно отличающейся от предлагаемой основным разработчиком НИИСФ РААСН. Концепция разработки нормативных документов коммерческими организациями в целом не прошла проверки временем и тягой к прибыли. Если разработчику выгодно снизить технические требования до минимальных, то никакой здравый смысл не заставит его отказаться от потенциального дохода.

Разработаны два проекта ГОСТ Р «Конструкции фасадные светопрозрачные. Методы определения воздухо- и водопроницаемости» и ГОСТ Р «Конструкции фасадные светопрозрачные. Методы определения ветровой нагрузке», гармонизированные с европейскими аналогами. Разработанные документы также мало похожи на первоначально предложенные проекты. За последние 10 лет некоторыми производителями и системодателями фасадных светопрозрачных конструкций разработаны десятки технических условий и стандартов организаций на системные и объектные решения. Этих нормативных документов явно недостаточно. Так, например, в смежной оконной сфере на настоящий момент действует более 20 государственных стандартов, не считая стандартов на стекло и стеклопакеты.

В настоящее время ведется разработка свода правил "Фасадные конструкции". Однако, кто является разработчиком документа, на какой стадии находится работа - неизвестно.

Складывается впечатление, что существенной части участников рынка выгодно существовать в условиях нормативного и правового вакуума. Действующая процедура сертификации и декларирования не предусматривает обязательного подтверждения заявленных параметров конструкции данного класса (за исключением обязательного декларирования стеклопакетов). Только те из заказчиков, которые включили требования проведения испытаний в техническое задание на проектирование или в контракт на поставку, вправе, что-либо потребовать от фасадного подрядчика. Зачастую так и делается, но для этого либо объект должен быть уникальным и общественно значимым, как то: несколько зданий Москва-Сити, «Лахта центр» в Санкт-Петербурге и некоторые другие. Только когда с заказчиками и инвесторами была проведена предварительная работа, разъясняющая опасность полного отсутствия информации о изготовленном и смонтированном светопрозрачном фасаде, либо в работе участвуют квалифицированные зарубежные консультанты, заказчик в состоянии потребовать проведения испытаний в России и зарубежных лабораториях.

Принцип добровольности применения стандартов интерпретируется многими руководителями и специалистами совершенно иначе, чем за рубежом. В отечественной трактовке добровольность воспринимается как необязательность исполнения большинства требований стандартов, носящих добровольный характер. В то же время, за рубежом добровольность интерпретируется как необходимость, или даже как обязанность подрядчика добровольно возлагать на себя и нести перед заказчиком ответственность за выполнение требований, изложенных в национальных стандартах на продукцию, процесс или услугу.

Не менее сложной проблемой является вопрос кадров. В российской федерации, за редкими исключениями, отсутствует система обучения специалистов по светопрозрачным конструкциям. Это касается как высших, так и средних специальных учебных заведений. Так, в программах строительных вузов практически отсутствует обучение, в частности, по ФСК. Не лучше ситуация с системами переподготовки кадров и повышения квалификации. Это относится ко всем участникам данной отрасли строительства, начиная от архитекторов, проектировщиков и конструкторов и заканчивая службами монтажа. Мало внимания уделяется службам технического надзора заказчика и ПТО. Так, например, при проведении судебной экспертизы фасадных светопрозрачных конструкций административного здания было выявлено, что подлежат замене около 30% установленных фасадных светопрозрачных конструкций, однако арбитражный суд в иске отказал, мотивировав это тем, что служба технического надзора подписала все акты приёмки конструкций. В ходе общения со специалистами службы выяснилось,

что они просто не обладают необходимыми профессиональными знаниями. Как следствие - уровень проектирования, производства и монтажа существенной доли фасадных светопрозрачных конструкций остается весьма невысоким.

Мониторинг и техническое сопровождение строительства фасадных светопрозрачных конструкций

Целью мониторинга является оценка соответствия применяемых при возведении и эксплуатации зданий элементов светопрозрачных фасадных конструкций проектным решениям и требованиям нормативно-технических документов в строительстве [2 - 4].

Наряду с ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» в НИИСФ РААСН разработаны и применяются следующие стандарты организации (СТО):

- Конструкции строительные. Методика мониторинга ограждающих конструкций высотных и уникальных зданий;
- Методика определения водонепроницаемости фасадных систем и окон в натуральных условиях;
- Конструкции фасадные светопрозрачные. Метод определения динамической водонепроницаемости.

В соответствии с указанными нормативными документами определяется перечень показателей, определяемых при лабораторных и натуральных условиях:

Показатели, определяемые при лабораторных испытаниях:

- сопротивление теплопередаче центральной части остекления,
- приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачной части,
- сопротивление теплопередаче непрозрачной части конструкции,
- распределение температур и тепловых потоков при различных значениях наружной температуры воздуха,
- долговечность, герметичность, физико-механические свойства стеклопакетов;
- долговечность физико-механические свойства герметиков;
- долговечность физико-механические свойства прокладок уплотнительных;
- характеристики защитных и декоративных покрытий профиля (адгезия, цвет, блеск, толщина);
- воздухопроницаемость стыков ограждающих конструкций при различных перепадах давления;
- водонепроницаемость ограждающих конструкций;
- сопротивление ветровой нагрузке при заданных значениях;
- испытания узлов крепления ограждающих конструкций к перекрытиям (стенам) здания;
- звукоизолирующие свойства ограждающих конструкций.

Показатели, определяемые в натуральных условиях:

- визуальный контроль внешнего вида и состояния фасадных конструкций;
- контроль геометрических размеров и предельных отклонений
- сопротивление теплопередаче центральной части остекления,
- приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачной части,
- распределение температур и тепловых потоков при различных значениях наружной температуры воздуха;
- воздухопроницаемость стыков ограждающих конструкций при различных перепадах давления в натуральных условиях;
- экспериментальное определение воздухопроницаемости помещений;

- характеристики защитных и декоративных покрытий профиля (адгезия, цвет, блеск, толщина);
- водонепроницаемость ограждающих конструкций;
- испытания узлов крепления ограждающих конструкций к перекрытиям (стенам) здания;
- звукоизолирующие свойства ограждающих конструкций в натуральных условиях;
- контроль содержания инертных газов в стеклопакетах.

Вопросы технического сопровождения возведения фасадных светопрозрачных конструкций включают в себя:

- Оценку проектной, рабочей и исполнительной документации;
- Проверку и периодический контроль производства элементов фасадных светопрозрачных конструкций;
- Контроль монтажа фасадных светопрозрачных конструкций;
- Проведение мониторинга фасадных светопрозрачных конструкций.

Сотрудники лаборатории ограждающих конструкций высотных и уникальных зданий НИИСФ более 15 лет занимаются всем перечнем работ по техническому сопровождению, оценке проектной и рабочей документации, мониторингом при производстве и монтаже ФСК, а также техническими и судебными экспертизами. В ряде случаев после оценки проектной и рабочей документации приходится отказываться от технического сопровождения объектов из-за недостаточного качества предоставленной документации и низкой квалификации разработчиков и проектировщиков ФСК. В подобных ситуациях желания разделять ответственность за заведомо дефектные конструкции не возникает. В течение последних 5 лет по результатам проведенных экспертиз ФСК нескольких значимых объектов были полностью демонтированы.

Судебная и техническая экспертиза фасадных светопрозрачных конструкций

Недостаточность нормативной документации и уровень квалификации специалистов приводят к низкому качеству проектирования и монтажа ФСК. Это же относится и к проведению экспертиз ФСК. В первую очередь, это недостаточное число компетентных сертифицированных экспертов, знающих данную сферу. Во-вторых, отсутствуют утвержденные методики и планы проведения экспертиз и критерии оценки качества ФСК.

Порядок проведения экспертизы светопрозрачных конструкций почти не отличается от проведения других строительных экспертиз и состоит из следующих этапов.

Проверка документации:

- Техническое задание на проектирование;
- Проектная и рабочая документация (соответствие по составу и содержанию требованиям и рекомендациям НТД);
- Наличие и полнота необходимых сертификатов соответствия, протоколов испытаний, заключений, паспортов, технических свидетельств и т.д.:
- Исполнительная документация (ППР, технологический регламент, технологические карты, акты приемки ответственных конструкций, фронта работ, скрытых работ, журналы работ, входного контроля, производственного и операционного контроля и т.д.):
- Расчеты на статические и динамические нагрузки (ветровые, снеговые и т.д.)
- Расчеты крепежных элементов (правильность выбора, несущая способность, коррозионная стойкость и т.д.)
- Расчеты стекла в стеклопакетах (соответствие техническим характеристикам, выбор формулы, типов стекол и их толщин);
- Теплотехнические расчеты.

При возникновении сомнений эксперт может затребовать или самостоятельно проводить дополнительные поверочные расчеты.

Обследование:

- Проверка установленных светопрозрачных конструкций на соответствие требованиям проектной и нормативно-технической документации;
- Оценка качества изготовления светопрозрачных конструкций и их монтажа;
- При необходимости проведение инструментального контроля (гео-дезическая съемка, тепловизионное обследование, определение физико-технических характеристик конструкций и т.д.)

Выводы и рекомендации:

- Выявленные нарушения и их квалификация (критичные или некритичные, устранимые или неустраняемые, подлежат ли дальнейшей эксплуатации и т.д.);
- Рекомендации по устранению недостатков, либо возможности эксплуатации здания.

На некоторых аспектах проведения технической экспертизы следует остановиться подробнее. Начнем с технического задания (ТЗ) на проектирование. Достаточно часто в ТЗ на проектирование заложены требования, противоречащие положениям действующих нормативных документов. Так, например, в конкретном ТЗ для высотного здания указано заниженное значение приведенного сопротивления теплопередачи для данного типа зданий. И в этом же ТЗ присутствует требование о том, что надо исключить «линзирование» стеклопакетов (прогиб наружного стекла в стеклопакете, приводящий к оптическим искажениям отражений) и тут же прописана формула стеклопакета со стеклами недопустимой толщины, гарантировано приводящей к образованию «линзования» или эффекта «кривого зеркала». Кстати, эта характеристика стеклопакетов отсутствует в нормативной документации. Согласно [5] считается, что для исключения оптических искажений типа «линзования» или эффекта «кривого зеркала» прогиб стеклопакета должен быть менее $1/350$ его наименьшей стороны.

Не менее важной в составе проектной документации, чем ТЗ, является рабочая документация (чертежи, схемы и др.), по которой изготавливаются конкретные ФСК. Основные требования к рабочей документации приведены в различных источниках, например, [6]. Следует заметить, что при проведении экспертиз крайне редко встречается проектная рабочая и исполнительная документация на ФСК, полностью соответствующая требованиям НТД. Зачастую полноценная проектная рабочая и исполнительная документация отсутствует. Аналогичная ситуация с сертификатами и декларациями соответствия, протоколами испытаний. В лучшем случае предоставляется лишь часть типовых сертификатов на комплектующие (стеклопакеты, профили, уплотнительные прокладки и т.д.).

Методика проведения обследования смонтированных ФСК зависит от вопросов, поставленных перед экспертом. Как правило, это наличие недостатков изготовления и монтажа ФСК, реже - ошибки проектной документации.

В порядке технического сопровождения НИИСФ РААСН за последние 10 лет провёл достаточное большое количество экспертиз ФСК, установленных в зданиях и сооружениях различного уровня ответственности, включая высотные, уникальные, правительственные здания. Для таких объектов основными недостатками, как правило, являются ошибки проектирования и некомпетентность служб технического контроля. На этом фоне говорить о качестве производства и монтажа ФСК обычных зданий вообще не приходится.

Выводы

Масштабы применения ФСК в строительстве, в том числе высотных и уникальных зданий, неуклонно возрастают, одновременно растут и проблемы, связанные с техническим регулированием в этой сфере.

Необходимо создание единой системы стандартизации ФСК (количество и качество нормативной документации на межгосударственном, национальном и региональном уровне); а также введение в высших и средних учебных заведениях строительного профиля факультативного курса по подготовке грамотных специалистов в этой области; налаживание системы переподготовки экспертов, в том числе, судебных. Решение этих проблем на государственном

уровне требует активного участия ведущих организаций и учреждений таких как Минстрой РФ, Минобрнауки РФ, Росстандарт, ТК-465 «Строительство» и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верховский, А.А. Нормативная база и методы испытания фасадных конструкций [Текст] / А.А. Верховский, Р.В. Брешков, Н.А. Пантюхов // *Светопрозрачные конструкции*. – 2008. – №5-6. – С. 20-22.
2. Верховский, А.А. Мониторинг эксплуатационных характеристик ограждающих конструкций высотных зданий в натуральных условиях [Текст] / А.А. Верховский, В.С. Ройфе, К.С. Крымов, И.М. Нанасов // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2009. – № 5. – С. 527-529.
3. Верховский, А.А. Комплексные исследования светопрозрачных фасадных конструкций [Текст] // *Высотные здания*. – 2015. – № 1. – С. 114-117.
4. Верховский, А.А. Применимость современных светопрозрачных ограждающих конструкций для климатических регионов России [Текст] / А.А. Верховский, А.Н. Зимин, С.С. Потапов // *Жилищное строительство*. №6. 2015. С. 16-19.
5. Галямичев, А.В. Особенности сбора нагрузок на фасадные конструкции для их расчета по первому и второму предельным состояниям [Текст] // *Светопрозрачные конструкции*. – 2015. – № 2. – С. 22-27.
6. Георгиевский, О.В. Единые требования по выполнению строительных чертежей [Текст]. – М.: Архитектура – С, 2013. – 144 с.

Александр Юрьевич Безруков

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской Академии Архитектуры и Строительных Наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
Ведущий инженер

Алексей Адольфович Верховский

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской Академии Архитектуры и Строительных Наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
К.т.н., главный научный сотрудник
E-mail: v2508@rambler.ru

Владлен Семёнович Ройфе

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской Академии Архитектуры и Строительных Наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
Д.т.н., главный научный сотрудник

A. BEZRUKOV, A. VERCHOVSKIY, V. ROYFE

TECHNICAL REGULATION IN THE FIELD FAÇADE OF TRANSLUCENT STRUCTURES

Article is devoted to the general questions of technical maintenance, carrying out monitoring, judicial and technical expertises of the front translucent designs (FTD). Also the condition of standardization in this sphere which is estimated as unsatisfactory is analysed. The techniques of carrying out monitoring and examinations of FTD (including judicial) executed by employees NIISF RAASN for the last decade are briefly described.

The scope of application of FTD in construction, including high-rise and unique buildings continue to grow at the same time grow and issues related to technical regulation in this area. It is necessary to create a unified system of standardization FTD, as well as the introduction of Barcelona in higher and secondary educational institutions of building profile of faculty alternative course to train competent professionals in this field; building a-tion of the system of retraining of experts, including the judiciary.

Keywords: front translucent designs, standardization, monitoring, examination.

BIBLIOGRAPHY

1. Verkhovskiy, A.A. Normativnaya baza i metody ispytaniya fasadnykh konstruksiy [Tekst] / A.A. Verkhovskiy, R.V. Breshkov, N.A. Pantyukhov // Svetoprozrachnyye konstruksii. – 2008. – №5-6. – S. 20-22.
2. Verkhovskiy, A.A. Monitoring ekspluatatsionnykh kharakteristik ograzhdayushchikh konstruksiy vysotnykh zdaniy v naturnykh usloviyakh [Tekst] / A.A. Verkhovskiy, V.S. Royfe, K.S. Krymov, I.M. Nanasov // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo. – 2009. – № 5. – S. 527-529.
3. Verkhovskiy, A.A. Kompleksnyye issledovaniya svetoprozrachnykh fasadnykh konstruksiy [Tekst] // Vysotnyye zdaniya. – 2015. – № 1. – S. 114-117.
4. Verkhovskiy, A.A. Primenimost' sovremennykh svetoprozrachnykh ograzhdayushchikh konstruksiy dlya klimaticheskikh regionov Rossii [Tekst] / A.A. Verkhovskiy, A.N. Zimin, S.S. Potapov // Zhilishchnoye stroitel'stvo. №6. 2015. S. 16-19.
5. Galyamichev, A.V. Osobennosti sbora nagruzok na fasadnyye konstruksii dlya ikh rascheta po pervomu i vtoromu predel'nyim sostoyaniyam [Tekst] // Svetoprozrachnyye konstruksii. – 2015. – № 2. – S. 22-27.
6. Georgiyevskiy, O.V. Yedinye trebovaniya po vypolneniyu stroitel'nykh chertezhey [Tekst]. – M.: Arkhitektura – S, 2013. – 144 s.

Aleksandr Bezrukov

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow
Leading engineer

Aleksey Verchovskiy

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow
Candidate of Tech. Sciences, chief researcher
E-mail: v2508@rambler.ru

Vladlen Royfe

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAABS),
Moscow
Doctor of Tech. Sciences, chief researcher

БОДРОВ М.В., КУЗИН В.Ю., МОРОЗОВ М.С.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО КОНТУРА МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ‡

В статье рассмотрены общие вопросы повышения приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций за счет повышения их теплотехнической однородности и увеличения значения условного сопротивления теплопередаче при капитальном ремонте многоквартирных жилых домов (МЖД). Проанализирован возможный косвенный экономический эффект от уменьшения удельной теплозащитной характеристики теплового контура МЖД связанный со снижением металлоемкости двухтрубной системы отопления, на примере 9-ти этажного односекционного МЖД. Полученные данные говорят о необходимости разработки современной нормативной базы для всего цикла работ связанных с капитальным ремонтом жилого фонда Российской Федерации активных и пассивных систем обеспечения параметров микроклимата.

Ключевые слова: капитальный ремонт, коэффициент теплотехнической однородности, отопление, тепловая защита зданий, энергосбережение

В настоящее время в Российской Федерации более 65 % многоквартирных жилых домов (МЖД) имеют степень износа более 30 %, а в случае сохранения существующих объемов капитального ремонта, в ближайшее 10 лет более 10 % существующего жилья придет в непригодное для жизни состояние [1]. Целью капитального ремонта является восстановление или замена отдельных частей зданий или целых конструкций, деталей и инженерно-технического оборудования в связи с их физическим износом и разрушением на более долговечные и экономичные, улучшающие их эксплуатационные показатели.

Одним из направлений проведения работ по капитальному ремонту МЖД является повышение теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций. Решение этой задачи достигается двумя способами: увеличением условного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{усл}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, и повышением коэффициента теплотехнической однородности ограждающих конструкций r .

Базовые показатели эффективности тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций связаны зависимостью [2, 3]:

$$r = \frac{R_0^{пр}}{R_0^{усл}}, \quad (1)$$

где $R_0^{пр}$ – приведенное сопротивление теплопередаче, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт.

Рекомендуемые для расчетов значения приведенного сопротивления теплопередаче и толщина наружных стен МЖД возведенных в советский период приведены в таблице 1 [4], анализ которой показывает что приведенное сопротивление теплопередаче наиболее распространенных керамзитобетонных панелей не превышает $R_0^{пр} = 1 \dots 1,3$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт.

Таблица 1 – Теплофизические характеристики типовых конструкций наружных стен

‡ Статья подготовлена в рамках выполнения НИР «Разработка и научное обоснование теплофизических закономерностей переноса теплоты и влаги в неотапливаемых производственных сельскохозяйственных зданиях» (код проекта 3008) с финансированием из средств Минобрнауки России, в рамках базовой части государственного задания на научные исследования.

Конструкция наружной стены	δ , мм	R_0^{np} , ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт
Однослойная керамзитобетонная панельная стена	300...400	1,046...1,093
Трехслойные с жесткими связями	300...350	1,207...1,302
Трехслойные с гибкими связями	300...350	1,563...2,676
Кирпичные стены	510...640	1,068...1,167

Свод правил 23-101 рекомендует величину теплотехнической однородности однослойных керамзитобетонных панелей заводского изготовления $r \geq 0,9$. Такая же наружная стена с устройством на ней наиболее технологически простой в реализации системы фасадной теплоизоляции с наружным штукатурным слоем (СФТК) предполагает увеличение условного сопротивления теплопередаче с одновременно более низким коэффициентом теплотехнической однородности. Для данных систем сводом правил 230.1325800 рекомендуется учитывать следующие типы неоднородностей: тарельчатые анкеры; сопряжения с перекрытиями и балконами; стыки с оконными блоками; примыкания к цокольному ограждению; углы. Теплотехнические характеристики данных неоднородных включений (удельные потери теплоты через точечную χ , Вт/(шт. $\cdot ^\circ C$), и линейную Ψ , Вт/(м $\cdot ^\circ C$), неоднородности) для системы СФТК приведены в таблице 2. Повышение теплотехнической однородности узлов сопряжений наружных стен с балконами за счет перфорации плиты перекрытия труднореализуемо, т.к. наружные стены в панельном МЖД являются несущими. Увеличение теплотехнической однородности узла сопряжения стен с перекрытием кровли и в местах примыкания к цоколю зависит в первую очередь от условного сопротивления теплопередаче покрытий кровли и пола. Таким образом, практически увеличить теплотехническую однородность наружных стен при капитальном ремонте МЖД с керамзитобетонными панелями возможно только за счет решения задачи конструктивного утепления узлов сопряжения стен с оконными блоками.

Таблица 2 – Характеристики типовых теплотехнических неоднородностей наружных стен

Тип неоднородности	χ , Вт/(шт. $\cdot ^\circ C$)	Ψ , Вт/(м $\cdot ^\circ C$)
Тарельчатый анкеры в наружных стенах	0,001...0,006	-
Сопряжение стен с перекрытием	-	0,252...0,301
Сопряжение стен с балконами	-	не менее 0,550
Стыки стен с оконными блоками	-	0,000...0,106
Примыкание стен к цоколю	-	не менее 0,156
Выпуклый угол наружной стены	-	0,060...0,156

Для современных МЖД соотношение между площадью наружных окон, балконных дверей и стен составляет $A_{ок}/A_{ст} \approx 0,33...0,41$, а протяженность линейной неоднородности $l \approx 0,9...1,0$ м/м², т.е. на 1 п.м. примыкания оконного проема или балконной двери к наружной стене приходится примерно 1 м² наружной стены. Приведенное сопротивление теплопередаче 1 м² ограждения вблизи 1 п.м. примыкания оконного блока к окну $R_{уд}^{np}$, ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт, равно [5–7]:

$$R_{уд}^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_0^{усл}} + \Psi}, \quad (2)$$

где Ψ – удельные потери теплоты через примыкание, Вт/м $\cdot ^\circ C$.

Взаимосвязь показателей $R_0^{усл}$, $R_0^{пр}$ и r не для всей стены в целом с учетом всех неоднородностей, а только для наиболее распространенных узлов примыкания наружных стен и заполнений оконных проемов, при различных величинах нахлеста $\delta_{доп} = 0, 20$ и 60 мм (рис. 1), приведена на рис. 2: сопряжение СФТК с рамой сразу за утеплителем (рис. 1 а); сопряжение СФТК с рамой сдвинутой за утеплитель на 100 мм (рис. 1 б).

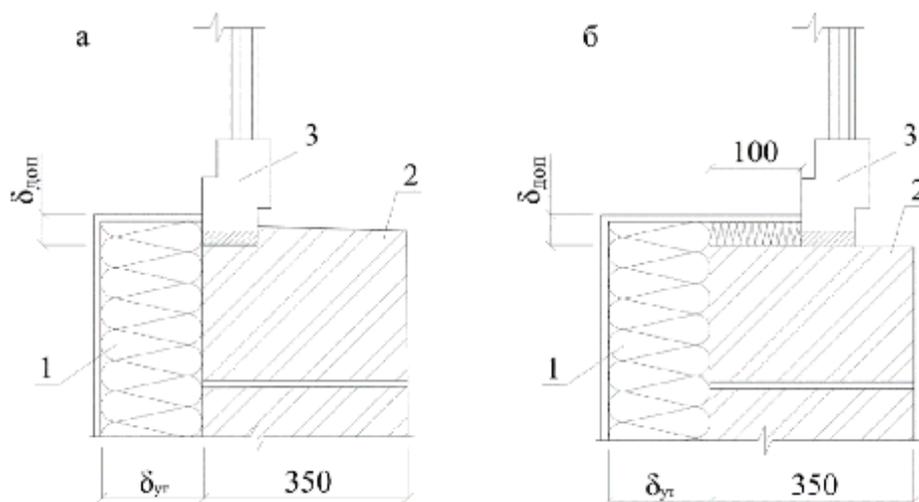


Рисунок 1 – Узлы примыкания окон и наружной стены: а – с рамой за утеплителем; б – с рамой сдвинутой на 100 мм; 1 – утеплитель; 2 – основание; 3 – рама окна

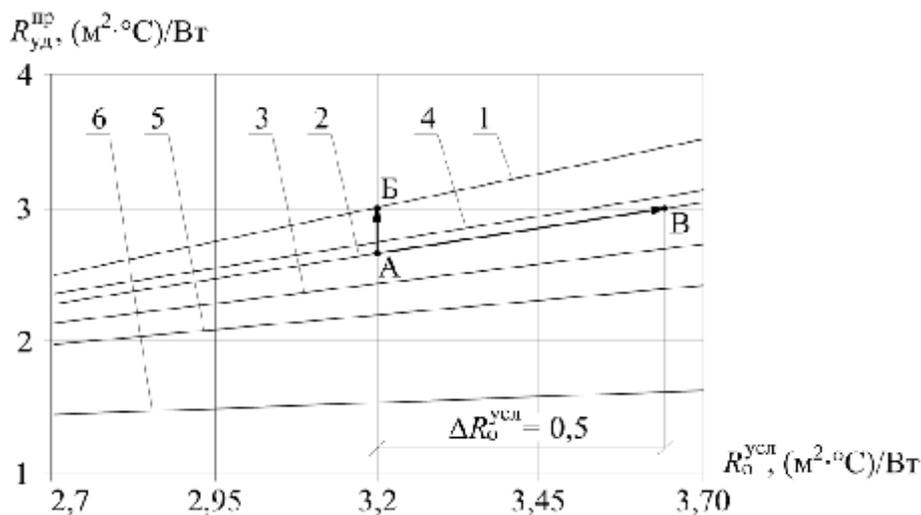


Рисунок 2 – Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче от условного сопротивления теплопередаче стены: 1, 2, 3 – для узла на рис. 1 а, соответственно при $\delta_{доп} = 60, 20, 0$ мм; 4, 5, 6 – для узла на рис. 1 б, соответственно при $\delta_{доп} = 60, 20, 0$ мм

Рассмотрим узел примыкания оконного блока к стене с СФТК (рис. 1 а), при величине нахлеста $\delta_{доп} = 20$ мм (точка А, рис. 2) и $R_0^{усл} = 3,2$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$). Достижение $R_{уд}^{пр} = 3,0$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) возможно двумя различными путями: увеличением толщины утеплителя на $\Delta\delta_{ут} = 20$ мм (линия А-В) и, как следствие, повышением $R_0^{усл}$ на величину $\Delta R_0^{усл} = 0,5$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) или увеличением

нахлеста утеплителя до величины $\delta_{\text{доп}} = 60$ мм (линия А-Б). Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{\text{уд}}^{\text{пр}}$ при этом изменится с 2,6 до 3,0 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт. Разница в количестве израсходованного утеплителя в данном случае составит:

$$\frac{V_{\text{А-Б}}}{V_{\text{А-В}}} = \frac{\delta_{\text{ут}} \delta_{\text{доп}}}{\Delta \delta_{\text{ут}}} = \frac{0,17 \cdot 0,06}{0,02} = 0,51, \quad (3)$$

где $V_{\text{А-Б}}$ – дополнительный объем утеплителя при увеличении нахлеста утеплителя на оконный блок, м^3 ; $V_{\text{А-В}}$ – то же, при увеличении толщины утеплителя на 20 мм, м^3 ; $\delta_{\text{ут}}$ – толщина утеплителя для конструкции стены соответствующей точке А, рис. 2.

Объем (расход) утеплителя при увеличении нахлеста примерно в два раза меньше, чем при увеличении общей толщины утеплителя на 20 мм. Полученный частный результат показывает, что при выборе конкретных решений по однородности ограждающих конструкций и общей толщины тепловой изоляции требуется по возможности выбирать конструкции узлов сопряжений строительных конструкций, обеспечивающих наименьший расход тепловой изоляции при максимальном коэффициенте теплотехнической однородности r .

Срок окупаемости рассмотренного мероприятия по повышению теплотехнической однородности узла сопряжения оконного блока и стены для условий Н. Новгорода, составляет 2 года, что относится к малозатратным мероприятиям по повышению энергетической эффективности МЖД.

При расчете экономически обоснованного приведенного сопротивления теплопередаче элементов теплового контура МЖД следует учитывать положительный экономический эффект от снижения металлоемкости системы отопления, что особенно важно при включении реконструкции отопительно-вентиляционных систем в обязательный перечень работ по проведению капитального ремонта МЖД, например: уменьшение диаметров трубопроводов, типоразмеров запорно-регулирующей арматуры, площади поверхности отопительных приборов, объема тепловой изоляции трубопроводов, количества креплений трубопроводов, и как следствие, снижение стоимости оборудования индивидуального теплового пункта, в т.ч. насосов, регуляторов расхода и давления [8] и т.п.

В таблице 3 в качестве примера приводится полученная авторами зависимость среднего числа секций отопительных приборов на одно помещение осредненного 9-ти этажного односекционного МЖД, обслуживаемого системой естественной вентиляции и двухтрубной системой отопления, N , секц./пом. и среднего условного диаметра стояков системы отопления d_y , мм, в зависимости от удельной теплозащитной характеристики $k_{\text{об}}$, Вт/($\text{м}^3 \cdot \text{°C}$), принятой равной $k_{\text{вент}} = 0,37$ Вт/($\text{м}^3 \cdot \text{°C}$). Анализ данных таблицы 3 показывает, что металлоемкость системы отопления может быть значительно снижена с уменьшением удельной теплозащитной характеристики $k_{\text{об}}$.

Таблица 3 – Зависимость металлоемкости стояков двухтрубной системы отопления 9-ти этажного односекционного МЖД с системой естественной вентиляции от его удельной теплозащитной характеристики

$k_{\text{об}}$, Вт/($\text{м}^3 \cdot \text{°C}$)	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
N , секц./пом.	24	22	21	19	18	16	15	13	12	10	9
d_y , мм	22,3	21,7	21,7	20,5	19,6	19,1	19,1	18,1	17,1	16,8	16,3

Заключение

В настоящее время остро стоит вопрос о создании научно-обоснованного методологического подхода к созданию энергоэффективных и эксплуатационно надежных пассивных (тепловой контур здания) и активных (системы теплоснабжения, отопления и вентиляции) СОМ МЖД

при проведении реконструкции в рамках капитального ремонта жилого фонда страны [9-12]. Формальное применение действующих для нового строительства нормативных документов, не учитывающее специфические особенности многообразия объемно-планировочных и конструктивных решений существующей массовой застройки периода XX века, приводит к существенным капитальным затратам, не обоснованных экономическим эффектом от «кажущегося» повышения энергетической эффективности. Для решения данных задач требуется разработка современной нормативной базы для проведения всего цикла капитального ремонта с учетом индивидуальных особенностей реконструируемых объектов и наличия апробированных практикой методик по расчету сроков окупаемости конкретных целесообразных энергосберегающих мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капитальный ремонт в многоквартирных домах: вопросы и ответы. Комментарии и разъяснения экспертов государственной корпорации – Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства. М.: ЗАО «Библиотечка РГ». 2013. 80 с.
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплозащиты и требованиях расхода энергии на отопление и вентиляцию в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. №31-2 (50). С. 468–474.
3. Гагарин В.Г. О нормировании тепловой защиты зданий в странах с холодным климатом // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: сборник докладов VI Международной научно-технической конференции (НИУ МГСУ 25-27 ноября 2015 г.). Москва: НИУ МГСУ. 2015. С. 21–30.
4. Методические указания по снижению плотности и повышению теплозащитной способности керамзитобетонных панелей наружных стен. М.: ЦНИИЭП жилища. 1984. 31 с.
5. Козлов В.В., Тишнер-Егорова Т.-Э.А. Взаимовлияние теплотехнических неоднородностей // Жилищное строительство. 2015. №6. С. 45–47.
6. Елохов А. Методики и примеры расчета тепловых мостов // Строительство и техногенная безопасность. 2015. №1 С. 86–91.
7. Крайнов Д.В., Садыков Р.А. Определение дополнительных потоков теплоты через элементы фрагмента ограждающей конструкции. Жилищное строительство. 2012. №6. С. 10–12.
8. Бодров В.И. Об уточнении расчетной мощности системы отопления // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: сборник докладов VI Международной научно-технической конференции (НИУ МГСУ 25-27 ноября 2015 г.). Москва: НИУ МГСУ. 2015. С. 78–88.
9. Файст, В. Основные положения по проектированию пассивных домов [Текст]. – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2008. – 144 с.
10. Амирханян, Л.С. Исследование расчета удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания [Текст] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – №2. – С. 82-84.
11. Колубков, А.Н. Реализация энергосберегающих мероприятий в инженерных системах многоквартирных жилых домов [Текст] / А.Н. Колубков, Н.В. Шилкин // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2011. – №7. – С.12-19.
12. Агеева, Г.М. Повышения энергетической эффективности жилого дома – приоритетная задача реконструкции [Текст] / Г.М. Агеева, Н.В. Марченко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – №9. – С. 9-15.

Михаил Валерьевич Бодров

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ), г. Нижний Новгород

Д.т.н., профессор кафедры отопления и вентиляции

E-mail: tes84@inbox.ru

Виктор Юрьевич Кузин

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ), г. Нижний Новгород

Ассистент кафедры отопления и вентиляции

Максим Сергеевич Морозов

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ), г. Нижний Новгород

Аспирант

M. BODROV, V. KUZIN, M. MOROZOV

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE THERMAL CIRCUIT OF APARTMENT BUILDINGS DURING OVERHAUL

The article deals with general issues of raising the reduced thermal resistance of enclosing structures by increasing their thermotechnical homogeneity and increase the value of the conditional thermal resistance at major repairs of apartment houses (MZD). It analyzes the possibility of an indirect economic effect of reducing the heat-shielding characteristics of the specific thermal circuit MZD associated with the reduction of metal two-pipe heating system, the example of a 9-storey single-section MZD. The findings suggest the need to develop a modern regulatory framework for the whole cycle of works related to the overhaul of the housing stock of the Russian Federation of active and passive systems provide microclimate parameters.

Keywords: repair, heat engineering uniformity coefficient, heating, thermal protection of buildings, energy saving

BIBLIOGRAPHY

1. Kapital'nyy remont v mnogokvartirnykh domakh: voprosy i otvety. Kommentarii i raz"vasneniya ekspertov gosudarstvennoy korporatsii – Fonda sodeystviya reformirovaniyu zhilishchno-kommunal'nogo khozyaystva. M.: ZAO «Bibliotechka RG». 2013. 80 s.
2. Gagarin V.G., Kozlov V.V. O normirovanii teplozashchity i trebovaniyakh raskhoda energii na otopleniye i ventilyatsiyu v projekte aktualizirovannoy redaktsii SNiP «Teplovaya zashchita zdaniy» // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2013. №31-2 (50). S. 468–474.
3. Gagarin V.G. O normirovanii teplovoy zashchity zdaniy v stranakh s kholodnym klimatom // Teoreticheskiye osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii: sbornik dokladov VI Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii (NIU MGSU 25-27 noyabrya 2015 g.). Moskva: NIU MGSU. 2015. S. 21–30.
4. Metodicheskiye ukazaniya po snizheniyu plotnosti i povysheniyu teplozashchitnoy sposobnosti keramzitobetonnnykh paneley naruzhnykh sten. M.: TSNIIEP zhilishcha. 1984. 31 s.
5. Kozlov V.V., Tishner-Yegorova T.-E.A. Vzaimovliyaniye teplotekhnicheskikh neodnorodnostey // Zhilishchnoye stroitel'stvo. 2015. №6. S. 45–47.
6. Yelokhov A. Metodiki i primery rascheta teplovykh mostov // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. 2015. №1 S. 86–91.
7. Kravnov D.V., Sadykov R.A. Opredeleniye dopolnitel'nykh potokov teploty cherez elementy fragmenta ograzhdayushchey konstruktssii. Zhilishchnoye stroitel'stvo. 2012. №6. S. 10–12.
8. Bodrov V.I. Ob utochnenii raschetnoy moshchnosti sistemy otopleniya // Teoreticheskiye osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii: sbornik dokladov VI Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii (NIU MGSU 25-27 noyabrya 2015 g.). Moskva: NIU MGSU. 2015. S. 78–88.
9. Fayst, V. Osnovnyye polozheniya po proyektirovaniyu passivnykh domov [Tekst]. – M.: Izdatel'stvo assotsiatsii stroitel'nykh vuzov, 2008. – 144 s.
10. Amirkhanyan, L.S. Issledovaniye rascheta udel'nogo godovogo raskhoda teplovoy energii na otopleniye i ventilyatsiyu zdaniya [Tekst] // Nauchno-tehnicheskyy vestnik Povolzh'ya. – 2014. – №2. – S. 82-84.
11. Kolubkov, A.N. Realizatsiya energosberegayushchikh meropriyatiy v inzhenernykh sistemakh mnogokvartirnykh zhilykh domov [Tekst] / A.N. Kolubkov, N.V. Shilkin // AVOK: ventilyatsiya, otopleniye, konditsionirovaniye vozdukh, teplosnabzheniye i stroitel'naya teplofizika. – 2011. – №7. – S.12-19.
12. Ageyeva, G.M. Povysheniya energeticheskoy effektivnosti zhilogo doma – prioritnaya zadacha rekonstruktssii [Tekst] / G.M. Ageyeva, N.V. Marchenko // Energoberezheniye. Energetika. Energoaudit. – 2010. – №9. – S. 9-15.

Mikhail Bodrov

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod
Doctor of Tech. Sciences, professor of heating and ventilation department
E-mail: tes84@inbox.ru

Viktor Kuzin

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod
Assistent of heating and ventilation department

Maxim Morozov

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod
Post-graduate student

ЕРШОВ И.О.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ НИЖЕ УРОВНЯ ЗЕМЛИ

Рассмотрена методика расчета тепловых потерь помещений, лежащих ниже уровня земли. Расчеты проводятся для двух случаев: для неутепленного пола по грунту, для неутепленной стены. В качестве климатических данных приняты современные значения. Произведена проверка значений сопротивления теплопередаче по методике В. Д. Мачинского по зонам путем расчета двумерных стационарных температурных полей. Результаты расчетов представлены в табличной форме и в виде графиков. На основе полученных данных выявлено несовершенство существующей методики и предложены дальнейшие действия для решения данной проблемы

Ключевые слова: методика расчета, тепловые потери, сопротивление теплопередаче.

Существующая методика расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции, лежащие ниже уровня земли, берет своё начало с 1930-х годов. Профессор В. Д. Мачинский разработал и ввел методику расчета тепловых потерь пола по полосам (равным 2 м), параллельным периметру наружных стен (далее методика Мачинского). Теплотери через подземную часть наружных стен отапливаемых подвальных помещений определяются также, только полосы отсчитываются от поверхности земли вниз в той же градации, что и для полов. [1] С того времени суть методики не поменялся. Позднее уточнились только сопротивления теплопередаче данных зон и температура наружного воздуха для определенных районов строительства.

Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» значения сопротивления теплопередаче для четырех зон сегодня имеют следующий вид: I зона — $2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; II зона — $4,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; III зона — $8,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; IV зона — $14,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Вышеуказанные значения были получены на основе климатических данных Московской области. Профессор В. Д. Мачинский, учитывая неопределенность граничных условий и ряда упрощений, назвал свой метод «очень приближительным». [2]

Таким образом задачей научного исследования становится проверка значений сопротивления теплопередаче каждой зоны по методике Мачинского. Для решения поставленной задачи не требуется расчета трехмерного температурного поля как в [3], поэтому исследование проводится путем расчёта двумерных стационарных температурных полей при помощи программного обеспечения на ЭВМ. Данный способ моделирования двумерной задачи теплопереноса более подробно представлен в [4–7].

Расчеты проводятся для двух случаев: первый – для неутепленного пола по грунту, второй – для неутепленной стены, заглубленной в грунт. Создаются модели расположения строительных конструкций относительно грунта и для элементов модели задаются граничные условия. Для пола на грунте и заглубленной стены задаются граничные условия третьего рода – температура внутреннего воздуха ($t_b = 20 \text{ °C}$) и коэффициент теплоотдачи воздуха строительной конструкции (α (альфа) = $8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$). На границе поверхности грунта и воздуха также задаются граничные условия третьего рода: средняя температура отопительного периода ($t_n = -3 \text{ °C}$) и коэффициент теплоотдачи воздуха грунту (α (альфа) = $23 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$). Для грунта задаются граничные условия первого рода – температура грунта, взятая как среднегодовая температура воздуха для центрального региона страны ($t_c = 4 \text{ °C}$). В качестве расчетного значения теплопроводности грунта принято среднее значение грунта со средней плотностью $2000 \text{ кг}/\text{м}^3$ и весовым влагосодержанием грунта 5%, которое равняется $1,75 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ (СП 41-103-2000 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов»). Для каждого из случаев (для пола по

грунту и для заглубленной стенки) рассчитывается несколько вариантов, отличающихся линейным размером пола (стенки). Размер варьируется в пределах от 1 м до 10 м с шагом 1 м.

В результате расчетов для каждого шага вычисляются значения суммарного теплового потока через данные ограждающие конструкции. Для этих же конструкций рассчитываются значения суммарного теплового потока по методике Мачинского. На основе полученных данных для каждого из случаев строятся графики зависимости суммарного теплового потока от линейного размера ограждающей конструкции (рисунки 1, 2).

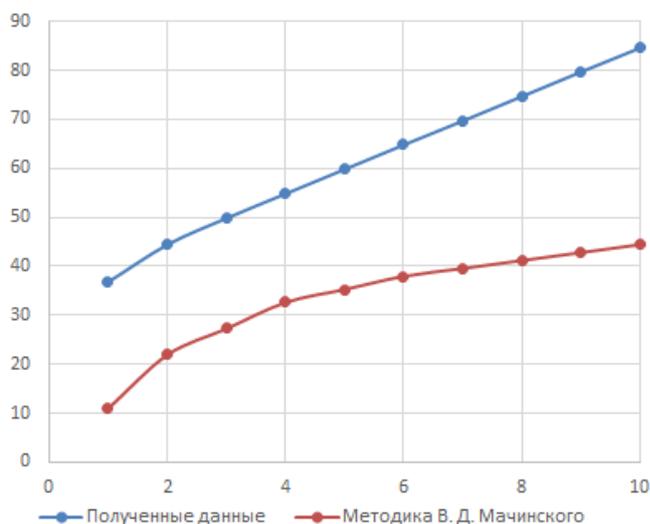


Рисунок 1 – Сравнительный график суммарных тепловых потоков, полученных расчетом температурных полей, и существующей методики для пола на грунте

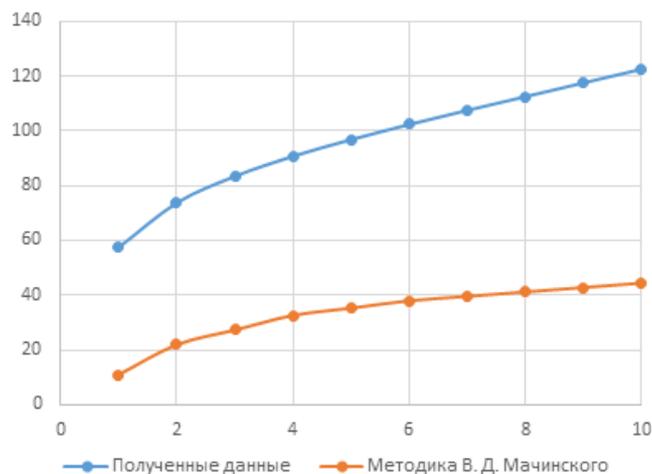


Рисунок 2 – Сравнительный график суммарных тепловых потоков, полученных расчетом температурных полей, и существующей методики для заглубленной стенки

Далее полученные данные приводятся в табличной форме (Табл. 1, Табл. 2 и Табл. 3), где для каждого шага рассчитываются значения сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции используя формулу (1):

$$Q = \frac{F\Delta t}{R}, \tag{1}$$

откуда

$$R = \frac{F\Delta t}{Q}, \tag{2}$$

где Q – тепловые потери через данную ограждающую конструкцию, Вт;

F – площадь ограждающей конструкции, m^2 ;

Δt – разность температур внутренней помещения и наружного воздуха, $^{\circ}C$;

R – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^{\circ}C / Вт$.

Для сравнения полученных данных с данными существующей методики рассчитываются значения сопротивления теплопередаче исходя из суммарных тепловых потоков (для существующей методики), используя формулу (2). Результаты заносятся в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 1 – Полученные данные для пола

$l, м$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q, Вт$	36,8	44,4	49,8	54,8	59,8	64,8	69,7	74,7	79,7	84,6
$R, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	0,625	1,036	1,386	1,679	1,923	2,130	2,310	2,463	2,597	2,719

Таблица 2 – Полученные данные для заглубленной стены

$l, м$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q, Вт$	57,4	73,7	83,4	90,7	96,8	102,3	107,5	112,5	117,5	122,5
$R, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	0,401	0,624	0,827	1,014	1,188	1,349	1,498	1,636	1,762	1,878

Таблица 3 – Данные по методике В. Д. Мачинского

$l, м$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q, Вт$	11,0	21,9	27,3	32,6	35,3	38,0	39,6	41,2	42,8	44,4
$R, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	2,1	2,1	4,3	4,3	8,6	8,6	14,2	14,2	14,2	14,2

Таблица 4 – Сравнительная таблица коэффициентов сопротивления теплопередаче для пола

$l, м$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{\text{пола}}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	0,625	1,036	1,386	1,679	1,923	2,130	2,310	2,463	2,597	2,719
$R_{\text{суц}}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	2,100	2,100	2,532	2,822	3,260	3,636	4,069	4,467	4,835	5,177
$R_{\text{суц}} / R_{\text{пола}}$	3,360	2,027	1,827	1,681	1,695	1,707	1,761	1,814	1,862	1,904

Таблица 5 – Сравнительная таблица коэффициентов сопротивления теплопередаче для стены

$l, м$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{\text{стены}}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	0,401	0,624	0,827	1,014	1,188	1,349	1,498	1,636	1,762	1,878
$R_{\text{суц}}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	2,100	2,100	2,532	2,822	3,260	3,636	4,069	4,467	4,835	5,177
$R_{\text{суц}} / R_{\text{пола}}$	5,241	3,365	3,060	2,782	2,744	2,696	2,717	2,731	2,745	2,757

Из таблиц 4 и 5 видно существенное различие между сопротивлениями теплопередаче полученными с помощью температурных полей и расчета ограждающих конструкций, находящихся ниже уровня земли, по методике Мачинского. Наибольшее различие достигается на первом метре ограждающей конструкции (для пола в почти в 3,5 раза, для стены в 5,2 раза). Остальные значения сопротивлений теплопередаче отличаются для пола по грунту почти в 2 раза, а в случае заглубленной стены почти в 3 раза. При расчетах сопротивлений теплопередаче по зонам в источнике [2] профессор В. Д. Мачинский руководствовался начальными данными для Московской области и принял теплопроводность грунта равной $1,16 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$. При пересчете вышеизложенными способами для среднего значения длины в 6м значение сопротивления тепло-

передаче отличается примерно в 1,3 раза. Совпадение значений происходит при теплопроводности грунта $0,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$, что согласно СП 41-103-2000 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов» является нижней границе значений теплопроводности грунта.

Методика Мачинского по расчету тепловых потерь ограждающих конструкций, лежащих ниже уровня земли, является достаточно простой и понятной для проектировщиков, но, основываясь на результатах исследования, можно сделать вывод о её несовершенности и неточности для применения в масштабах всей страны.

Так как полученные результаты в первом приближении дают значительное расхождение со значениями методики Мачинского можно сделать вывод об актуальности изучения данного вопроса и целесообразности проведения дальнейших исследований в данной области. Представленные в данной статье результаты актуальны для зданий прямоугольной формы. Поэтому следует провести сравнительные расчеты для более сложных моделей строительных конструкций, дополнительно исследовать вопрос теплопроводности грунта, а также для зданий с более сложной формой проверить влияние возможных теплопроводных включений на расчет тепловых потерь, заглубленных ограждающих конструкций [8 –11].

Целью дальнейших исследований будет являться оптимизация существующей методики для всеобщего применения. В рамках оптимизации возможно уточнение значений сопротивления теплопередаче для каждой из зон, размеров зон или создание справочной информации со значениями теплопроводности грунта в зависимости от района строительства. Для этого в первую очередь необходимо ознакомиться с различными инженерными методиками расчета, заглубленных в грунт частей зданий [12 –13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мачинский, В.Д. Теплопередача в строительстве [Текст]. – М.-Л.: Госстроиздат, 1939.
2. Мачинский, В.Д. Теплотехнические основы строительства [Текст]: Учебн. пособ. для инж.-строительных вузов. – М.: Государственное издательство строительной литературы, 1949. – С. 58–68
3. Малявина, Е.Г. Расчет трехмерного температурного поля грунта с учетом промерзания при определении теплотерь [Текст] // Вестник МГСУ. – 2011. – №3. – Т.1.– С. 371–376.
4. Bram Kersten and Jos van Schijndel, 2013. Modeling the Heat Exchange in Cavities of Building Constructions Using COMSOL Multiphysics // COMSOL Conference in Rotterdam.
5. Ryan C. Daileda, 2012. Two dimensional heat equation. Trinity University newspaper.
6. Raseelo J. Moitsheki and Atish Rowjee, 2011. Steady Heat Transfer through a Two-Dimensional Rectangular Straight Fin // Mathematical problems in engineering.
7. R. J. Moitsheki, 2011. Steady heat transfer through a radial fin with rectangular and hyperbolic profiles // Nonlinear Analysis: Real World Applications. Vol. 12, No. 2, pp. 867–874.
8. Гагарин, В.Г. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания [Текст] / В.Г. Гагарин, А.Ю. Неклюдов // Жилищное строительство. –2014. – № 6. – С. 3-7.
9. Гагарин, В.Г. Учет теплопроводных включений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания [Текст] / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, А.Ю. Неклюдов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2016. – № 2 (978). – С. 57-61.
10. Гагарин, В.Г. Применение методики учета теплотехнических неоднородностей ограждающих конструкций из актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» для расчета нагрузки на системы отопления и охлаждения зданий [Текст] / В.Г. Гагарин, А.Ю. Неклюдов // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. – 2015. – №2. – С.10-14.
11. Козлов, В.В. Приближенное решение уравнения теплопроводности для линейного и точечного теплопроводного включения [Текст] / В.В. Козлов, Т.Э.А. Тишнер-Егорова // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 4 (60). – С. 42-50.
12. Малявина, Е.Г. Сравнение результатов расчета теплотерь заглубленных в грунт частей зданий по существующим инженерным методикам [Текст] // Естественные и технические науки. – 2015. – №6. – С.549–552.
13. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Ashrae Handbook: Fundamentals. American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers. 2013.

Илья Олегович Ершов

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
инженер, аспирант
E-mail: ershov_199@mail.ru

I. ERSHOV

METHODOLOGICAL ISSUES OF CALCULATION OF THERMAL RESISTANCE OF UNDERGROUND ENCLOSING STRUCTURES

We have considered the method of heat losses calculation of underground constructions. Calculations have been made for two cases: for nonheated floor on the ground and for nonheated walls. Modern values have been taken as the climatic data. Values of thermal resistance for zones have been verified according to the method of V.D. Machinsky by calculation of two-dimensional stationary temperature fields.

Calculation results are presented in a table and in graphs. The obtained data revealed that the existing calculation method is imperfect. Ideas for solving this problem have been suggested.

Key words: calculation method, heat losses, thermal resistance.

BIBLIOGRAPHY

1. Machinskiy, V.D. Teploperedacha v stroitel'stve [Tekst]. – M.-L.: Gosstroizdat, 1939.
2. Machinskiy, V.D. Teplotekhnicheskiye osnovy stroitel'stva [Tekst]: Uchebn. posob. dlya inzh.-stroitel'nykh vuzov. – M.: Gosudarstvennoye izdatel'stvo stroitel'noy literatury, 1949. – S. 58–68
3. Mal'yavina, Ye.G. Raschet trekhmernogo temperaturnogo polya grunta s uchetoм promerzaniya pri opre-delenii teplopoter' [Tekst] // Vestnik MGSU. – 2011. – №3. – Т.1.– С. 371–376.
4. Bram Kersten and Jos van Schijndel, 2013. Modeling the Heat Exchange in Cavities of Building Construc-tions Using COMSOL Multiphysics // COMSOL Conference in Rotterdam.
5. Ryan C. Daileda, 2012. Two ditional heat equation. Trinity University newspaper.
6. Raseelo J. Moitsheki and Atish Rowjee, 2011. Steady Heat Transfer through a Two-Dimensional Rectan-gular Straight Fin // Mathematical problems in engineering.
7. R. J. Moitsheki, 2011. Steady heat transfer through a radial fin with rectangular and hyperbolic profiles // Non-linear Analysis: Real World Applications. Vol. 12, No. 2, pp. 867–874.
8. Gagarin, V.G. Uchet teplotekhnicheskikh neodnorodnostey ograzhdeniy pri opredelenii teplovoy nagruzki na sistemu otopleniya zdaniya [Tekst] / V.G. Gagarin, A.YU. Neklyudov // Zhilishchnoye stroitel'stvo. –2014. – № 6. – S. 3-7.
9. Gagarin, V.G. Uchet teploprovodnykh vkl'yucheniya pri opredelenii teplovoy nagruzki na sistemu otopleniya zdaniya [Tekst] / V.G. Gagarin, V.V. Kozlov, A.YU. Neklyudov // BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki. – 2016. – № 2 (978). – S. 57-61.
10. Gagarin, V.G. Primeneniye metodiki ucheta teplotekhnicheskikh neodnorodnostey ograzhdayushchikh konstruktiv iz aktualizirovannoy redaktsii SNiP «Teplovaya zashchita zdaniy» dlya rascheta nagruzki na sistemy otopleniya i okhlazhdeniya zdaniy [Tekst] / V.G. Gagarin, A.YU. Neklyudov // Inzhenernyye sistemy. AVOK – Severo-Zapad. – 2015. – №2. – S.10-14.
11. Kozlov, V.V. Priblizhennoye resheniye uravneniya teploprovodnosti dlya lineynogo i tochechnogo tep-loprovodnogo vkl'yucheniya [Tekst] / V.V. Kozlov, T.E.A. Tishner-Yegorova // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2015. – № 4 (60). – S. 42-50.
12. Mal'yavina, Ye.G. Sravneniye rezul'tatov rascheta teplopoter' zaglublennykh v grunt chastey zdaniy po sushchestvuyushchim inzhenernym metodikam [Tekst] // Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – 2015. – №6. – С.549–552.
13. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Ashrae Handbook: Funda-mentals. American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers. 2013.

Илья Ershov

Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow
Engineer, Postgraduate
E-mail: ershov_199@mail.ru

КОРОЛЬ Е.А., ШУШУНОВА Н.С.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ КРОВЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ В ЭКОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с реконструкцией кровельных покрытий, проводится сравнительный анализ трудоемкости работ и состава технологических операций строительных процессов. Затрагиваются вопросы, связанные с устройством различных типов кровель и перспективы их развития в нашей стране проблема экологической безопасности городского строительства. В качестве сравнительных аналогов представлены кровли из полимерного рулонного материала, современные высокотехнологичные способы устройства модульной зеленой кровли, а также мастичные кровли. Приводятся результаты трудоемкости строительных процессов, входящие в состав основных и подготовительных работ при реконструкции кровельных покрытий.

Ключевые слова: реконструкция кровельных работ, эксплуатируемые кровельные покрытия, инновационные энергосберегающие технологии, возобновляемые источники энергии, трудоемкость кровельных работ, экологическая безопасность, зеленая кровля.

Актуальность внедрения инновационных энергосберегающих технологий в объекты реконструкции и реновации кровельных покрытий обусловлена повышенной заинтересованностью в развитии приоритетного направления экологической безопасности в строительстве.

Экологичное и безопасное строительство основывается на принципах живучести конструктивных систем зданий [1].

На плоских кровлях чаще всего возникают проблемы с образованием пузырей, протечек кровли в местах отслоения кровельного ковра, в местах примыкания к дымоходным и вентиляционным каналам и парапетам. В связи с этим, требуется проводить своевременные мероприятия по реконструкции проблемного покрытия. Наиболее распространенным является вариант реконструкции с полной заменой все слоев кровельного пирога и укладкой нового покрытия. Используются новые кровельные и изоляционные материалы, и меняется весь внешний облик кровли. При реконструкции кровельного покрытия, в случае невозможности сохранения существующей теплоизоляции по показателям прочности и влажности, она должна быть заменена [2, 3].

Важным моментом при строительстве и реконструкции является энерго- и ресурсосбережение [4,5]. Используются возобновляемые источники энергии, устройства, преобразующие ветровую и солнечную энергию: солнечные панели, ветрогенераторы, встраиваемые в модульные кровельные системы.



Рисунок 1 – Устройство модульных зеленых кровель

В качестве составной части доказательной базы систем экологической сертификации и оценки устойчивости строительства наибольшее значение имеют стандарты, разрабатываемые международной организацией по стандартизации ИСО, которые вышли из технических комитетов ТК 59 «Строительство зданий» и ТК 207 «Управление качеством окружающей среды» [6].

При устройстве озелененной эксплуатируемой кровли для облегчения нагрузки, оказываемой на здание в процессе эксплуатации, используют современные покрытия, состоящие из модульных конструкций (рис. 1).

В случае использования модулей – лотков с субстратом и зелеными насаждениями, монтируемых на опоры, нагрузка составляет всего не более 60 кг/ кв. м при влагонасыщенном состоянии грунта.

Модульная кровельная система представляет собой конструкцию балластной крыши, способную выдерживать интенсивные пешеходные нагрузки. Верхним слоем является пластиковый модуль с растительным слоем на регулируемых опорах, который играет роль балласта и удерживает кровельный пирог. Так, гидроизоляционное покрытие получает надежную защиту от механических повреждений и ультрафиолетового излучения. Главным достоинством модульных конструктивных систем является комплектность поставки и короткие сроки монтажа, что делает основной областью их применения в районах с различными климатическими особенностями [7].

В качестве объекта реконструкции представлено плоское кровельное покрытие площадью 100 кв.м. Выбраны следующие аналоги для сравнительного анализа технологических процессов:

- Устройство модульной зеленой кровли;
- Устройство кровли из полимерного рулонного материала;
- Устройство мастичной кровли.

Элементами сравнения являются состав технологических операций и трудоемкость работ при укладке кровельного покрытия площадью 100 кв.м.

Анализ состава технологических операций при устройстве кровель показал, что наиболее технологически сложным процессом является монтаж кровли из полимерного наплавляемого рулонного материала. Дополнительно требуется произвести огрунтовку поверхности основания мастикой перед настилом рулонного материала, а также необходимо выполнить устройство защитного балластного слоя из гравия на горячей битумной мастике в составе основных работ (табл.1). Самым выгодным технологическим решением оказывается устройство модульной зеленой кровли. Простота монтажа зеленой кровли достигается за счет исключения трудоемких операций по укладке пароизоляционного слоя и теплоизоляционных плит, дополнительным преимуществом является легкий конструктивный вес укладываемых модулей. Нормами предусмотрены подноска и перемещение материалов и изделий на расстояние до 30 м включительно [8], что значительно упрощает рабочий процесс, так как не требуется применение крупногабаритных строительных машин. Трудозатраты подготовительных работ по устройству модульной зеленой кровли при реконструкции покрытия составляют всего 24,66 чел.-ч / 100 кв.м., что характеризуется снижением затрат в 2 раза по отношению к аналогичным покрытиям, устанавливаемых при реконструкции кровель. Наименее трудоемким процессом в целом оказалась укладка полимерного рулонного материала - 61,46 чел.-ч / 100 кв.м., однако такой вид покрытия предполагает большие затраты труда на подготовительном этапе монтажного цикла (рис.2).

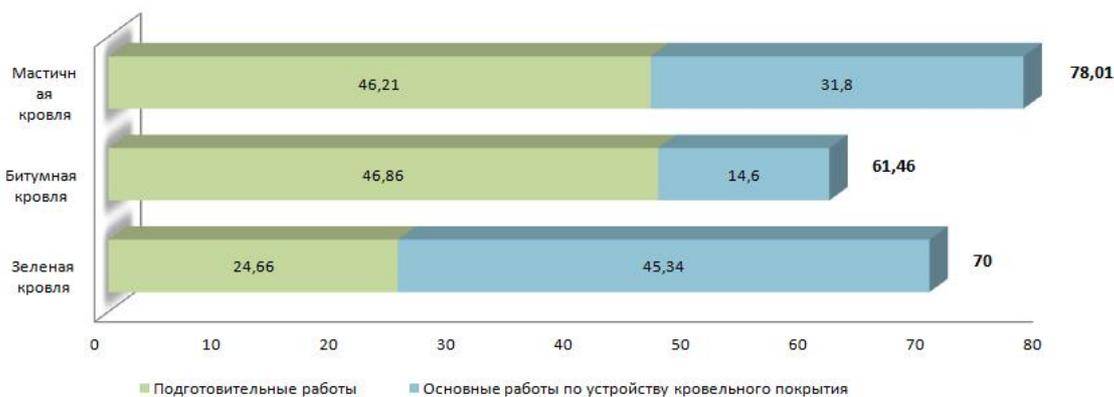


Рисунок 2 – Сравнительная диаграмма трудозатрат при реконструкции кровельных покрытий, чел.-ч./100 кв.м

Таблица 1 – Анализ состава технологических операций при реконструкции кровельных покрытий

Тип кровли, устанавливаемой при реконструкции	Наименование работ
Модульная зеленая кровля	<p>Подготовительные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Демонтаж слоев существующего покрытия; 2. Просушивание влажных мест основания; 3. Огрунтовка поверхности основания битумной мастикой; <p>Основные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Устройство регулируемых опор; 5. Укладка решетчатого настила; 6. Установка модулей с почвенным и растительным слоем.
Кровля из полимерного рулонного материала	<p>Подготовительные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Демонтаж слоев существующего покрытия; 2. Просушивание влажных мест основания; 3. Пароизоляция основания под кровлю рулонными материалами; 4. Укладка теплоизоляционных плит размером 2х1 м с заделкой швов и углов; 5. Укладка цементного раствора слоем до 25 мм по утеплителю; 6. Огрунтовка поверхности основания битумной мастикой; <p>Основные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Наклейка двухслойного рулонного ковра на холодной мастике; 8. Обделка свесов и примыканий рулонными материалами; 9. Обделка водосточных воронок; 10. Устройство защитного слоя из гравия на горячей битумной мастике.
Мастичная кровля	<p>Подготовительные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Демонтаж слоев существующего покрытия; 2. Просушивание влажных мест основания; 3. Пароизоляция основания под кровлю рулонными материалами; 4. Укладка теплоизоляционных плит размером 2х1 м с заделкой швов и углов; 5. Укладка цементного раствора слоем до 25 мм по утеплителю; <p>Основные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Безрулонное покрытие крыши холодной мастикой в 3 слоя; 7. Обделка свесов и примыканий стеклотканью; 8. Обделка водосточных воронок.

В заключение необходимо отметить, что технологические процессы, связанные с устройством кровель при реконструкции покрытий, являются в значительной мере трудоемкими. В связи с этим, требуется разработка и дальнейшее применение решений по оптимизации процессов устройства покрытий зданий с целью снижения их трудоемкости. На сегодняшний день выгодным технологическим решением оказывается устройство модульной зеленой кровли. Облегченные строительные конструкции обеспечивают простоту монтажа, снижая количество трудоемких операций. Инновационные технологии, применяемые в объектах «зеленого» строительства, создают условия для повышения эффективности и безопасности строительства, создания комфортной среды жизнедеятельности.

В этих условиях для решения вопросов с целью широкого внедрения технологий модульных облегченных конструкций в кровельных покрытиях требуется расширение нормативно-технического регулирования и создание благоприятного климата для развития бизнеса в нашей стране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Травуш, В.И. Некоторые направления теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений [Текст] / В.И. Травуш, В.И. Колчунов, Н.В. Ключева // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – №3. – С. 4-9.
2. СП 17.13330.2011 Кровли (Актуализированная редакция СНиП II-26-76) [Текст]: издание официальное. – М.: Минрегион России, 2012.
3. Умнякова, Н.П. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий [Текст] / Н.П. Умнякова, И.Н. Бутовский, А.Г. Чеботарев // Жилищное строительство. – 2014. – № 7. – С.19 -23.
4. Шеина, С.Г. Основы управления энергоресурсами вуза по системе энергетического менеджмента [Текст] / С.Г. Шеина, Н.П. Умнякова, А.О. Вангай // Научное обозрение. – 2015. – №5. – С. 291 – 296
5. Умнякова, Н.П. Эффективное решение оболочки здания и биосферная совместимость [Текст] / Н.П. Умнякова, К.С. Андрейцева, В.А. Смирнов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2013. – № 4.
6. Жук, П.М. Структура доказательной базы систем экологической сертификации зданий и оценки устойчивости строительства [Текст] / П.М. Жук, М. Айхнер // Архитектура и современные информационные технологии. – 2013. – № 3(24). – С. 1-19.
7. Холопов, И.С. Анализ напряженно-деформированного состояния быстровозводимого модульного здания [Текст] / И.С. Холопов, В.С. Широков, А.В. Соловьев, Ю.Д. Макаров // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 6. – С. 15-19.
8. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы, Сборник Е7 "Кровельные работы". – М. : Прейскурантиздат", 1983.

Елена Анатольевна Король

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва
Д.т.н., профессор, зав. кафедрой организации и реновации производства
E-mail: professorkorol@mail.ru

Наталья Сергеевна Шушунова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва
Аспирант

E. KOROL, N. SHUSHUNOVA

MODERN TECHNOLOGIES OF ROOFING RECONSTRUCTION IN GREEN BUILDING

This study regarded issues related to the reconstruction of the roofing, a comparative analysis of the complexity of works and composition of the technical operations of construction processes. Dealing with matters related to the device of various types of roofs and prospects of their development in our country, the problem of ecological safety of urban construction. As comparative counterparts presented the roof, made from polymeric material, modern high-tech methods of device modular green roof and mastic roof. The results of the complexity of building processes, which make up the primary and preparatory works in the reconstruction of roofs, are presented.

Keywords: reconstruction of roofing works, operated roof structures, innovative energy-saving technologies, renewable energy, the complexity of roofing, ecological safety, green roof.

BIBLIOGRAPHY

1. Travush, V.I. Nekotoryye napravleniya teorii zhivuchesti konstruktivnykh sistem zdaniy i sooruzhe-niy [Tekst] / V.I. Travush, V.I. Kolchunov, N.V. Klyuyeva // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2015. – №3. – S. 4-9.
2. SP 17.13330.2011 Krovli (Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP II-26-76) [Tekst]: izdaniye ofitsial'-noye. – M.: Minregion Rossii, 2012.
3. Umnyakova, N.P. Razvitiye metodov normirovaniya teplozashchity energoeffektivnykh zdaniy [Tekst] / N.P. Umnyakova, I.N. Butovskiy, A.G. Chebotarev // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2014. – № 7. – S.19 -23.
4. Sheina, S.G. Osnovy upravleniya energoresursami vuza po sisteme energeticheskogo menedzhmenta [Tekst] / S.G. Sheina, N.P. Umnyakova, A.O. Vangay // Nauchnoye obozreniye. – 2015. – №5. – S. 291 – 296
5. Umnyakova, N.P. Effektivnoye resheniye obolochki zdaniya i biosfernaya sovmestimost' [Tekst] / N.P. Umnyakova, K.S. Andreytseva, V.A. Smirnov // Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii. – 2013. – № 4.
6. Zhuk, P.M. Struktura dokazatel'noy bazy sistem ekologicheskoy sertifikatsii zdaniy i otsenki ustoychivosti stroitel'stva [Tekst] / P.M. Zhuk, M. Aykhner // Arkhitektura i sovremennyye informatsionnyye tekhnologii. – 2013. – № 3(24). – S. 1-19.
7. Kholopov, I.S. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya bystrovozzvodimogo modul'nogo zdaniya [Tekst] / I.S. Kholopov, V.S. Shirokov, A.V. Solov'yev, YU.D. Makarov // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2015. – № 6. – S. 15-19.
8. Yedinye normy i rastsenki na stroitel'nyye, montazhnyye i remontno-stroitel'nyye raboty, Sbornik Ye7 "Krov-el'nyye raboty". – M. : Preyskurantizdat", 1983.

Elena Korol

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Doctor of Tech. Sciences, prof., head of the Department of organization and renovation of production

E-mail: professorkorol@mail.ru

Natalia Shushunova

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Doctor of Tech. Sciences, prof., head of the Department of organization and renovation of production

Post-graduate student

КОЧКИН А.А., ШУБИН И.Л., КОЧКИН Н.А.

О ПРОХОЖДЕНИИ И ИЗЛУЧЕНИИ ЗВУКА В СЛОИСТЫХ ВИБРОДЕМПФИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Рассматривается прохождение звука через слоистый элемент с учетом его конечных размеров в различных частотных диапазонах, ограниченных определенными резонансами, на основе теории о самосогласовании звукового поля пространства и вибрационного поля элемента. Получены собственные функции трехслойного шарнирно-опертого элемента с промежуточным вибродемпфирующим слоем и выражения для амплитуды вынужденных колебаний элемента в различных частотных диапазонах. При исследовании условий прохождения звука через элемент с учетом его точечных размеров установлено, что степень прохождения звука наибольшая при ППР, меньшая при НПР и еще более низкая в области ПрПР.

Ключевые слова: звуковое давление, самосогласование, звуковое поле, собственные колебания конструкций.

Основными элементами в составе легких ограждающих конструкций являются слоистые элементы конечных размеров с вибродемпфирующими слоями [1]. Прохождение звука в подобных элементах показано в работах [2-8], где отмечено, что звукоизоляция конструкций зависит от физико-механических характеристик материалов несущих и вибродемпфирующих слоев, планировочных и конструктивных параметров элементов, условий закрепления. Все перечисленные факторы и условия необходимо учитывать в теоретической модели, описывающей излучение и прохождение звука в слоистых элементах [9-17]. В работе предложена такая теоретическая модель, которая основана на положениях теории М.С. Седова по самосогласованию воздушных звуковых полей и вибрационного поля ограждения. На основе этой модели получены расчетные формулы для определения излучаемой мощности и звукоизоляции слоистых элементов конечных размеров.

Рассмотрим процесс прохождения звука через прямоугольный в плане трехслойный элемент с шарнирным опиранием по контуру в проеме акустически жесткого бесконечного экрана. Считая, что при звуковых колебаниях элемента условия непрерывности движения на границах наружных листов и вибродемпфирующего слоя выполняются, рассмотрим процесс прохождения звука в соответствии с теорией М.С. Седова для наиболее практически важных частотных областей: полных пространственных резонансов (ППР), неполных пространственных резонансов (НПР), простых пространственных резонансов (ПрПР).

Координатную плоскость xoy совместим со срединной плоскостью элемента. Оси ox и oy направим из левого нижнего угла элемента вдоль сторон a и b , а ось oz перпендикулярно к плоскости xoy .

Пусть на прямоугольный трехслойный элемент толщиной h падают монохроматические плоские звуковые волны. Суммарное смещение элемента представим суперпозицией четырех волн, распространяющихся попарно во взаимно противоположных направлениях с углами « $\pm\alpha_1$ ». Звуковое давление в плоскости элемента, записанное в действительной форме для каждой волны, представится соотношением вида

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= -p_0 \cos k'_0(x \sin \alpha_1 - y \cos \alpha_1) \\ p_2 &= -p_0 \cos k'_0(x \sin \alpha_1 + y \cos \alpha_1) \\ p_3 &= p_0 \cos k'_0(x \sin \alpha_1 - y \cos \alpha_1) \\ p_4 &= p_0 \cos k'_0(x \sin \alpha_1 + y \cos \alpha_1) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $k'_0 = k_0 \cos \theta$; $p_0 = p_n + p_{om} - p_{np}$; P_n, P_{om}, P_{np} - амплитуды соответственно падающей, отраженной и прошедшей волн.

Суммируя давление в каждой точке и учитывая синфазность колебаний, получим

$$p_{m'n'} = 4p_0 \cos(k_0 x \sin \theta \sin \alpha_1) \cos(k_0 y \sin \theta \cos \alpha_1).$$

Принимая во внимание заданные краевые условия, имеем

$$x = a; y = b;$$

$$k_0 a \sin \theta \sin \alpha_1 = m' \pi;$$

$$k_0 b \sin \theta \cos \alpha_1 = n' \pi.$$

Тогда форма распределения звукового давления определится как

$$p_{m'n'} = p_{0m'n'} \sin \frac{m' \pi x}{a} \sin \frac{n' \pi y}{b} \quad (2)$$

или как

$$p_{m'n'} = p_{0m'n'} \cos \frac{m' \pi x}{a} \cos \frac{n' \pi y}{b},$$

где $p_{0m'n'} = 4p_0$. Величины m', n' имеют непрерывные численные значения.

В случае воздействия на трехслойный элемент плоских волн диффузного звукового поля результирующее звуковое давление представится в виде бесконечного двойного ряда

$$p = \sum_{m'=0}^{\infty} \sum_{n'=0}^{\infty} p_{0m'n'} \sin \frac{m' \pi x}{a} \sin \frac{n' \pi y}{b}. \quad (3)$$

Смещение элемента представим в виде разложения в ряд по собственным функциям

$$\xi = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \xi_{mn} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b}; \quad m = 1, 2, \dots; \quad n = 1, 2, \dots \quad (4)$$

Отклик элемента будем характеризовать амплитудой смещения пластины. Кинетическую энергию колеблющейся материальной точки ограждающей конструкции запишем в виде

$$T_k = \frac{\mu}{2} \int_0^a \int_0^b \left[\frac{\partial \xi(x,y,t)}{\partial t} \right]^2 dx dy, \quad (5)$$

где функция собственных колебаний

$$\xi(xyt) = e^{i\omega t} \sum_{mn} \xi_{omn} \sin \frac{n \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} = e^{i\omega t} \xi(xy); \quad (6)$$

$$\frac{\partial \xi(xyt)}{\partial t} = i\omega e^{i\omega t} \xi(xy); \quad (7)$$

$$\left[\frac{\partial \xi(xyt)}{\partial t} \right]^2 = \omega^2 e^{2i\omega t} \xi^2(xy); \quad (8)$$

$$T_k = \frac{\mu \omega^2}{2} e^{2i\omega t} \sum \xi_{omn}^2 B_{mn}; \quad (9)$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{D}{2} \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial^2 \xi(xyt)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi(xyt)}{\partial y^2} \right) dx dy = \\ &= \frac{D}{2} \int_0^a \int_0^b \left[e^{i\omega t} \left(\frac{\partial^2 \xi(xy)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi(xy)}{\partial y^2} \right) \right]^2 dx dy = \end{aligned}$$

$$= \frac{D}{2} e^{2i\omega t} \sum \left[\left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 \right]^2 \xi_{omn}^2 \bar{B}_{mn}; \quad (10)$$

$$V_n = \frac{D\pi^4}{2} e^{2i\omega t} \sum \left[\left(\frac{m}{a} \right)^2 + \left(\frac{n}{b} \right)^2 \right]^2 \xi_{omn}^2 B_{mn}. \quad (11)$$

Если учесть $\omega_{mn} = \pi^2 \sqrt{\frac{D}{\mu} \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)}$, то

$$\omega_{mn}^2 = \frac{D\pi^4}{\mu} \left[\left(\frac{m}{a} \right)^2 + \left(\frac{n}{b} \right)^2 \right]^2. \quad (12)$$

Потенциальная энергия заданной конструкции определяется как

$$V_n = \frac{\mu}{2} e^{2i\omega t} \sum \omega_{mn}^2 \xi_{omn}^2 B_{mn}. \quad (13)$$

Звуковое давление равно

$$p = e^{i\omega t} \sum_{m_0 n_0} p_{0m_0 n_0} \sin \frac{m_0 \pi x}{a} \sin \frac{n_0 \pi y}{b}. \quad (14)$$

Тогда работа внешних сил будет определена как

$$W = e^{2i\omega t} \sum_{mn} \sum_{m_0 n_0} \xi_{omn} p_{0m_0 n_0} B, \quad (15)$$

где
$$B = \int_0^a \int_0^b \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{m_0 \pi x}{a} \sin \frac{m_0 \pi y}{b} \sin \frac{n\pi y}{a} dx dy.$$

Рассмотрим работу диссипативных сил в виде

$$R_0 = \frac{\varphi}{2} \int_0^a \int_0^b W^2(xyt) dx dy. \quad (16)$$

Учитывая, что коэффициент диссипативных потерь в ограждающей конструкции определится соотношением

$$\varphi = i\mu \omega_{mn}^2 \eta, \quad (17)$$

где η - коэффициент внутренних потерь;

$$\omega_{mn} = \pi^2 \sqrt{\frac{D}{\mu} \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)}. \quad (18)$$

Имеем

$$R_0 = \frac{i\mu \eta}{2} e^{2i\omega t} \sum_{mn} \omega_{mn}^2 \xi_{omn}^2 B_{mn}. \quad (19)$$

Подставляя полученные выражения в уравнение Остроградского - Гамильтона, получаем

$$\frac{\partial}{\partial \xi_{mn}} \int_{t_1}^{t_2} \left\{ \sum \frac{\mu}{2} [\omega^2 - \omega_{mn}^2 (1 + i\eta)] \xi_{omn}^2 B_{mn} + \sum \xi p_{0m_0 n_0} B \right\} \times \cos^2 \omega t dt = 0. \quad (20)$$

Интегрируя выражение (20) за четверть периода, получаем

$$\frac{\partial}{\partial \xi_{mn}} \left\{ \sum \frac{\mu}{2} [\omega^2 - \omega_{mn}^2 (1 + i\eta)] \xi_{omn}^2 B_{mn} + \sum_m \sum_{m_0} \xi_{omn} p_{0m_0 n_0} B \right\} = 0; \quad (21)$$

$$\sum_{mn} \sum_{m_0 n_0} \left\{ \mu [\omega^2 - \omega_{mn}^2 (1 + i\eta)] \xi_{omn}^2 B_{mn} + p_{0m_0 n_0} B \right\} = 0. \quad (22)$$

Отсюда, для каждого набора $m_1 n_1, m_0 n_0$, получаем значения амплитуды колебаний

$$\xi_{omn} = \frac{p_{0m_0 n_0} B}{\mu [\omega_{mn}^2 (1 + i\eta) - \omega^2] B_{mn}}. \quad (23)$$

В качестве величины, определяющей связь поля звуковой волны и волнового поля собственных колебаний элемента, можно ввести так называемую характеристику самосогласования звукового поля и поля собственных колебаний выбранной конструкции [4]

$$A = \frac{B}{B_{mn}}; \quad (24)$$

$$A = \frac{\int_0^a \int_0^b \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \sin \frac{m_0 \pi x}{a} \sin \frac{n_0 \pi y}{b} dx dy}{\int_0^a \int_0^b \sin^2 \frac{m_0 \pi x}{a} \sin^2 \frac{n_0 \pi y}{b} dx dy}. \quad (25)$$

Из соотношения (23) следует, что данное уравнение зависит от соотношения чисел m, n, m', n' . Видно, что от этого соотношения зависит также и численное значение амплитуды колебаний элемента.

Возможны следующие случаи соотношения индексов m, m', n, n' [4].

$$\left. \begin{matrix} m = m' \\ n = n' \end{matrix} \right\}; \quad (26)$$

$$\left. \begin{matrix} m = m' \\ n \neq n' \end{matrix} \right\} a \quad \left. \begin{matrix} m \neq m' \\ n = n' \end{matrix} \right\} b \quad \left. \begin{matrix} m \neq m' \\ n \neq n' \end{matrix} \right\}; \quad (27)$$

$$\left. \begin{matrix} m \neq m' \\ n \neq n' \end{matrix} \right\}. \quad (28)$$

Рассматривая первое соотношение индексов $m = m', n = n'$ (29), соответствующее случаю полного пространственного резонанса, получаем для каждой пары индексов m, n

$$\xi_{m,n} = \frac{P_{0mn}}{\mu [\omega_{mn}^2 (1 + i\eta_n) - \omega^2]}. \quad (30)$$

Зависимость (30) представляет собой отклик элемента на mn -й форме ее собственных колебаний.

Рассматривая случай соотношения индексов $m = m', n = n'$ (30 а), то есть случай неполного пространственного резонанса, при котором точно совпадают узловые линии $m'n'$ -й формы распределения звукового давления с узловыми линиями mn -й формы колебаний элемента только в направлении оси ox , получим выражение смещения элемента, соответствующее трем индексам m, n, n'

$$\xi_{m(n)} = \frac{p_{0mn'} \cdot 2n \sin n'_{mn_0} \pi}{\mu [\omega_{mn_0}^2 (1 + i\eta_n) - \omega^2] \pi (n^2 - n'^2_{mn_0})}. \quad (31)$$

Из равенства (31) видно, что отклик элемента $\xi_{m(n)}$ будет иметь наибольшее значение, когда $\sin n'_{mn_0} \pi = \pm 1$. Это возможно при $n'_{mn_0} = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$

Случай $n'_{m_0} = \frac{1}{2}$ соответствует амплитуде смещения на наиболее низкой частоте, когда впервые удовлетворится требование (27 а).

В этом случае

$$\xi_{m_0} = \frac{P_{m'n'}}{\mu [\omega_{m_0}^2 (1 + i\eta_n) - \omega^2]} \cdot \frac{8n}{\pi(4n^2 - 1)}. \quad (32)$$

Если узловые линии $m'n'$ -й формы распределения звукового давления в плоскости элемента точно соответствуют узловым линиям mn -й формы распределения ее смещений только в направлении оси ou , то

$$\xi_{m_0 n=1} = \frac{P_{m'n}}{\mu [\omega_{m_0 n}^2 (1 + i\eta_n) - \omega^2]} \cdot \frac{8m}{\pi(4m^2 - 1)}. \quad (33)$$

Третий случай (28) – случай несоответствия формы возмущающего усилия mn -й форме колебания элемента. Такое соотношение индексов $m \neq m'$, $n \neq n'$ возможно, когда нет совпадения волновых характеристик звукового поля и волновых параметров вибрационного поля элемента ни по одному из направлений (область простых пространственных резонансов).

Следовательно, в случае простых резонансов амплитуда колебаний элемента будет вычисляться по формуле

$$\xi_{m_0 n_0} = \frac{p_{0m'n'} \cdot 4mn \sin m'\pi \sin n'\pi}{\mu [\omega_{m_0 n_0}^2 (1 + i\eta_n) - \omega^2] \pi^2 (m^2 - m_{m_0 n_0}'^2) (n^2 - n_{m_0 n_0}'^2)}. \quad (34)$$

Принимая значения $m' = \frac{1}{2}$; $n' = \frac{1}{2}$ из возможных значений $m' = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$ $n' = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$, имеем

$$\xi_{m_0 n_0} = \frac{p_{0m'n'} \cdot 64nm}{\mu [\omega_{m_0 n_0}^2 (1 + i\eta_n) - \omega^2] \pi^2 (4m^2 - 1)(4n^2 - 1)}. \quad (35)$$

Из анализа полученных соотношений следует, что условия прохождения звука через трехслойный элемент с учетом его конечных размеров будут различны. Величина прохождения звука будет наибольшей в условиях пространственных резонансов, пониженной - в условиях неполного пространственного резонанса и еще более низкой - в области простого резонанса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 106269 РФ. Звукоизолирующая панель с вибродемпфирующими слоями / А.А. Кочкин; заявл. 30.11.2010. Опубл. 10.07.2011. Бюл. № 19.
2. Бобылев, В.Н. Резервы повышения звукоизоляции однослойных ограждающих конструкций [Текст]: монография / В.Н. Бобылев, Д.В. Мониц, В.А. Тишков, П.А. Гребнев. – Н.Новгород, 2014.
3. Гусев, В.П. Инженерный метод расчета шума в пространствах подвесных потолков с воздуховодами [Текст] / В.П. Гусев, В.И. Леденев, И.В. Матвеева, Т.С. Яровая // Строительство и реконструкция. – 2015. – №4(60). – С. 10-15.
4. Антонов, А.И. Методы расчета уровней прямого звука, излучаемого плоскими источниками шума в городской застройке [Текст] / А.И. Антонов, В.И. Леденев, Е.О. Соломатин, В.П. Гусев // Жилищное строительство. – 2013. – № 6. – С. 13-15.
5. Осипов, Л.Г. Звукоизоляция и звукопоглощение [Текст] / Л.Г. Осипов, В.Н. Бобылев, Л.А. Борисов. – М.: ООО «Издательство АСТ», ООО «Издательство Апрель», 2004. – 450 с.
6. Свидетельство № 2011610940 о государственной регистрации программы для ЭВМ. Расчет звукоизоляции трехслойных панелей с промежуточным вибродемпфирующим слоем / А.А. Кочкин. Заявка №2010617526; дата поступл. 30.11.2010; зарег. 25.01.2011.
7. Кочкин, А.А. Проектирование звукоизоляции слоистых вибродемпфированных панелей на основе гипсоволокнистых листов [Текст] // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3. – Т.1. – С. 93–96.

8. Кочкин, А.А. Создание экологичной звуковой среды в зданиях с использованием звукоизолирующих слоистых ограждений с вибропоглощением [Текст] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – Т. 13. – № 1 (8). – С. 2098–2101.
9. Бобылев, В.Н. Резерв повышения звукоизоляции перегородок из пазогребневых гипсовых плит [Текст] / В.Н. Бобылев, А.В. Тишков, П.А. Гребнев, Д.В. Монич // Приволжский научный журнал. – 2015. – №4 (36). – С. 41-45.
10. Дымченко, В.В. Повышение звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок путем применения рациональной конструкции стоечных профилей [Текст] / В.В. Дымченко, Д.В. Монич // Приволжский научный журнал. – 2014. – №3 (31). – С. 48-52.
11. Гребнев, П.А. Исследование звукоизолирующих свойств бескаркасных ограждающих конструкций из сэндвич-панелей [Текст] / П.А. Гребнев, Д.В. Монич // Приволжский научный журнал. – 2014. – №3 (31). – С. 53-58.
12. Гребнев, П.А. Исследование звукоизолирующих свойств многослойных ограждений с жестким заполнителем [Текст] / П.А. Гребнев, Д.В. Монич // Жилищное строительство. – 2012. – № 6. – С. 50-51.
13. Лелюга, О.В. Исследование звукоизолирующей способности облегченных перегородок [Текст] / О.В. Лелюга, С.Н. Овсянников // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 5 (46). – С. 98-105.
14. Старцев, О.В. Теоретические и экспериментальные исследования звукоизоляции перегородок [Текст] / О.В. Старцев, С.Н. Овсянников // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 2 (39). – С. 176-184.
15. Старцев, О.В. Исследование звукоизоляции однослойных и двухслойных перегородок [Текст] / О.В. Старцев, С.Н. Овсянников, // Жилищное строительство. – 2012. – № 6. – С. 43-46.
16. Антонов, А.И. Метод расчета шума в квартирах с ячейковыми системами планировки [Текст] / А.И. Антонов, О.А. Жоголева, В.И. Леденев, И.Л. Шубин // Жилищное строительство. – 2013. – № 7. – С. 33-35.
17. Антонов, А.И. Метод расчета шумового режима в зданиях с коридорными системами планировки [Текст] / А.И. Антонов, О.А. Жоголева, В.И. Леденев // Строительство и реконструкция. – 2013. – № 3 (47). – С. 28-32.

Александр Александрович Кочкин

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», г. Вологда
Д.т.н., декан инженерно-строительного факультета
E-mail: vol.nikit@inbox.ru

Игорь Любимович Шубин

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» НИИСФ РААСН, Москва
Д.т.н., директор института

Никита Александрович Кочкин

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» НИИСФ РААСН, Москва
Аспирант
E-mail: vol.nikit@inbox.ru

A. KOCHKIN, I. SHUBIN, N. KOCHKIN

**ON THE PASSAGE AND RADIATION OF SOUND
IN LAYERED VIBRODAMPING ELEMENTS**

Passing of a sound through a layered element taking into account its finite sizes in different frequency ranges restricted to certain resonances on the basis of the theory about self-coordination of a sound field of space and a vibrational field of an element is considered. Own functions of a three-layer hinge and supported element with the interfacial vibrodamping layer and expressions for amplitude of forced oscillations of an element in different frequency ranges are received. In case of research of conditions of passing of a sound through an element taking into account its dot sizes it is set that a level of passing of a sound the greatest in case of PPR, smaller in case of NPR and lower in the field of PrPR.

Keywords: sound pressure, self-consistency, sound field, private stake-lations structures.

BIBLIOGRAPHY

1. Patent 106269 RF. Zvukoizoliruyushchaya panel' s vibrodempfiruyushchimi sloyami / A.A. Kochkin; za-yavl. 30.11.2010. Opubl. 10.07.2011. Byul. № 19.
2. Bobylev, V.N. Rezervy povysheniya zvukoizolyatsii odnosloynnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Tekst]: monografiya / V.N. Bobylev, D.V. Monich, V.A. Tishkov, P.A. Grebnev. – N.Novgorod, 2014.
3. Gusev, V.P. Inzhenernyy metod rascheta shuma v prostranstvakh podvesnykh potolkov s vozdukhovoda-mi [Tekst] / V.P. Gusev, V.I. Ledenev, I.V. Matveyeva, T.S. Yarovaya // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2015. – №4(60). – S. 10-15.
4. Antonov, A.I. Metody rascheta urovney pryamogo zvuka, izluchayemogo ploskimi istochnikami shuma v gorodskoy zastroyke [Tekst] / A.I. Antonov, V.I. Ledenev, Ye.O. Solomatin, V.P. Gusev // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2013. – № 6. – S. 13-15.
5. Osipov, L.G. Zvukoizolyatsiya i zvukopogloshcheniye [Tekst] / L.G. Osipov, V.N. Bobylev, L.A. Borisov. – M.: OOO «Izdatel'stvo AST», OOO «Izdatel'stvo Aprel'», 2004. – 450 s.
6. Svidetel'stvo № 2011610940 o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM. Raschet zvuko-izolyatsii trekhsloynnykh paneley s promezhutochnym vibrodempfiruyushchim sloyem / A.A. Kochkin. Zayavka №2010617526; data postupl. 30.11.2010; zareg. 25.01.2011.
7. Kochkin, A.A. Proyektirovaniye zvukoizolyatsii sloistykh vibrodempfirovannykh paneley na osnove gipsovolknistykh listov [Tekst] // Vestnik MGSU. – 2011. – № 3. – T.1. – S. 93–96.
8. Kochkin, A.A. Sozdaniye ekologichnoy zvukovoy sredy v zdaniyakh s ispol'zovaniyem zvukoizoliruyushchikh sloistykh ograzhdeniy s vibropogloshcheniyem [Tekst] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2011. – T. 13. – № 1 (8). – S. 2098–2101.
9. Bobylev, V.N. Rezerv povysheniya zvukoizolyatsii peregorodok iz pazogrebnykh gipsovykh plit [Tekst] / V.N. Bobylev, A.V. Tishkov, P.A. Grebnev, D.V. Monich // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. – 2015. – №4 (36). – S. 41-45.
10. Dymchenko, V.V. Povysheniye zvukoizolyatsii karkasno-obshivnykh peregorodok putem primeneniya ratsional'noy konstruksii stoyechnykh profiley [Tekst] / V.V. Dymchenko, D.V. Monich // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. – 2014. – №3 (31). – S. 48-52.
11. Grebnev, P.A. Issledovaniye zvukoizoliruyushchikh svoystv beskarkasnykh ograzhdayushchikh konstruksiy iz sendvich-paneley [Tekst] / P.A. Grebnev, D.V. Monich // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. – 2014. – №3 (31). – S. 53-58.
12. Grebnev, P.A. Issledovaniye zvukoizoliruyushchikh svoystv mnogoslownnykh ograzhdeniy s zhestkim zapolnitelem [Tekst] / P.A. Grebnev, D.V. Monich // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2012. – № 6. – S. 50-51.
13. Lelyuga, O.V. Issledovaniye zvukoizoliruyushchey sposobnosti oblegchennykh peregorodok [Tekst] / O.V. Lelyuga, S.N. Ovsyannikov // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universite-ta. – 2014. – № 5 (46). – S. 98-105.
14. Startsev, O.V. Teoreticheskiye i eksperimental'nyye issledovaniya zvukoizolyatsii peregorodok [Tekst] / O.V. Startsev, S.N. Ovsyannikov // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2013. – № 2 (39). – S. 176-184.
15. Startsev, O.V. Issledovaniye zvukoizolyatsii odnosloynnykh i dvukhsloynnykh peregorodok [Tekst] / O.V. Startsev, S.N. Ovsyannikov, // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2012. – № 6. – S. 43-46.
16. Antonov, A.I. Metod rascheta shuma v kvartirakh s yacheykovymi sistemami planirovki [Tekst] / A.I. Antonov, O.A. Zhogoleva, V.I. Ledenev, I.L. Shubin // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2013. – № 7. – S. 33-35.
17. Antonov, A.I. Metod rascheta shumovogo rezhima v zdaniyakh s koridornymi sistemami planirovki [Tekst] / A.I. Antonov, O.A. Zhogoleva, V.I. Ledenev // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2013. – № 3 (47). – S. 28-32.

Alexander Kochkin

Vologda State University, Vologda

Doctor of Tech. Sciences, prof., head of the Department of Industrial and Urban Construction

E-mail: vol.nikit@inbox.ru**Igor Shubin**

Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow

Doctor of Tech. Sciences, prof., director of NIISF RAASN

Nikita Kochkin

Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow

Post-graduate student

E-mail: vol.nikit@inbox.ru

КУЗНЕЦОВА Н.В., СЕЛЕЗНЕВ А.Д., ЯКОВЛЕВ Д.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ НА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Производилось исследование влияния технологических параметров смешивания компонентов смеси на физико-механические характеристики древесно-цементных материалов с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности (опилки, стружка). Предлагается использовать для смешивания компонентов вибровращательную мельницу периодического действия. Показано, что наибольшее влияние на коэффициент теплопроводности, плотность и прочность оказывают следующие технологические параметры: время и скорость вращения барабана. Влияние этих параметров на характеристики древесно-цементного материала исследовалось для трех составов смесей с различными соотношениями компонентов (песка, опилок, цемента). Путем подбора оптимальных режимов возможно получение древесно-цементных материалов, различных по своим физико-техническим характеристикам: конструкционных (с высокой прочностью) или теплоизоляционных (с низким коэффициентом теплопроводности). Использование предложенной технологии изготовления позволяет утилизировать значительные объемы отходов деревообрабатывающей промышленности.

Ключевые слова: древесно-цементный материал, физико-механические характеристики, вибровращательная шаровая мельница, режимы диспергирования.

В России более половины ежегодных заготовок древесины направляется на нужды строительства. Анализ потребления древесины показывает, что ее заготовка и переработка сопровождаются огромными потерями. Согласно [1] в деревообрабатывающей промышленности образуется до 33 % отходов от объема используемого сырья в виде опилок и стружки. В настоящее время эти отходы используются в производстве таких строительных материалов, как арболит, фибролит и опилкобетон [2, 3]. Они имеют невысокую стоимость производства и просты в изготовлении по сравнению с другими теплоизоляционными материалами. Однако есть и существенные недостатки: перерасход вяжущего на 1 м³ конечной продукции, большое количество открытых пор, высокое водопоглощение [4, 5]. Данные недостатки в основном связаны с недостаточно качественным перемешиванием компонентов, разнородных по дисперсности, удельной поверхности частиц и насыпной плотности. В таком случае очень важно подобрать технологический режим, при котором обеспечивается наиболее равномерное распределение частиц цемента в объеме смеси, что способствует образованию замкнутых пор, снижению водопоглощения, улучшению теплозащитных характеристик и прочности материала.

Целью настоящего исследования является изучение влияния параметров технологического процесса на конечные свойства древесно-цементного материала.

К основным недостаткам древесного заполнителя относится его химическая активность. В составе всех органических отходов растительного происхождения содержится много растворимых водой веществ, из которых самыми вредными для цемента являются водорастворимые экстрактивные и легкогидролизуемые вещества (сахара). Для их устранения древесное сырье рекомендуют выдерживать на открытом воздухе или же обрабатывать органический заполнитель растворами электролитов [6].

Для изготовления композиционных строительных материалов в качестве вяжущего используется портландцемент (ГОСТ 10178-85), заполнителями служат кварцевый песок (ГОСТ 8736-93), отходы деревообрабатывающей промышленности (древесная стружка) и различные добавки [7, 8]. В качестве заполнителя так же возможно применение опилок со стружкой (соотношение 1:1 или 1:2), щепы, опилок со стружкой и щепой (соотношение 1:1:1). Пропорции даны по объему.

Традиционные способы смешивания компонентов материала не позволяют достичь требуемых значений прочности. Предлагается способ улучшения характеристик получаемого композитного материала за счет применения для измельчения и смешивания компонентов вибровращательной мельницы периодического действия [9]. Смесь сначала перемешивается в течение 5 минут механическим способом, а затем помещается в вибровращательную шаровую мельницу периодического действия. При этом большую роль играет время перемешивания t , мин, в мельнице и скорость вращения барабана v , об/мин. Влияние технологических параметров на характеристики древесно-цементного материала исследовалось для трех составов смесей (табл. 1).

Таблица 1 – Состав диспергируемой смеси

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
П / Ц – 0,5	П / Ц – 2	П / Ц – 3
О / Ц – 0,75	О / Ц – 1	О / Ц – 1,5
В / Ц – 1,2	В / Ц – 1,7	В / Ц – 1,75

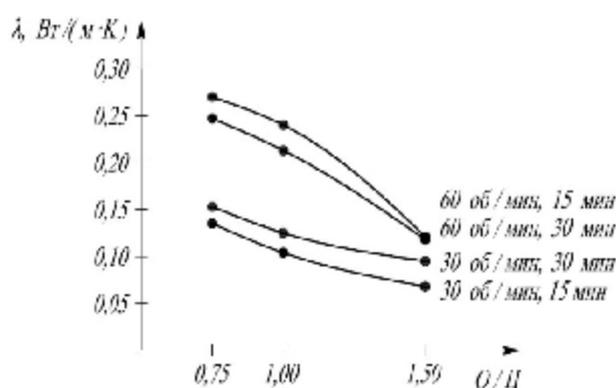


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента теплопроводности λ (лямбда), Вт/(м·К), древесно-цементного материала от технологических параметров смешивания компонентов и состава смеси

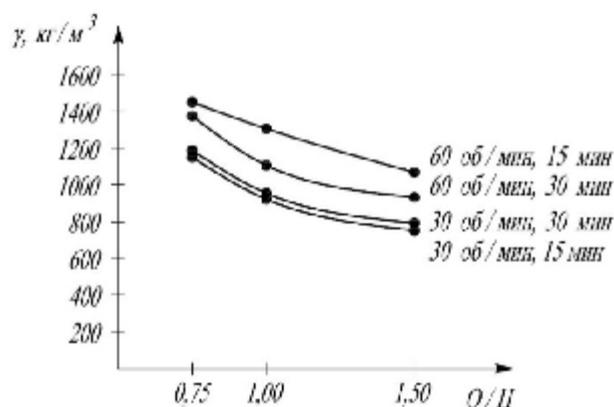


Рисунок 2 – Зависимость плотности γ (гамма), кг/м³, древесно-цементного материала от технологических параметров смешивания компонентов и состава смеси

Из графиков видно, что большое влияние на характеристики материала оказывает скорость вращения барабана v , об/мин, при которой производится диспергирование смеси. При $v = 60$ об/мин коэффициент теплопроводности (рис. 1), плотность (рис 2.) и прочность (рис. 3) полученных образцов значительно повышаются относительно образцов, у которых диспергирование производилось $v = 30$ об/мин. Например, при первом варианте соотношений компонентов смеси (П/Ц–0,5; О/Ц–0,75; В/Ц–1,2) прочность образцов увеличилась в 4,5 раза (с 0,8 до 3,6 МПа) при увеличении скорости вращения барабана, но при этом коэффициент теплопроводности увеличился в 2 раза (с 0,14 до 0,28 Вт/м·К).

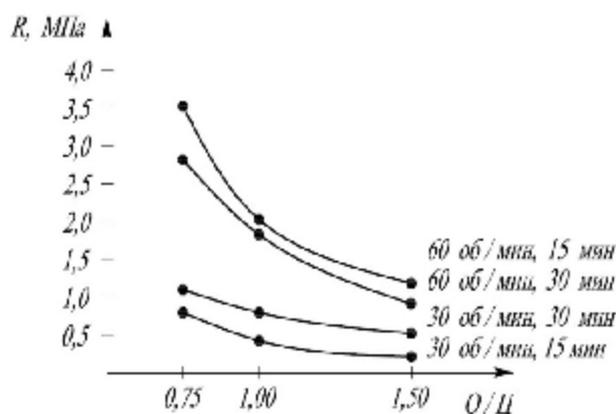


Рисунок 3 – Зависимость прочности R , МПа, древесно-цементного материала от технологических параметров смешивания компонентов и состава смеси

Также на физико-механические характеристики напрямую влияет время диспергирования t , мин. Коэффициент теплопроводности, плотность и прочность полученных образцов увеличиваются при увеличении времени смешивания, t , мин, с 15 до 30 минут при $\nu = 30$ об/мин. В тоже время, эти показатели принимают более высокие значения при $t = 15$ мин и $\nu = 60$ об/мин, а при $t = 30$ мин заметно уменьшение показателей, например, прочность образцов с первым вариантом соотношения компонентов уменьшается на 20%. Это объясняется тем, что при увеличении времени диспергирования происходит механическое разрушение образовавшихся структурных связей между частицами компонентов смеси.

Таким образом, использование в технологии изготовления образцов древесно-цементных материалов вибровращательной шаровой мельницы периодического действия, позволяет получить образцы с различными физико-механическими характеристиками. Для первого варианта соотношений компонентов смеси (П/Ц–0,5; О/Ц–0,75; В/Ц–1,2) при $\nu = 60$ об/мин и $t = 15$ мин, получается конструкционный материал с прочностью около 3,5 МПа. При увеличении соотношения О/Ц до 1,5 (вариант 3), $\nu = 30$ об/мин и $t = 15$ мин получается теплоизоляционный материал с малым значением коэффициента теплопроводности (0,075 Вт/м·К).

Изменение технологических режимов смешивания компонентов позволяет получать древесно-цементные материалы с широким диапазоном физико-механических характеристик. При изготовлении теплоизоляционных блоков в объеме 50 тыс. м³ в год на одном предприятии может быть утилизировано от 12,5 тыс. м³ до 17 тыс. м³ отходов деревообрабатывающей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. – М., 1999. – 65 с.
2. Андреев, А.А. Ресурсосбережение и использование отходов заготовки и переработки древесного сырья [Текст] // *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты*. – 2014. – № 10. – С. 148-155.
3. Ефремова, О.В. Особенности фазообразования древошлакового композиционного материала [Текст] / О.В. Ефремова, В.С. Грызлов, Б.Д. Свиридов // *Строительные материалы*. – 2013. – №1. – С. 66-68.
4. Горностаева, Е.Ю. Древесно-цементные композиции с модифицированной структурой на макро-, микро- и наноуровнях [Текст] / Е.Ю. Горностаева, И.А. Ласман, Е.А. Федоренко, Е.В. Камоза // *Строительные материалы*. – 2015. – №11. – С. 13-17.
5. Запруднов, В.И. Макроскопические свойства древесно-цементных композитов [Текст] / В.И. Запруднов, В.Г. Санаев // *Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник*. – 2012. – № 6 (89). – С. 168-171.
6. Лукутцова, Н.П. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями [Текст] / Н.П. Лукутцова, Е.Ю. Горностаева, Е.Г. Карпиков // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. – 2011. – № 3. – С. 21-23.
7. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции [Текст]. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.
8. Дворкин, Л.И. Проектирование составов бетонов с заданными свойствами [Текст] / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ровно: Издательство РГТУ, 1999. – 197 с.
9. Патент 2147931 С1, 7 В 02 С 17/06, 17/14, №98108314/03. Вибровращательная шаровая мельница / Чайников Н.А., Мозжухин А.Б., Жариков В.В.; Заявл. 28.04.1998. Опубл. 27.04.2000. Бюл. №12.

Наталья Владимировна Кузнецова

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), г. Тамбов
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Архитектура и строительство зданий»
E-mail: nata-kus@mail.ru

Артем Денисович Селезнев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), г. Тамбов
студент
E-mail: selezen95@yandex.ru

Дмитрий Алексеевич Яковлев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), г. Тамбов
студент
E-mail: redaktir@gmail.com

N. KUZNECOVA, A. SELEZNEV, D. YAKOVLEV

STUDY OF INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF MIXING OF COMPONENTS ON PHYSICOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF WOOD-CEMENT MATERIALS

The influence of technological parameters of the mixing components of the mixture on physical and mechanical properties of wood-cement materials with the use of wood waste (cuttings, wood wool). It is proposed to use vibro-rotational ball mill. It is shown that the following technological parameters have the greatest influence on the thermal conductivity, density and durability: time and roller speed. The influence of these parameters on the characteristics of wood-cement material was investigated for three compositions of mixtures with different ratios of the components (sand, cuttings, cement). By selecting the optimal mode it is possible to obtain wood-cement materials which are different in their physicotechnical characteristics: structural (high strength) and thermal insulation (low thermal conductivity). The use of the proposed technology allows to utilize significant amount of wood industry waste.

Key words: wood-cement material, physical and mechanical characteristics, vibro-rotational ball mill, dispersion modes.

BIBLIOGRAPHY

1. Gosudarstvennyy komitet Rossiyskoy Federatsii po okhrane okruzhayushchey sredy. Sbornik udel'nykh pokazateley obrazovaniya otkhodov proizvodstva i potrebleniya. – M., 1999. – 65 c.
2. Andreyev, A.A. Resursoberezheniye i ispol'zovaniye otkhodov zagotovki i pererabotki drevesnogo syr'ya [Tekst] // Fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya: problemy i rezul'taty. – 2014. – № 10. – S. 148-155.
3. Yefremova, O.V. Osobennosti fazoobrazovaniya drevoshlakovogo kompozitsionnogo materiala [Tekst] / O.V. Yefremova, V.S. Gryzlov, B.D. Sviridov // Stroitel'nyye materialy. – 2013. – №1. – S. 66-68.
4. Gornostayeva, Ye.YU. Drevesno-tsementnyye kompozitsii s modifitsirovannoy strukturoy na makro-, mikro- i nanourovnyakh [Tekst] / Ye.YU. Gornostayeva, I.A. Lasman, Ye.A. Fedorenko, Ye.V. Kamoza // Stroitel'nyye materialy. – 2015. – №11. – S. 13-17.
5. Zaprudnov, V.I. Makroskopicheskiye svoystva drevesno-tsementnykh kompozitov [Tekst] / V.I. Zaprudnov, V.G. Sanayev // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik. – 2012. – № 6 (89). – S. 168-171.
6. Lukutsova, N.P. Drevesno-tsementnyye kompozitsii s mineral'nymi mikronapolnitelyami [Tekst] / N.P. Lukutsova, Ye.YU. Gornostayeva, Ye.G. Karpikov // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. – 2011. – № 3. – S. 21-23.
7. Nanazashvili, I.KH. Stroitel'nyye materialy iz drevesno-tsementnoy kompozitsii [Tekst]. – L.: Sroyzdat, 1990. – 415 s.
8. Dvorkin, L.I. Proyektirovaniye sostavov betonov s zadannymi svoystvami [Tekst] / L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin. – Rovno: Izdatel'stvo RGTU, 1999. – 197 s.
9. Patent 2147931 S1, 7 V 02 S 17/06, 17/14, №98108314/03. Vibrovrashchatel'naya sharovaya mel'nitsa / Chaynikov N.A., Mozhukhin A.B., Zharikov V.V.; Zayavl. 28.04.1998. Opubl. 27.04.2000. Byul. №12.

Nataliya Kuznecova

Tambov State Technical University, Tambov
Associate Professor of "Architecture and construction of buildings"
E-mail: nata-kus@mail.ru

Artem Seleznev

Tambov State Technical University, Tambov
student
E-mail: selezen95@yandex.ru

Dmitry Yakovlev

Tambov State Technical University, Tambov
student
E-mail: redaktir@gmail.com

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Процессы реконструкции и рефункционализации промышленных зданий сопровождаются преобразованием (реновацией или капитальным ремонтом) ограждающих конструкций: стеновых ограждений, кровельных конструкций, гидро- и теплоизоляции подземных частей здания и полов, выполненных по грунту. Необходимость преобразования ограждающих конструкций в процессе реновации вызвана несоответствием ими современным строительным нормам по теплотехническим требованиям, архитектурно-конструктивными и эстетическими требованиями.

Основанием для выбора конструктивно-технологического решения преобразования ограждающих конструкций является технико-экономическое сравнение возможных вариантов с учетом организационно-технологических особенностей производства работ.

Существует ряд технологических процессов, сходных для основных возможных технологий преобразования ограждающих конструкций и ряд специфических процессов. Сформированная технологическая структура преобразования ограждающих конструкций позволяет оперативно прогнозировать номенклатуру работ в зависимости от выбранных конструктивных решений, что в свою очередь дает возможность сравнить относительные технико-экономические показатели разных конструктивно-технологических решений.

Ключевые слова: реконструкция и рефункционализация промышленных зданий, технологическая структура преобразования ограждающих конструкций.

Развитие городской планировочной и транспортной структур, ужесточение санитарно-гигиенических требований, экономическая нецелесообразность старых методов промышленного производства привели к необходимости реконструкции промышленных предприятий путем внедрения новых технологий, перебазировании производственных мощностей за пределы городской черты с освобождением целых производственных комплексов или прекращения производственной деятельности. Освобожденные таким образом здания и сооружения должны подвергаться полной или частичной рефункционализации – изменению назначения зданий, позволяющих использовать их в качестве жилых или административно-бытовых комплексов. Процессы реконструкции и рефункционализации промышленных зданий сопровождаются преобразованием (реновацией или капитальным ремонтом) ограждающих конструкций: стеновых ограждений, кровельных конструкций, гидро- и теплоизоляции подземных частей здания и полов, выполненных по грунту. В работе рассматриваются одноэтажные бесподвальные промышленные здания типовой застройки с железобетонным каркасом. Стеновые ограждения выполнены из навесных или самонесущих железобетонных панелей. Кровля представляет собой малоуклонную совмещенную невентилируемую систему, выполненную по сборным железобетонным плитам или профилированному настилу из полимерно-битумных мембран, в процессе эксплуатации подвергавшихся многократным ремонтам. Бетонные полы выполнены по уплотненному грунту.

Необходимость преобразования ограждающих конструкций в процессе реновации вызвана, в первую очередь, несоответствием ими современным строительным нормам по теплотехническим требованиям, архитектурно-конструктивными и эстетическими требованиями.

Исследования по решению задач оптимизации и рационализации организационно-технологических решений по преобразованию ограждающих конструкций промышленных зданий

осуществляется посредством анализа и обобщения конструктивных и организационно-технологических решений, нормативной базы, методических подходов и результатов исследований в данном проблемном поле. Выбор оптимальных решений зависит не только от вида преобразования (реновация или капитальный ремонт), но и от назначения и расположения ограждающих конструкций, выбранного конструктивного решения и ряда других факторов [4]. Несмотря на большое количество исследований [1-3] в области ремонта и усиления отдельных ограждающих конструкций (систем), отсутствует четкая система методик и рекомендаций по выбору оптимальных методов ремонта и устройства ограждающих конструкций в комплексе работ при реконструкции и рефункционализации промышленных предприятий.

Процессы реновации ограждающих конструкций стен и кровли, как правило, связаны с монтажом несущих конструкций для создания дополнительного объема (например, устройство мансардных помещений) и изменением конструктивного решения (например, устройство эксплуатируемой кровли). Капитальный ремонт ограждающих конструкций возможен как с модернизацией существующих конструкций (например, гидроизоляция фундаментов с применением дренажных систем), так и с изменением форм и свойств конструкции (например, устройство вентилируемого фасада) [5-8].

Общий принцип формирования технологической структуры процессов преобразования ограждающих конструкций (алгоритм принятия решения) для выбранного метода преобразования ограждающих конструкций представлен в виде блок-схемы (рисунок 1).

Основанием для выбора конструктивно-технологического решения преобразования ограждающих конструкций является технико-экономическое сравнение возможных вариантов с учетом организационно-технологических особенностей производства работ. Так, при реконструкции действующих предприятий помимо конструктивных решений решающими факторами являются сроки и стесненность условий производства работ, ограничение по свободным площадям для складирования материалов и огнеопасность производства. При рефункционализации объектов основным фактором является назначение объекта, влекущее за собой перепланировку, индивидуальные требования и рекомендации.

В процессе исследования выяснилось, что существует ряд технологических процессов, сходных для основных возможных технологий преобразования ограждающих конструкций. Большинство ограждающих конструкций промышленных зданий и сооружений при их реновации (капитальном ремонте) имеют высокую теплопроводность вследствие малой толщины теплоизоляции (или ее отсутствия) и нуждаются в устройстве теплоизоляционного слоя. Сопутствующими процессами при устройстве теплоизоляции конструкций являются устройство паро-, ветро- или гидроизоляционного и (или) разделительных слоев. От выбранного конструктивного решения утепления зависит последующая технология выполнения ограждающего гидроизоляционного слоя (например, утепление плоской кровли органическими материалами требует обязательного устройства разделительного слоя при выполнении гидроизоляции из полимерных или полимерно-битумных мембран).

Существуют специфические процессы [9, 10], связанные с специальными технологическими методами преобразования ограждающих конструкций (например, устройство дренажной системы фундаментов и эксплуатируемых кровель), которые также должны учитываться при выборе рационального организационно-технологического решения.

Рациональный комплекс технологических операций для различных методов реновации и капитального ремонта ограждающих конструкций промышленных зданий приведен в табл. 1.

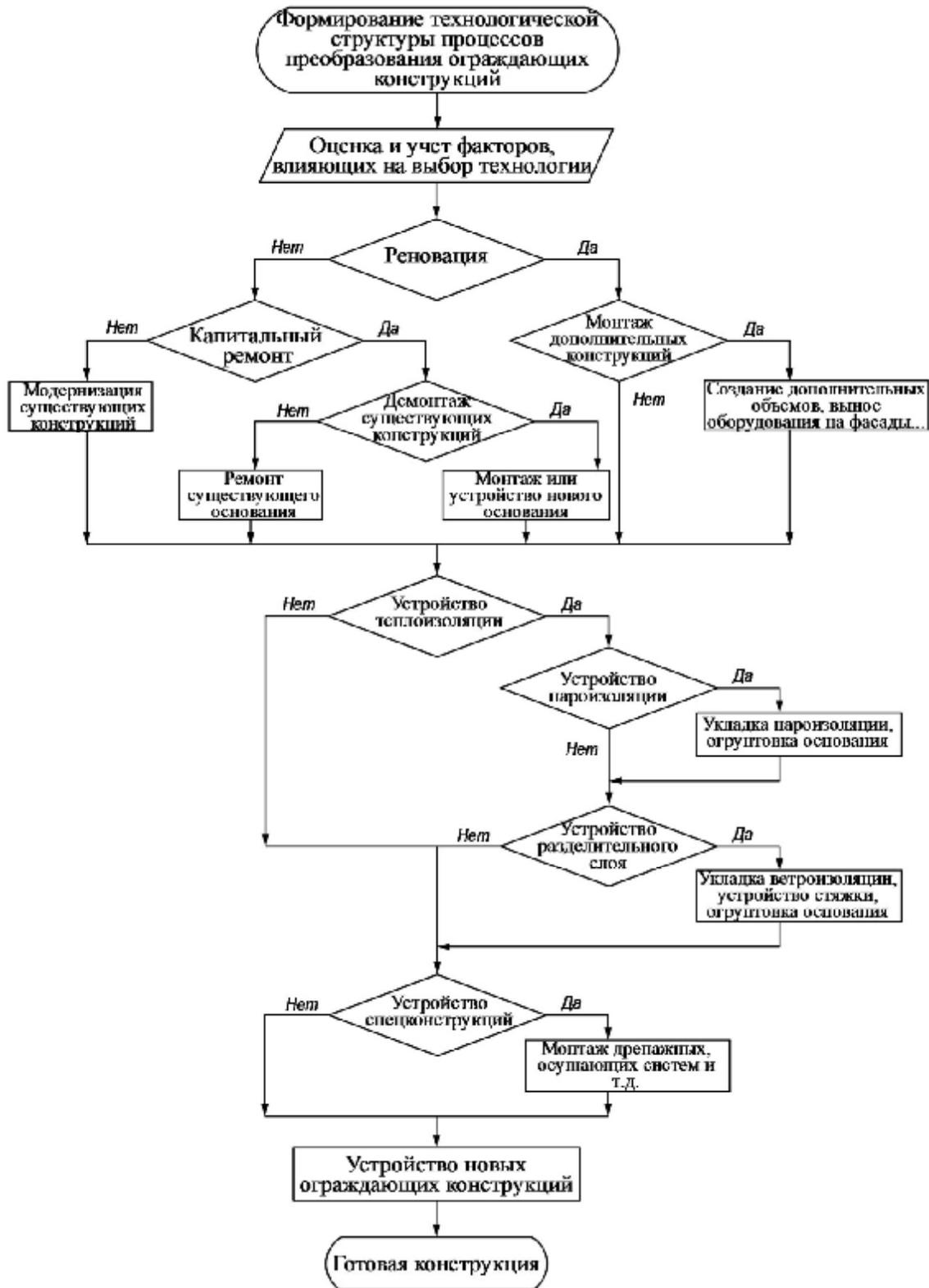


Рисунок 1 – Блок-схема формирования технологической структуры процессов преобразования ограждающих конструкций промышленных зданий

Таблица 1 – Рациональный комплекс технологических операций для различных методов реновации и капитального ремонта ограждающих конструкций промышленных зданий

№	Наименование технологических процессов	Преобразование ограждающих конструкций		
		стен	кровли	изоляции фундамен- тов, стен и пола
Капитальный ремонт				
1	Демонтаж конструкций или их элементов	+/-	+/-	+
2	Ремонт и очистка основания	+	+	+
3	Монтаж (устройство) нового основания	+/-	-	-
4	Устройство пароизоляционного слоя	+/-	+	+*
5	Устройство теплоизоляционного слоя	+	+	+
6	Устройство разделительного слоя	+/-	+/-	-
7	Устройство новых ограждающих (гидроизо- ляционных) конструкций	+	+	+
8	Устройство защитного слоя	-	-	+
Реновация				
9	Ремонт и очистка основания	-	+/-	+
10	Монтаж дополнительных конструкций	+	+/-	-
11	Устройство пароизоляционного слоя	+/-	+	+**
12	Устройство теплоизоляционного слоя	+	+	+/-
13	Устройство разделительного слоя	+/-	+/-	-
14	Устройство новых ограждающих (гидро- изоляционных) конструкций	+	+	+
15	Устройство защитного слоя	-	+***	+

«+» - возможно выполнение работ,

«-» - невозможно выполнение работ,

«+/-» - зависит от конструктивного решения ограждающих конструкций,

*- при выполнении гидро-, теплоизоляции фундаментов, стен подвала и пола изнутри помещения,

** - при выполнении гидро-, теплоизоляции фундаментов и стен подвала снаружи,

*** - при выполнении эксплуатируемых кровель.

Сформированная технологическая структура преобразования ограждающих конструкций позволяет оперативно прогнозировать номенклатуру работ в зависимости от выбранных конструктивных решений, что в свою очередь дает возможность сравнить относительные технико-экономические показатели разных конструктивно-технологических решений.

Так как существует большое количество конструктивно-технологических решений по преобразованию ограждающих конструкций при ремонте и рефункционализации промышленных зданий, необходимы дальнейшие исследования данной проблемы, позволившие выбрать рациональные методы производства работ с учетом всех факторов и требований к каждому отдельному объекту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт [Текст]: Учебное пособие. – М.: Издательство «СВ», 2012. - 312 с.
2. Савйовский, В.В. Ремонт и реконструкция гражданских зданий [Текст] / В.В. Савйовский, О.Н. Болотских – Харьков, Изд. Дом «Ватерпас», 1999. – 287 с.
3. Шихов, А.Н. Реконструкция гражданских и промышленных зданий [Текст] : монография / А.Н. Шихов.– Пермь: ИПЦ «Прокость», 2015. – 399 с.
4. Югов, А.М. Особенности преобразования ограждающих конструкций при реновации промышленных зданий [Текст] / А.М. Югов, В.А. Мазур // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис

модернизации и инновационного развития экономики: материалы IV Международной научно-практической конференции. 1-3 марта 2016г.: в 2ч., Ч. 1.; под ред. Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. – Томск: Изд-во Том. Гос. архит.-строит. ун-та, 2016 – 1084 с. – Ч. 1. – 557-562 с.

5. Реконструкция промышленных предприятий [Текст] / В.Д. Топчий, Р.А. Гребевник, В.Г. Клименко и др.; под ред. В.Д. Топчия. – М.: Стройиздат, 1999. – 623 с.

6. Реконструкция промышленных предприятий [Текст]: Справочник строителя. Т.1. – М., 1990. – 89 с.

7. Шихов, А.Н. Реконструкция, усиление и повышение изоляционных качеств гражданских зданий [Текст]: учебное пособие / А.Н. Шихов, Д.А. Шихов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 244 с.

8. Шихов, А.Н. Усиление и повышение изоляционных качеств несущих и ограждающих конструкций при реконструкции промышленных зданий [Текст]: учебное пособие / А.Н. Шихов, Д.А. Шихов. – Пермь: Изд-во: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2010. – 239 с.

9. Теличенко, В.И. Технология строительных процессов [Текст]: учебник в 2 ч. Ч.1. / В.И. Теличенко, А.А. Лapidус, О.М. Терентьев. – М.: Высш. шк., 2002. – 392 с.

10. Теличенко, В.И. Технология возведения зданий и сооружений [Текст]: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. / В.И. Теличенко, А.А. Лapidус – М.: Высш. шк., 2004. – 446 с.

Виктория Александровна Мазур

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Украина, Донецкая обл., г. Макеевка
к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии и организации строительства
E-mail: a_mazur@ukr.net

V. MAZUR

**FORMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS STRUCTURE
TRANSFORMATION OF WALLING IN THE RECONSTRUCTION
AND REFUNCTIONALIZATION INDUSTRIAL BUILDINGS**

The process of reconstruction and refunctionalization industrial buildings accompanied by the transformation (renovation or major repair) walling: Steno-out fencing, roofing, hydro - and thermal insulation of underground parts of buildings and floors, made on the ground. The need to transform walling in the renovation process caused by the mismatch of their current building regulations for TEP-lateinischen requirements, architectural design and aesthetic requirements. The basis for selecting technological solutions convert walling is a technical and economic comparison of possible variants taking into account organizational and technological features of manufacture of works. There are a number of technological processes, similar to the main potential technologies for the conversion of walling and a number of specific processes. Formed technological conversion structure walling allows you to quickly predict the range of work, depending on the selected design solutions, which in turn gives you the opportunity to compare the relative technical and economic performance of different technological solutions.

Keywords: reconstruction and refunctionalisation of industrial buildings, technological structure conversion walling.

BIBLIOGRAPHY

1. Ivanov, YU.V. Rekonstruktsiya zdaniy i sooruzheniy: usileniye, vosstanovleniye, remont [Tekst]: Uchebnoye posobiye. – М.: Izdatel'stvo «SV», 2012. - 312 s.

2. Savyovskiy, V.V. Remont i rekonstruktsiya grazhdanskikh zdaniy [Tekst] / V.V. Savyovskiy, O.N. Bolotskikh – Khar'kov, Izd. Dom «Vaterpas», 1999. – 287 s.

3. Shikhov, A.N. Rekonstruktsiya grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniy [Tekst] : monografiya / A.N. Shikhov. – Perm': IPTS «Prokrost», 2015. – 399 s.

4. Yugov, A.M. Osobennosti preobrazovaniya ograzhdayushchikh konstruksiy pri renovatsii promyshlennykh zdaniy [Tekst] / A.M. Yugov, V.A. Mazur // Investitsii, stroitel'stvo, nedvizhimost' kak material'nyy bazis modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya ekonomiki: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 1-3 marta 2016g.: v 2ch., CH. 1.; pod red. T.YU. Ovsyannikovoy, I.R. Salagor. – Tomsk: Izd-vo Tom. Gos. arkhiv.-stroit. un-ta, 2016 – 1084 s. – CH. 1. – 557-562 s.
5. Rekonstruktsiya promyshlennykh predpriyatii [Tekst] / V.D. Topchiy, R.A. Grebevnik, V.G. Klimenko i dr.; pod red. V.D. Topchiya. – M.: Stroyizdat, 1999. – 623 s.
6. Rekonstruktsiya promyshlennykh predpriyatii [Tekst]: Spravochnik stroitelya. T.1. – M., 1990. – 89 s.
7. Shikhov, A.N. Rekonstruktsiya, usileniye i povysheniye izolyatsionnykh kachestv grazhdanskikh zdaniy [Tekst]: uchebnoye posobiye / A.N. Shikhov, D.A. Shikhov. – Perm': Izd-vo Perm. gos. tekhn. un-ta, 2008. – 244 s.
8. Shikhov, A.N. Usileniye i povysheniye izolyatsionnykh kachestv nesushchikh i ograzhdayushchikh konstruksiy pri rekonstruktsii promyshlennykh zdaniy [Tekst]: uchebnoye posobiye / A.N. Shikhov, D.A. Shikhov. – Perm': Izd-vo: FGBOU VPO Permskaya GSKHA, 2010. – 239 s.
9. Telichenko, V.I. Tekhnologiya stroitel'nykh protsessov [Tekst]: uchebnik v 2 ch. CH.1. / V.I. Telichenko, A.A. Lapidus, O.M. Terent'yev. – M.: Vyssh. shk., 2002. – 392 s.
10. Telichenko, V.I. Tekhnologiya vozvedeniya zdaniy i sooruzheniy [Tekst]: uchebnik. 2-ye izd., pererab, i dop. / V.I. Telichenko, A.A. Lapidus – M.: Vyssh. shk., 2004. – 446 s.

Viktoriya Mazur

Donbass national academy of building and architecture, Ukraine, Donetskaya region, Makeevka

Candidate of Tech. Sciences, associated prof., associated prof. of the building technologies and organization department

E-mail: a_mazur@ukr.net

УДК 697.133

НЕКЛЮДОВ А.Ю., ЖАБЕЛОВ А.Ж., САВИНА А.В., АСТАНИНА О.В.,
МАРКЕЛОВ А.О., СТЕПАНЕНКО Ю.Е.

УГЛОВАЯ ПОПРАВКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТРАНСМИССИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕМЕНТНОГО ПОДХОДА

В статье рассмотрена угловая поправка для расчета трансмиссионных тепловых потерь (через ограждающие конструкции). Показан вывод формулы, устанавливающей влияние на величину поправки критерии по способу «кроме того». Выполнены расчеты угловых поправочных коэффициентов для типового жилого многоквартирного здания и общественного здания – аквапарка. Для обоих рассмотренных случаев показан примерный диапазон величин угловой поправки, а также возможность применения формулы для определения доли влияния иных теплопроводных элементов – составляющих теплозащитной оболочки здания.

Ключевые слова: трансмиссионные тепловые потери, элементный подход, матричный метод, поправочный коэффициент

1. Введение

В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» используется элементный подход, который при определении теплозащитных свойств ограждающих конструкции учитывает весь характерный для рассматриваемой конструкции набор теплопроводных включений. Узел сопряжения стеновых конструкций, так называемый «угол», учитывается при определении приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции как линейное теплопроводное включение. Таким образом, при определении тепловых потерь через ограждающие конструкции для определения нагрузок на системы отопления помещений поправочный коэффициент на угловое помещение вводить не требуется.

Для инженерных расчетов без подобной поправки необходимо оценить величину теплового потока через линейную теплотехническую неоднородность – угол, т.к. важно оценить фактический вклад узла сопряжения стеновых конструкций в трансмиссионные тепловые потери помещений здания.

2. Расчет угловой поправки

Для того, чтобы оценить величину рассматриваемого поправочного коэффициента необходимо рассчитать тепловые потери через углы и общие трансмиссионные тепловые потери угловых помещений. Затем из отношения (1) тепловых потерь через угловую теплотехническую неоднородность к общим трансмиссионным тепловым потерям помещения можно выразить собственно величину поправки. Следует уточнить, что данный корректирующий коэффициент при использовании элементного подхода, описанного в работах [1-3], определяется исключительно для сравнения с применяемыми в настоящее время поправочными величинами для расчета нагрузки на системы отопления угловых помещений. При использовании традиционного табличного способа «угловая» поправка задается в виде 5-0% от величины теплопотерь через рассматриваемую плоскую конструкцию. В общем виде поправка на узел сопряжения стеновых конструкций будет определяться по формуле (2). Согласно формуле (2) также возможен переход от теплопотерь к удельным теплопередачам H_i, Bm^oC .

$$\frac{Q_{\angle}}{Q_{общ}} = \frac{\beta_{\angle}}{100 + \beta_{\angle}}, \quad (1)$$

$$\beta_{\angle} = \frac{100 \cdot \frac{Q_{\angle}}{Q_{\text{общ}}}}{1 - \frac{Q_{\angle}}{Q_{\text{общ}}}} = \frac{100 \cdot Q_{\angle}}{Q_{\text{общ}} - Q_{\angle}} = \frac{100 \cdot H_{\angle}}{H_{\text{общ}} - H_{\angle}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общие трансмиссионные тепловые потери помещения, см. (3), Bm ;

Q_{\angle} – тепловые потери засчет теплопередачи через линейную теплотехническую неоднородность (угол), Bm ;

$H_{\text{общ}}$ – общая удельная теплопередача помещения, $Bm^{\circ}C$, определяемая по формуле (4);

H_{\angle} – удельная теплопередача через угловую теплотехническую неоднородность, $Bm^{\circ}C$, определяемая по формуле (5);

β_{\angle} – поправочный коэффициент, характеризующий дополнительные тепловые потери через узел сопряжения стеновых конструкций;

100 – размерный коэффициент.

$$Q_{\text{общ}} = H_{\text{общ}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (3)$$

$$H_{\text{общ}} = C_{\text{мп}} \cdot F = [\Sigma(A_i \cdot U_i) + \Sigma(L_j \cdot \psi_j) + \Sigma(N_k \cdot \chi_k)], \quad (4)$$

$$H_{\angle} = C_{\text{мп}\angle} \cdot F_{\angle} = L_{\angle} \cdot \psi_{\angle}, \quad (5)$$

где $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ – температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно, $^{\circ}C$;

$C_{\text{мп}}$ – набор геометрических и количественных характеристик плоских, линейных и точечных теплопроводных элементов наружных ограждений угловых помещений здания;

F – набор удельных потоков теплоты через соответствующие элементы;

A_i – площадь плоского элемента конструкции i -го вида, m^2 ;

L_j – протяженность линейной неоднородности j -го вида, m ;

N_k – количество точечных неоднородностей k -го вида, $шт$;

U_i – коэффициент теплопередачи однородной i -той части ограждающей конструкции, $Bm/(m^2^{\circ}C)$;

ψ_j – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j -го вида, $Bm/(m^{\circ}C)$;

χ_k – удельные потери теплоты через точечную неоднородность k -го вида, $Bm^{\circ}C$;

L_{\angle} – протяженность угловой теплотехнической неоднородности, m ;

ψ_{\angle} – удельные потери теплоты через угловую неоднородность, $Bm/(m^{\circ}C)$.

С учетом этого формулу (2) можно выразить непосредственно в виде (6):

$$\beta_{\angle} = \frac{100 \cdot H_{\angle}}{H_{\text{общ}} - H_{\angle}} = 100 \cdot \frac{L_{\angle} \cdot \psi_{\angle}}{[\Sigma(A_i \cdot U_i) + \Sigma(L_j \cdot \psi_j) + \Sigma(N_k \cdot \chi_k)] - L_{\angle} \cdot \psi_{\angle}} \quad (6)$$

Таким образом, величина поправочного коэффициент «на угол» зависит от всего набора теплопроводных элементов (плоских, линейных и точечных): от протяженности угловой неоднородности и величины удельного теплового потока через неё (прямая зависимость), а также от общей удельной теплопередачи без учета влияния угловой поправки (обратная). Подобным образом можно оценить влияние любого теплопроводного элемента на общие трансмиссионные тепловые потери помещений здания.

3. Расчет трансмиссионных тепловых потерь через угол для жилого здания

В качестве примера для расчетов был взят жилой дом типовой серии П44/К. Для этого здания с помощью матричного метода, представленного в работах [4-6], были рассчитаны тепловые потери, в том числе трансмиссионные и отдельно – для угловой теплотехнической неоднородности.

Данный дом имеет весьма разветвленную поверхность (в т.ч. восемь выпуклых углов). Согласно СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» вогнутые углы стен образуют «отрицательные» теплотехнические неоднородности, которые также следует учитывать при выполнении точного расчета. Результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Поправочный угловой коэффициент для жилого здания

Номер	Наименование помещения	Площадь, м ²	Общая удельная теплопередача помещения, $H_{общ}$, Вт	Удельная теплопередача через угол, H_{\angle} , Вт	Поправочный коэффициент, β_{\angle} , %	
Типовой этаж	1	Кв. 1 (комната)	18,90	8,00	0,314	4,08
	2	Кв. 1 (кухня)	10,1	6,20	0,627	11,25
	3	Кв. 1 (с/у)	3,6	0,00	0,00	0,00
	4	Кв. 1 (холл)	4,8	0,00	0,00	0,00
	5	Кв. 2 (комната 1)	18,9	7,68	0,00	0,00
	6	Кв. 2 (комната 2)	14,8	7,68	0,00	0,00
	7	Кв. 2 (кухня)	12,9	15,34	0,627	4,26
	8	Кв. 2 (с/у)	1,3	0,00	0,00	0,00
	9	Кв. 2 (ванная)	2,6	0,00	0,00	0,00
	10	Кв. 2 (холл)	8,7	0,00	0,00	0,00
	11	Кв. 3 (комната)	18,9	8,00	0,314	4,08
	12	Кв. 3 (кухня)	10,1	6,20	0,627	11,25
	13	Кв. 3 (с/у)	3,6	0,00	0,00	0,00
	14	Кв. 3 (холл)	4,8	0,00	0,00	0,00
	15	Кв. 4 (комната 1)	18,9	13,28	0,314	2,42
	16	Кв. 4 (комната 2)	14,8	12,20	0,314	2,64
	17	Кв. 4 (кухня)	12,9	15,34	0,627	4,26
	18	Кв. 4 (с/у)	1,3	0,00	0,00	0,00
	19	Кв. 4 (ванная)	2,6	0,00	0,00	0,00
	20	Кв. 4 (холл)	8,7	0,00	0,00	0,00
	21	Холл общий	9,5	0,00	0,00	0,00
	22	Холл при ЛЛУ	10,8	13,06	0,00	0,00

Как видно, даже для типового этажа размер влияния конкретного теплопроводного включения в общий поток теплоты зависит от всего набора теплотехнических элементов конструкций. Для помещений рассматриваемого здания вклад угловых неоднородностей в тепловые потери помещения составил от 2,4 до 11,3 % от общих трансмиссионных теплопотерь (за вычетом рассматриваемой линейной неоднородности) помещения.

4. Пример расчетов трансмиссионных тепловых потерь через угол для общественного здания

Для наглядного представления рассмотренных характеристик выполнены также необходимые расчеты для общественного здания – аквапарка (таблица 2)

Таблица 2 – Поправочный угловой коэффициент для аквапарка

Номер	Наименование помещения	Площадь, м ²	Общая удельная теплопередача помещения, $H_{общ}$, Вт	Удельная тепло-передача через угол, H_{\angle} , Вт	Поправочный коэффициент, β_{\angle} , %
001	ЛК	64,2	293,59	10,24	3,62
002	Помещение водоподготовки	1144,0	53,35	0,00	0,00
101	Зона крытого аквапарка	1480,5	4049,11	37,67	0,94
130	Детская зона	140,0	215,33	13,01	6,43
034	Венткамера	199,45	38,89	0,00	0,00

Величина углового поправочного коэффициента оставила от 0,9 до 6,4 % (от теплотерь всего помещения) в зависимости от наборов теплотехнических неоднородностей помещений, которые также зависят от собственно размеров помещения.

5. Заключение

Формулу (6) можно применять как для расчета угловых поправочных коэффициентов, так и для определения влияния любого отдельного выделенного элемента конструкций (или некоторой комбинации элементов). Это возможно реализовать для определения доли теплового потока от рассматриваемого элемента относительно общих тепловых потерь помещения, либо общих тепловых потерь конкретной рассматриваемой конструкции.

Так, доля трансмиссионного теплового потока через угловую неоднородность относительно наружных стен, образующих этот угол, составила:

- для аквапарка: от 1,2 (для стен зоны крытого аквапарка) до 6,9 % (для детской зоны);
- для жилого многоквартирного дома: от 3,4 до 21,6 % (для стен кухни с эркером).

Оценку вклада тех или иных элементов в тепловые потери фрагмента конструкции или конкретного помещения целесообразно выполнять при анализе трансмиссионных тепловых потерь для совершенствования решений по тепловой защите здания.

Следует также отметить тот факт, что имеющийся в помещении узел сопряжения стеновых конструкций (либо сопряжения стены с покрытием) говорит о наличии в помещении сразу нескольких ограждений, обращенных в наружную среду. Можно предположить, что температура на внутренней поверхности таких ограждений несколько меньше, чем средняя температура поверхностей помещения. Тогда и температура помещения в соответствии с первым условием комфортности [7] окажется несколько снижена. Чтобы не допустить такой ситуации в жилых угловых комнатах вводят температурную поправку: принимается, что температура воздуха такого помещения должна быть на 2 °С больше, чем рядового (с одной наружной ограждающей конструкцией) [8].

В рамках матричного метода внедрение поправок, которые могут сглаживать неравномерность формирования комфортной температуры помещения, должно быть адаптировано в матрицу разности температуры: для температуры внутреннего воздуха соответствующих помещений.

Еще одно важное направление анализа поправок – работа с поправочными коэффициентами для корректного рассмотрения процессов вентиляции и инфильтрации при использовании матричного метода и определении различных характеристик воздухопроницаемости конструкций [9-11].

Также следует обусловить дальнейшее исключение поправочного коэффициента на ориентацию по сторонам света при определении трансмиссионных тепловых потерь. Это особенно важно при оценке систем, опосредованно использующих солнечную энергию [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагарин, В.Г. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах [Текст] / В.Г. Гагарин, К.А. Дмитриев // Строительные материалы. – 2013. – № 6. – С. 14-16.
2. Умнякова, Н.П. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий [Текст] / Н.П. Умнякова, И.Н. Бутовский, А.Г. Чеботарев // Жилищное строительство. – 2014. – № 7. – С. 19-23.
3. Козлов, В.В. Взаимовлияние точечных теплотехнических неоднородностей [Текст] / В.В. Козлов В.В., Т.Э.А. Тишнер-Егорова // Жилищное строительство. – 2015. – № 6. – С. 45-47.
4. Гагарин, В.Г. Учет теплопроводных включений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания [Текст] / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, А.Ю. Неклюдов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2016. – № 2 (978). – С. 57-61.
5. Гагарин, В.Г. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания [Текст] / В.Г. Гагарин, А.Ю. Неклюдов // Жилищное строительство. – 2014. – № 6. – С. 3-7.
6. Gagarin V. and Neklyudov A.Y., 2015. Improving the accuracy of the calculation of thermal capacity of heating systems when designing the buildings with high energy efficiency. *International Journal for Housing Science and Its Applications*. Т. 39. № 2. pp. 79-87.
7. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика [Текст]: Учебник для вузов / В.Н. Богословский – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1982. – 415 с.
8. Малявина, Е.Г. Теплопотери здания [Текст]: справочное пособие / Е.Г. Малявина. – 2-е изд., испр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2011. – 144 с.
9. Гагарин, В.Г. Использование матричного метода для определения вентиляционной составляющей тепловой нагрузки на систему отопления здания [Текст] / В.Г. Гагарин, А.Ю. Неклюдов // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 7. – С. 21-25.
10. Шубин, И.Л. Теплозащитные свойства и воздухопроницаемость керамических блоков изотерекс в кладке стены [Текст] / И.Л. Шубин, А.И. Ананьев // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 3. – С. 57-59.
11. Gagarin V.G., Kozlov V.V. and Lushin K.I., 2015. Calculation of the velocity of air in the air gap facade systems, where natural ventilation. *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 10, No. 23, Pp. 43438-43441.
12. Walker A., 2013. *Solar Energy. Technologies and the Project Delivery for Buildings*. New York: John Wiley and Sons. – 298 p.

Александр Юрьевич Неклюдов

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН)», г. Москва
научный сотрудник
E-mail: a.yu.neklyudov@gmail.com

Ако Жибоевич Жабелов

ФГБОУ ВО "Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова", г. Нальчик
Доцент кафедры теоретической и прикладной механики
E-mail: akozhabelov@live.ru

Анастасия Владимировна Савина

АО «ЦНИИЭП жилища», г. Москва
инженер
E-mail: savinaav.33@gmail.com

Оксана Владимировна Астанина

АО «ЦНИИЭП жилища», г. Москва
инженер
E-mail: astanina93@list.ru

Андрей Олегович Маркелов
НИУ МГСУ, г. Москва
Лаборант кафедры ОиВ
E-mail: Andrmarkelov@yandex.ru

Юрий Евгеньевич Степаненко
НИУ МГСУ, г. Москва
Лаборант кафедры ОиВ
E-mail: jurystep@gmail.com

A. NEKLUDOV, A. ZHABELOV, A. SAVINA, O. ASTANINA,
A. MARKELOV, YU. STEPANENKO

ANGLE CORRECTION FOR DETERMINING THE TRANSMISSION HEAT LOSSES BY ELEMENTAL APPROACH

The article describes the angular correction for calculation of the transmission heat losses (through the building envelope). The derivation of the formula is showed. This derivation establishes the criteria for correction factor affecting the total value of transmission heat losses by the addition method. Calculations of the angular correction factors for typical residential building and public building (water park) are made. For both cases, an exemplary range of values of angle correction, and as well as the possibility of applying the formula to determine the share of influence of other heat transfer components of heat protective envelope of the building are considered.

Keywords: *transmission heat losses, the elemental approach, the matrix method, the correction factor*

BIBLIOGRAPHY

1. Gagarin, V.G. Uchet teplotekhnicheskikh neodnorodnostey pri otsenke teplozashchity ograzhdayushchikh konstruktiv v Rossii i yevropeyskikh stranakh [Tekst] / V.G. Gagarin, K.A. Dmitriyev // Stroitel'nyye materialy. – 2013. – № 6. – S. 14-16.
2. Umnyakova, N.P. Razvitiye metodov normirovaniya teplozashchity energoeffektivnykh zdaniy [Tekst] / N.P. Umnyakova, I.N. Butovskiy, A.G. Chebotarev // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2014. – № 7. – S. 19-23.
3. Kozlov, V.V. Vzaimovliyaniye tochechnykh teplotekhnicheskikh neodnorodnostey [Tekst] / V.V. Kozlov V.V., T.E.A. Tishner-Yegorova // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2015. – № 6. – S. 45-47.
4. Gagarin, V.G. Uchet teploprovodnykh vklyucheniy pri opredelenii teplovoy nagruzki na sistemu otopeniya zdaniya [Tekst] / V.G. Gagarin, V.V. Kozlov, A.YU. Neklyudov // BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki. – 2016. – № 2 (978). – S. 57-61.
5. Gagarin, V.G. Uchet teplotekhnicheskikh neodnorodnostey ograzhdeniy pri opredelenii teplovoy nagruzki na sistemu otopeniya zdaniya [Tekst] / V.G. Gagarin, A.YU. Neklyudov // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2014. – № 6. – S. 3-7.
6. Gagarin V. and Neklyudov A.Y., 2015. Improving the accuracy of the calculation of thermal capacity of heating systems when designing the buildings with high energy efficiency. International Journal for Housing Science and Its Applications. T. 39. № 2. pp. 79-87.
7. Bogoslovskiy, V.N. Stroitel'naya teplofizika [Tekst]: Uchebnik dlya vuzov / V.N. Bogoslovskiy – 2-ye izd., pererab. i dop. – M., 1982. – 415 s.
8. Malyavina, Ye.G. Teplopoteri zdaniya [Tekst]: spravochnoye posobiye / Ye.G. Malyavina. – 2-ye izd., ispr. – M.: AVOK-PRESS, 2011. – 144 s.
9. Gagarin, V.G. Ispol'zovaniye matrichnogo metoda dlya opredeleniya ventilyatsionnoy sostavlyayushchey teplovoy nagruzki na sistemu otopeniya zdaniya [Tekst] / V.G. Gagarin, A.YU. Neklyudov // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2014. – № 7. – S. 21-25.
10. Shubin, I.L. Teplozashchitnyye svoystva i vozdukhopronitsayemost' keramicheskikh blokov izotereks v kladke steny [Tekst] / I.L. Shubin, A.I. Anan'yev // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – 2013. – № 3. – S. 57-59.
11. Gagarin V.G., Kozlov V.V. and Lushin K.I., 2015. Calculation of the velocity of air in the air gap facade systems, where natural ventilation. International Journal of Applied Engineering Research, Vol. 10, No. 23, Pp. 43438-43441.
12. Walker A., 2013. Solar Energy. Technologies and the Project Delivery for Buildings. New York: John Wiley and Sons. – 298 p.

Alexander Neklyudov

Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow
Researcher
E-mail: a.yu.neklyudov@gmail.com

Ako Zhabelov

H.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University, Nalchik
Associate Professor, Department of Theoretical and Applied Mechanics
E-mail: akozhabelov@live.ru

Anastasiya Savina

Central Research and Design Institute of residential and public buildings, Moscow
Engineer
E-mail: savinaav.33@gmail.com

Oksana Astanina

Central Research and Design Institute of residential and public buildings, Moscow
Engineer
E-mail: astanina93@list.ru

Andrey Markelov

Moscow state university of civil engineering, Moscow
Assistant of the heating and ventilation department
E-mail: Andrmarkelov@yandex.ru

Yury Stepanenko

Moscow state university of civil engineering, Moscow
Assistant of the heating and ventilation department
E-mail: jurystep@gmail.com

РОГАЧЕВ К.В.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СЦЕПЛЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ФИБРЫ С ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ МАТРИЦЕЙ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФИБРОБЕТОНА

Рассматриваются вопросы использования фибробетона при повышенных температурах, в частности применении фибробетона для производства несъемной опалубки АЭС, и изучения влияния повышенных температур на физикомеханические свойства фибробетона. Также изучается вопрос влияния повышенных температур на сцепление фибры с цементнопесчанной матрицей. Приводятся данные микрометрии, полученные при нагревание образцов до температуры 350, 600 и 900 градусов в муфельной печи и выдержкой в течении двух часов. Рассматривается вопрос о химической коррозии стали при нагревании в фибробетонном образце, а также описывается различие процессы, протекающих в арматуре и стальной фибре при нагревании. Производится оценка влияния отслоения фибры от цементнопесчанной матрицы на свойства фибробетона. Приводятся рекомендации по выбору типа стальной фибры, для фибробетона, применяемого при повышенных температурах.

Ключевые слова: фибробетон, сталефибробетон, цементно-песчаная матрица, строительство АЭС, повышенные температуры, сцепление

Фибробетоном называют бетон, армированный хаотически расположенными в нем волокнами - фибрами. Каждая фибра играет роль стержневой арматуры в железобетоне, воспринимая растягивающие напряжения, тогда как матрица связующего – напряжения сжатия. Однако в отличие от железобетона, в котором арматура расположена равномерно по объему, фибра расположена, как правило, хаотично по направлению, создавая, таким образом, композиционный материал - фибробетон.

Фибру, применяемую при производстве фибробетонов, изготавливают из следующих составляющих [1, 2, 3, 4]:

- полипропилен;
- базальт;
- углепластика;
- асбест ;
- сталь.

Наиболее перспективным материалом является сталефибробетон (бетон с добавлением стальной фибры), обладающий следующими преимуществами [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]:

- высокими прочностными характеристиками, в том числе ударной вязкостью;
- высокими прочностными деформационными характеристиками – трещиностойкостью, предельной деформативностью;
- повышенной морозостойкостью по сравнению с обычным бетоном без добавления фибры.

На сегодняшний день планируется применение фибробетона для производства несъемной опалубки для АЭС нового поколения- Курская АЭС 2, АЭС АККУЮ в Турции, при строительстве которых предполагается использовать изделия из фибробетона при повышенных температурах, помимо этого возникают вопросы огнестойкости фибробетона.

Существует ряд международных работ, посвященных исследованию работы фибробетона при повышенных температурах [12, 13, 14, 15, 16, 17]. Но все они носят только экспериментальный характер: не являются системными, на их основе не предложена никакая физико-математическая модель работы фибробетона и не приводится оценка возможности использования фибробетона в данных условиях.

Целью изучения работы фибробетона при повышенных температурах является создание его аналитической модели, с помощью которой можно моделировать усадку фибробетона и изменение его физикомеханических свойств в зависимости от высоких температур.

Существует ряд работ, моделирующих работу фибробетона при обычных температурах. С помощью таких моделей можно спрогнозировать работу фибробетона под нагрузкой, аналитически вывести зависимости влияния формы и типа фибры на физикомеханические свойства. В качестве одной из таких работ можно привести докторскую диссертацию Пухаренко Ю.В. «Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов» [18]. На мой взгляд данная работа наиболее полно описывает модель фибробетона. Также существуют более ранние работы других авторов, посвящённые этой теме. Тем, кто интересуется данной тематикой, рекомендую ознакомиться со следующими работами: Арончик В.Б. «Исследование работы армирующего волокна в фибробетоне» [19], Ковалев А.Ю. «Формирование макроструктуры сталефибробетона» [20]. Во всех перечисленных работах авторы пытаются найти подход к созданию аналитической модели фибробетона различными способами. Конечно, в случае фибробетона (сложного, неоднородного композитного материала) ни одна из работ не может создать абсолютно идеальную модель, поэтому каждая из них в том или ином случае имеет право на существование.

Что же касается создания аналитической модели влияния температуры (или радиации) на фибробетон, на сегодняшний день в литературе не встречается ни одной разработанной и апробированной модели. Автором данной статьи разработаны теоретические основы такой модели. Результаты теоретических разработок были изложены на VI научно-технической конференции молодых ученых и специалистов атомной отрасли «КОМАНДА-2015» и в статье «Влияние параметров дисперсного армирования фибробетона на аналитическое определение его термических и радиационных изменений» [21, 22]

В рамках работ по созданию такой модели возник ряд вопросов: каким образом изменяется сцепление фибры с цементным камнем, как влияют продукты дегидратации на стальную фибру. Так как любая модель описывает идеальную структуру, в которой обеспечивается идеальное сцепление фибры с цементным камнем, необходимо изучить данные вопросы, для корректировки модели.

Как правило, в литературе посвящённой железобетону и совместной работе стальной арматуры с бетоном утверждается, что коэффициенты линейного температурного расширения стали и цементного камня практически одинаковы, что гарантирует их совместную работу. Это действительно так: при низких температурах до 100оС, к тому же учитывая размеры арматуры и незначительные различные линейные термические деформации можно говорить о том, что и при температурах выше 100оС обеспечивается их совместная работа.

В случае фибробетона, для производства которого может применяться стальная фибра размером около 0,3мм, незначительные различные линейные деформации могут приводить к отслоению фибры от цементного камня и прекращению их совместной работы.

Для изучения влияния температуры на сцепление фибры с цементнопесчанной матрицей, автором в рамках данной работы были изготовлены образцы сталефибробетона со следующим составом:

Таблица 1 - Состав цементно-песчаной матрицы (в кг/м3)

Цемент	Песок	Вода	Микрокремнезем	Гиперпластификатор Sika 5600
1000	1250	260	45	8

После 28 суток образцы были нагреты до следующих температур – 0о, 350 о, 600 о, 900 о и выдержаны в муфельной печи в течение 2 часов.

Для достижения поставленной цели (изучение изменения сцепления фибры с цементным камнем, влияния продуктов дегидратации и повышенных температур на стальную фибру) исследования проводились при помощи метода микроскопии.

Для исследования микроскопии применялся сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU. Данный микроскоп позволяет получать сканирование с высокой скоростью (вплоть до 20 нс/пиксель), а также проводить исследования энергодисперсионного спектрометра (определение любых элементов).

В качестве результатов исследования приведем полученные снимки:

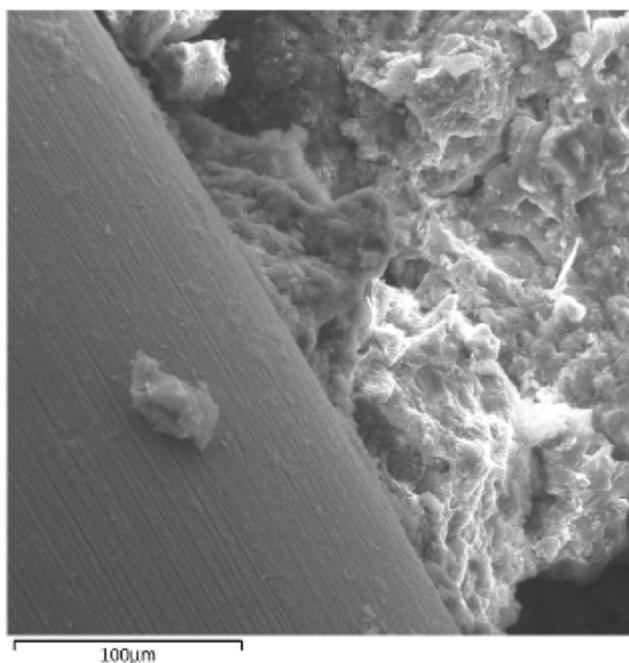


Рисунок 1 – Образец, не подвергавшийся термической обработке

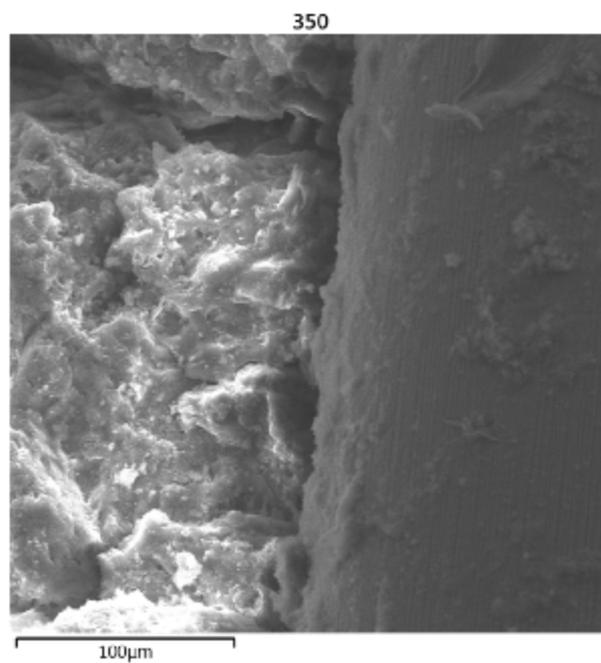


Рисунок 2 – Образец, нагретый до 350 градусов

Снимки микроскопа показывают, что в образцах, не подвергавшихся термической обработке, обеспечивается полное сцепление фибры с бетоном (Рисунок 1).

Снимок показывает, что происходит постепенное отслоение фибры от цементного камня и образование поперечных трещин (Рисунок 2).

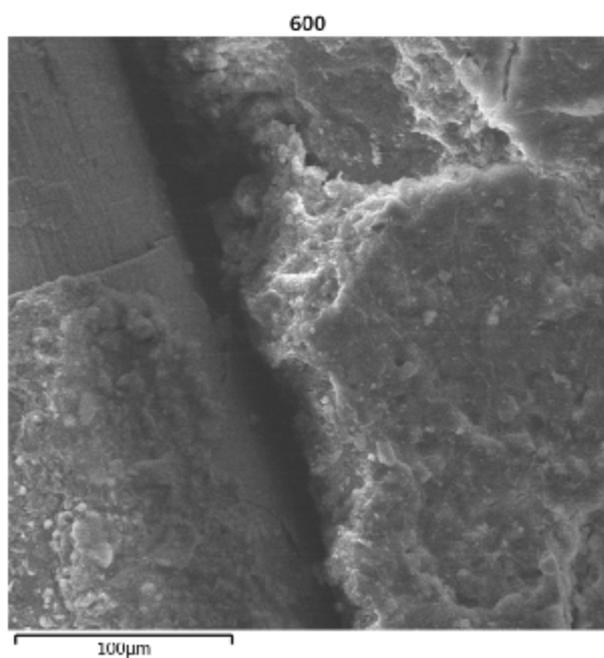


Рисунок 3 – Образец, нагретый до 600 градусов

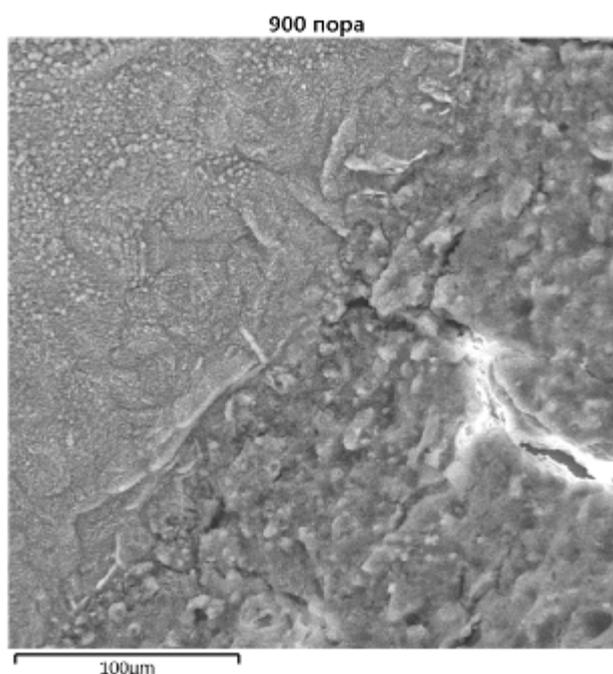


Рисунок 4 – Образец, нагретый до 900 градусов

Из-за разных коэффициентов температурного линейного расширения бетона и стали при 600 градусах происходит отслоение фибры от бетона (рисунок 3)

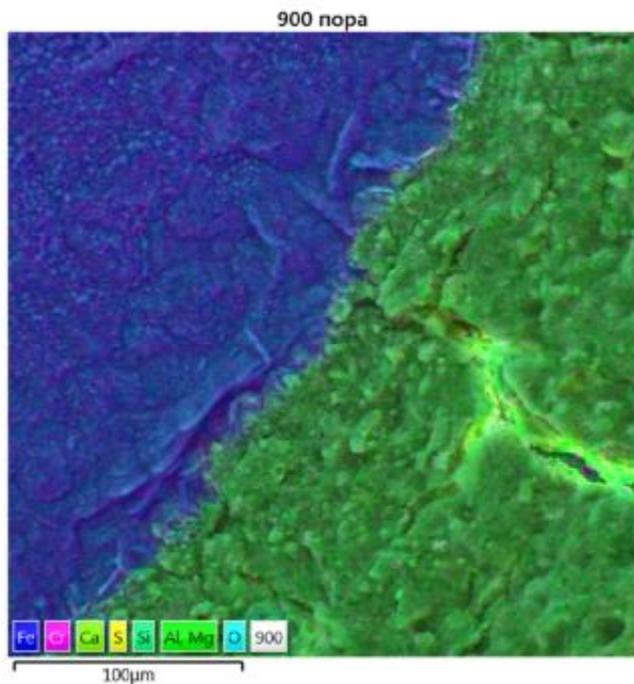


Рисунок 5 - Образец, нагретый до 900 градусов (съемка с включенным фильтром)

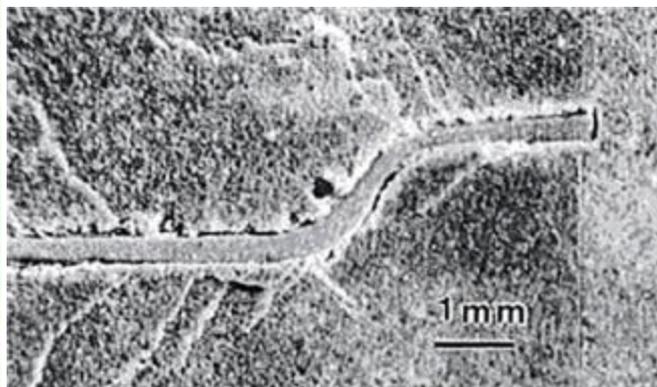


Рисунок 6 – Фотография разрушения бетонного канала (Бентур А., Миндест С., Даймонд С. Цементные композиты армированные фиброй. Лондон. Прикладная наука, 1990. ISBN: 1851663932 [23])

При 900 градусах происходит химическая коррозия стали, одновременно с этим в бетоне образуются поперечные трещины из-за того, что стальная фибра пытается расширяться, цементный камень при температуре дает усадку.

При коррозии обычной углеродистой стали с небольшим содержанием хрома Сг на поверхности образуется слой толстой, пористой и плотно пристающей окалины; стали, с содержащей более 7% хрома, - очень тонкая, сплошная, плотно пристающая пленка окалины.

Поскольку процесс коррозии проходит на поверхности металла, то степень коррозионного повреждения изделия зависит от его удельной поверхности. Учитывая малый диаметр фибры и, следовательно, ее высокую удельную поверхность, то степень коррозионного повреждения будет на несколько порядков выше, чем у стержневой арматуры. Например: при диаметрах арматуры 20 мм и фибры 0,2 мм разница в их удельной поверхности будет $(20/0,2)^2 = 10\ 000$ раз. Следовательно, в определенных условиях (повышенная температура, наличие в воздухе паров воды) волокна фибры могут прокорродировать полностью за сравнительно небольшой промежуток времени.

Для оценки полученных результатов (изменение сцепления фибры с цементным камнем), воспользуемся данными, которые уже были изложены в литературе.

Одним из подробных исследований сцепления фибры с бетонной матрицей является работа А. Бентура, С. Миндеста, С. Даймонда [23]. В их книге приводятся фотографии, сделанные при испытании фибры на выдергивание. На рисунке 6 показано каким образом происходит разрушение бетонного канала: когда волокно фибры начинает воспринимать нагрузку, образуются микротрещины.

Поперечные микротрещины на рисунке 6 имеют схожий вид с микротрещинами, которые образуются в результате нагревания фибробетона, представленные на рисунке 4 и 5. Из этого

можно сделать вывод, что для увеличения термической стойкости фибробетона можно использовать метод описанный в работе «Преимущество использования фибробетонов, армированных двумя типами фибр» [24].

Суть метода армирования фибробетона двумя типами фибрами заключается в том, что при армировании в бетонную матрицу одновременно вводят длинную (около нескольких сантиметров) и короткую (примерно несколько миллиметров) фибру. В этом случае короткая фибра препятствует образованию и развитию микротрещин, а длинная - развитию макротрещин. Таким образом достигается оптимальное взаимодействие короткой и длинной фибры. Данный метод должен показывать свою эффективность и в случае работы фибробетона под действием термических нагрузок. К сожалению, на сегодняшний день нет никаких разработок в этой области, хотя исследования в этом направлении могут привести к повышению эффективности работы фибробетона в зонах повышенных температур и уменьшению стоимости готовых изделий.

В литературе встречаются работы, посвященные исследованию сцепления фибры с бетоном и характеру выдергивания фибры из бетонной матрицы. Так, например, И. Маркович, Дж. Майер и Дж. Валравен [25] провели исследования на образцах бетона, в которых было заглублено волокно металлической фибры с анкером. На рисунке 7 представлена схема нагружения и типичная зависимость перемещения от силы при выдергивании одиночной стальной фибры из бетонной матрицы, из которой видно, что максимальная сила при минимальном перемещении возникает в положении 1, пока анкер фибры имеет два перегиба. Далее происходит падение силы одновременно с увеличением перемещения. Это свидетельствует о том, что фибра начинает выпрямляться и проскальзывать в бетонном канале.

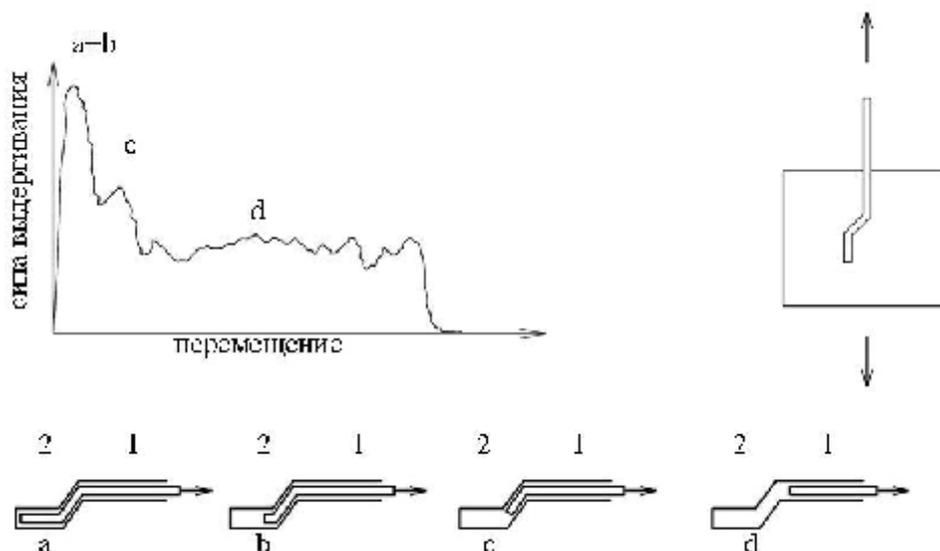


Рисунок 7 – Схема нагружения и типичная зависимость перемещения от силы при выдергивании одиночной стальной фибры из бетонной матрицы (Маркович И., Дж.Г.М. ван Миер, Вальравен Дж.С. Выдергивание одиночно волокна из гибридноармированного фибробетона// Журнал Ерон. 2001. № 3 (46). ISSN: 0046-731620 [25])

На рисунке 7 видно, что при фазе проскальзывания фибры в бетоне – фаза «в» силы выдергивания фибры из бетона практически равна силе, необходимой, чтобы фибра начала проскальзывать. Падение силы выдергивания происходит по мере того, как фибра начинает выпрямляться в бетоне, следовательно, на силу выдергивания фибры из бетона, а соответственно на прочность фибробетона более существенным оказывает влияние анкеровка фибры и ее геометрические размеры, поэтому такие типы фибр как волнистые (анкеровка которых обеспечена по всей длине) будут лучше воспринимать нагрузку.

Выводы

Из всего можно сделать следующие выводы:

1. В фибробетоне обеспечивается сцепление фибры с цементнопесчанной матрицей
2. При 350°С начинается отслоение фибры от цементного камня, которое увеличивается при 600°С
3. При 900°С наблюдается разрушение цементного камня и химическая коррозия стальной фибры
4. Нарушение сцепления фибры с цементнопесчанной матрицей может компенсироваться за счет формы самой фибры и ее анкеровки в матрице
5. При создании аналитической модели работы фибробетона при повышенных температурах следует учитывать изменение сцепления фибры с цементным камнем, при температурах выше 350 градусов, для гладких типов фибр (без анкеровки), совместная работа которых с цементным камнем обеспечивается только за счет сцепления цементного камня с фиброй по всей длине
6. Для типов фибр, анкеровка которых в цементном камне обеспечивается за счет ее формы (наличие различных анкером), особенно для волнистой фибры, изменение ее сцепления с цементным камнем можно не учитывать, так как это изменение компенсируется за счет ее формы
7. Для увеличения термической стойкости фибробетонов применим метод гибридного армирования: добавления фибры малого размера (около нескольких миллиметров) к фибробетону армированному более крупной фиброй (около нескольких сантиметров). Исследования в данной области являются перспективными.

Для производства фибробетона, который будет использоваться при повышенных температурах, желательно использовать волнистую фибру, форма которой обеспечивает анкеровку фибры по всей длине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, И.В. Фибробетон: состояние и перспективы применения в строительных конструкциях [Текст] // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. – 2004. – № 5.
2. Нааман, А. Е. Высокопрочные цементные композиты, армированные фиброй: классификация и применение [Текст] // Материалы международного семинара (Материалы на основе цемента и гражданская инфраструктура), СВМ-С1, Карачи, Пакистан, 10–11.12. – 2007. – С.389-401
3. Ключев, С.В. Высокопрочный бетон для промышленного и гражданского строительства [Текст] // Журнал гражданского строительства. – 2012. – № 8
4. Пупрус, А. Прогнозирование нелинейного поведения бетонов, армированных высоким содержанием стальной фибры после оаскрытия трещин [Текст] / А. Пупрус, А. Красникова, О. Кононова, Г. Шахменко // Научные труды Рижского технического университета: тезисы доклада. – Рига: Наука строительства. – 2007.
5. Красников, А. Численное 2D Исследование поведения неметаллических (стекла, углерода) волокон в бетонной матрице [Текст] / А. Красников, А. Хабаз, О. Кононова // Труды Рижского технического университета. – Рига: Изд-во Архитектура и строительная наука. – 2009.
6. Бантхиа, Н. Применение бетонов, армированных волокнами: исследование, содержащие инновационный продукт [Текст] / Н. Бантхиа, В. Биндигавали, Дж. Джонс, Дж. Новак // ПСИ журнал. – 2012. – №3(57). – С. 33-46
7. Колин, Д.Дж., Усиленные стекловолокном цементы и бетоны [Текст] // Достижения в технологии бетона. – 2001. – № 3.
8. Баранов, И.М. Реальности и перспективы повышения прочности особо прочных бетонов [Текст] / И.М. Баранов, Р.К. Юсупов, А.С. Тарасов, Н.И. Солдатова // Строительные материалы. – 2013. – № 11.
9. Евсеев, Е.Н. Испытание фибробетона по евро нормам [Текст] // Технологи бетонов. – 2012. – № 5-6.
10. Парфенов, А.В. Ударная выносливость бетонов на основе стальной и синтетической фибры [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 / А.В. Парфенов. – Уфа, 2004. – 178 с.
11. Рабинович, Ф.Н. Эффективность применения сталефибробетона в промышленном строительстве [Текст] / Ф.Н. Рабинович, Г.А. Шикиунов // Применение фибробетона в строительстве: Материалы семинара. – Л.: ЛДНТП. – 1985.

12. Лу, Алан. Влияние высоких температур на прочность обычного бетона и высокопрочного бетона, армированного стальным волокном: дис. ... Ph. D. / Алан Лу. – Гонконгский политехнический университет. Гонконг, 2003.
13. Клири, Д. Влияние повышенных температур на композитный материал, используемый для укрепления бетонных колонн [Текст] / Д. Клири, К. Кассино, К. Торторайс // Журнал армированных пластиков и композитов. – 2002. – №. 5(20).
14. Ли, Т.Т. Термические и механические свойства сталефибробетона при повышенных температурах [Текст] / Т.Т. Ли, В.Р. Кодур // Канадский журнал строительства. – 1996. – № 23.
15. Згаир, Лума Абдул Гани. Поведение обычного и высокопрочного фибробетона армированного полипропиленовой фиброй [Текст] // Технологии и английский. – 2011. – № 8(29).
16. Гази, Усама М. Влияние повышенной температуры на прочность при сжатии сталефибробетона [Текст] // Журнал Вавилонского университета. Ай-Мустансирия. – 2013. – № 3 (21).
17. Пескова, С. Влияние высокой температуры на различных комбинациях армированного бетона [Текст] / С. Пескова, П. Прохазка // 36-конференция наше слово в бетоне и конструкциях: тезисы докладов. – Сингапур: СИ-Премьер ПТЕ ЛТД. – 2011.
18. Пухаренко, Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов [Текст]: дис. ... докт. тех. наук: 05.23.05 / Ю.В. Пухаренко. – Санкт-Петербург, 2004. – 315 с.
19. Арончик, В.Б. Исследование работы армирующего волокна в фибробетоне [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01 / В.Б. Арончик. – Латвийский научно-исследовательский и экспериментально-технологический институт строительства Госстроя Латвийской ССР, Рига, 1982.
20. Ковалева, А.Ю. Формирование макроструктуры сталефибробетона [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 / А.Ю. Ковалева. – Санкт-петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, 2001.
21. Рогачев, К.В. Определение изменения фибробетона под действием термической и радиационной нагрузки при помощи аналитической модели [Электронный ресурс] // VI научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов атомной отрасли «КОМАНДА-2015: тезисы доклада. Санкт-Петербург, 2015. – Систем. Требования: AdobeAcrobatReader. – URL: http://nsrus.ru/files/news/Tezisi_KOMANDA-2015.pdf
22. Денисов, А.В. Влияние параметров дисперсного армирования фибробетона на аналитическое определение его термических и радиационных изменений [Текст] / А.В. Денисов, К.В. Рогачев // Строительство и реконструкция. – 2015. – №4 (60).
23. Бентур, А. Цементные композиты, армированные фиброй [Текст] / А. Бентур, С. Миндест, С. Даймонд. – Лондон: Прикладная наука, 1990.
24. Красновский, Р.О. Преимущество использования фибробетонов, армированных двумя типами фибр [Текст] / Р.О. Красновский, К.В. Рогачев, А.В. Денисов // Материалы I Международной VII Всероссийской конференции НАСКР. – Чебоксары: ЧГУ. – 2012. – С. 386-390.
25. Маркович, И. Выдергивание одиночно волокна из гибридноармированного фибробетона [Текст] / И. Маркович, Дж.Г.М. ван Миер, Дж. С. Вальравен // Журнал Ерон. – 2001. – № 3 (46).

Константин Викторович Рогачев

АО "Институт "оргэнергострой", г.Москва

заместитель начальника отдела

E-mail: Rogachevk@ioes.ru

K. ROGACHEV

EFFECT OF HIGH TEMPERATURE ON THE ADHESION STEEL FIBER WITH CEMENT-SANDY MORTAR AND ITS PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

The subject under consideration is the use of fiber-reinforced concrete in high temperatures (in particular the use of fiber-reinforced concrete for the production of permanent formwork NPP) and the effect of high temperatures on the physical and mechanical properties of fiber reinforced concrete with a particular focus on the effect of high temperatures on the adhesion of the fibers to the sand-cement matrix. The data micrometer obtained by heating samples to a temperature of 350, 600 and 900 degrees in a muffle furnace and holding for two hours. The issue of chemical corrosion of steel by heating the sample in the fiber-reinforced concrete, and describes the difference of processes occurring in the reinforcement and steel fibers when heated is shown. Evaluating the impact of peeling fibers from the cement mortar of sand on the properties of fiber-reinforced concrete is prepared. Recommendations will be made as to the type of steel fibers that should be used for fiber-reinforced concrete that will be subjected to high temperatures.

Key words: *fiber reinforced concrete, steel fiber reinforced concrete, cement-sand mortar, construction of nuclear power plants, high temperature, adhesion*

BIBLIOGRAPHY

1. Volkov, I.V. Fibrobeton: sostoyaniye i perspektivy primeneniya v stroitel'nykh konstruksiyakh [Tekst] // Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii 21 veka. – 2004. – № 5.
2. Naaman, A. Ye. Vysokoprochnyye tsementnyye kompozity, armirovannyye fibroy: klassifikatsiya i primeneniye [Tekst] // Materialy mezhdunarodnogo seminar (Materialy na osnove tsementa i grazhdanskaya infra-struktura), CBM-CI, Karachi, Pakistan, 10–11.12. – 2007. – S.389-401
3. Klyuyev, S.V. Vysokoprochnyy beton dlya promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva [Tekst] // Zhurnal grazhdanskogo stroitel'stva. – 2012. – № 8
4. Puprus, A. Prognozirovaniye nelineynogo povedeniya betonov, armirovannykh vysokim soderzhaniiem stal'noy fibry posle oaskrytiya treshchin [Tekst] / A. Puprus, A. Krasnikova, O. Kononova, G. Shakhmenko // Nauchnyye trudy Rizhskogo tekhnicheskogo universiteta: tezisy doklada. – Riga: Nauka stroitel'stva. – 2007.
5. Krasnikovs, A. Chislennoye 2D Issledovaniye povedeniya nemetallicheskih (stekla, ugleroda) volokon v betonnoy matritse [Tekst] / A. Krasnikovs, A. Khabaz, O. Kononova // Trudy Rizhskogo tekhnicheskogo universiteta. – Riga: Izd-vo Arkhitektura i stroitel'naya nauka. – 2009.
6. Bantkhia, N. Primeneniye betonov, armirovannykh voloknami: issledovaniye, soderzhashchiye innovatsionnyy produkt [Tekst] / N. Bantkhia, V. Bindigavali, Dzh. Dzhons, Dzh. Novak // PSI zhurnal. – 2012. – №3(57). – S. 33-46
7. Kolin, D.Dzh., Usilennyye steklovoloknom tsementy i betony [Tekst] // Dostizheniya v tekhnologii beto-na. – 2001. – № 3.
8. Baranov, I.M. Real'nosti i perspektivy povysheniya prochnosti osobo prochnykh betonov [Tekst] / I.M. Baranov, R.K. Yusupov, A.S. Tarasov, N.I. Soldatova // Stroitel'nyye materialy. – 2013. – № 11.
9. Yevseyev, Ye.N. Ispytaniye fibrobetona po yevronormam [Tekst] // Tekhnologi betonov. – 2012. – № 5-6.
10. Parfenov, A.V. Udamnaya vynoslivost' betonov na osnove stal'noy i sinteticheskoy fibry [Tekst]: dis. ... kand. tekh. nauk: 05.23.05 / A.V. Parfenov. – Ufa, 2004. – 178 s.
11. Rabinovich, F.N. Effektivnost' primeneniya stalefibrobetona v promyshlennom stroitel'stve [Tekst] / F.N. Rabinovich, G.A. Shikunov // Primeneniye fibrobetona v stroitel'stve: Materialy seminar. – L.: LDNTP. – 1985.
12. Lu, Alan. Vliyaniye vysokikh temperatur na prochnost' obychnogo betona i vysokoprochnogo betona, armirovannogo stal'nym voloknom: dis. ... Ph. D. / Alan Lu. – Gonkongskiy politekhnicheskii universitet. Gon-kong, 2003.
13. Kliri, D. Vliyaniye povyshennykh temperatur na kompozitnyy material, ispol'zuyemyy dlya ukreple-niya betonnykh kolonn [Tekst] / D. Kliri, K. Kassino, K. Tortorays // Zhurnal armirovannykh plastikov i kompozitov. – 2002. – №. 5(20).
14. Li, T.T. Termicheskiye i mekhanicheskiye svoystva stalefibrobetona pri povyshennykh temperaturakh [Tekst] / T.T. Li, V.R. Kodur // Kanadskiy zhurnal stroitel'stva. – 1996. – № 23.
15. Zgair, Luma Abdul Gani. Povedeniye obychnogo i vysokoprochno fibrobetona armirovannogo poli-propileno-voy fibroy [Tekst] // Tekhnologii i angliyskiy. – 2011. – № 8(29).
16. Gazi, Usama M. Vliyaniye povyshennoy temperatury na prochnost' pri szhatii stalefibrobetona [Tekst] // Zhurnal Vavilonskogo universiteta. Ay-Mustansiriya. – 2013. – № 3 (21).
17. Peskova, S. Vliyaniye vysokoy temperatury na razlichnykh kombinatsiyakh armirovannogo betona [Tekst] / S. Peskova, P. Prokhazka // 36-konferentsiya nashe slovo v betone i konstruksiyakh: tezisy dokladov. – Singapur: SI-Prem'yer PTE LTD. – 2011.
18. Pukharenko, YU.V. Nauchnyye i prakticheskiye osnovy formirovaniya struktury i svoystv fibrobetonov [Tekst]: dis. ... dokt. tekh. nauk: 05.23.05 / YU.V. Pukharenko. – Sankt-Peterburg, 2004. – 315 s.
19. Aronchik, V.B. Issledovaniye raboty armiruyushchego volokna v fibrobetone [Tekst]: dis. ... kand. tekh. nauk: 05.23.01 / V.B. Aronchik. – Latviyskiy nauchno-issledovatel'skiy i eksperimental'no-tekhnologicheskii institut stroitel'stva Gosstroya Latviyskoy SSR, Riga, 1982.
20. Kovaleva, A.YU. Formirovaniye makrostruktury stalefibrobetona [Tekst]: dis. ... kand. tekh. nauk: 05.23.05 / A.YU. Kovaleva. – Sankt-peterburgskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet, Sankt-Peterburg, 2001.
21. Rogachev, K.V. Opredeleniye izmeneniya fibrobetona pod deystviyem termicheskoy i radiatsionnoy nagruzki pri pomoshchi analiticheskoy modeli [Elektronnyy resurs] // VI nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya mo-lodykh uchenykh i spetsialistov atomnoy otrasli «KOMANDA-2015: tezisy doklada. Sankt-Peterburg, 2015. – Sistem. Trebovaniya: AdobeAcrobatReader. – URL: http://nsrus.ru/files/news/Tezisi_KOMANDA-2015.pdf
22. Denisov, A.V. Vliyaniye parametrov dispersnogo armirovaniya fibrobetona na analiticheskoye opredeleniye yego termicheskikh i radiatsionnykh izmeneniy [Tekst] / A.V. Denisov, K.V. Rogachev // Stroitel'stvo i re-konstruksiya. – 2015. – №4 (60).
23. Bentur, A. Tsementnyye kompozity, armirovannyye fibroy [Tekst] / A. Bentur, S. Mindest, S. Daymond. – London: Prikladnaya nauka, 1990.

24. Krasnovskiy, R.O. Preimushchestvo ispol'zovaniya fibrobetonov, armirovannykh dvumya tipami fibr [Tekst] / R.O. Krasnovskiy, K.V. Rogachev, A.V. Denisov // Materialy I Mezhdunarodnoy VII Vserossiyskoy kon-ferentsii NASKR. – Cheboksary: CHGU. – 2012. – S. 386-390.

25. Markovich, I. Vydergivaniye odinochno volokna iz gibridnoarmirovannogo fibrobetona [Tekst] / I. Markovich, Dzh.G.M. van Miyer, Dzh. S. Val'raven // Zhurnal Yeron. – 2001. – № 3 (46).

Konstantin Rogachev

Institute "Orgenergostoy", Moscow

Deputy Head of Department

E-mail: Rogachevkv@ioes.ru

СОВЕР-КАСПШИК И., УЙМА А.

ВОЗМОЖНОСТИ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СОЦИАЛЬНОМ МАРКЕТИНГЕ

Энергоэффективные или пассивные здания в ближайшие годы должны стать общей нормой в Польше и Европе. Различные типы рекламных, разъясняющих и образовательных мероприятий, повышают уровень общественных знаний населения о позитивных последствиях строительства и модернизации зданий, дотретьслжны привести к значительному улучшению энергетической эффективности строительства. В статье указаны примеры использования относительно нового инструмента - социального маркетинга - влияния на общественное знание в области энергоэффективного строительства. Приведённый пример использования социального маркетинга для продвижения данной идеи является очень любопытным и следовало бы развивать подобного типа проекты.

Ключевые слова: *энергосберегающее и энергоэффективное строительство, инвестиционные строительные решения, реклама, социальный маркетинг*

Введение

Энергоэффективные здания, как правило, дороже, чем традиционные, поэтому у инвесторов есть некоторые экономические а также психологические барьеры в принятии решений по их реализации. Несмотря на довольно значительный рост количества этого типа знаний со многими потенциальными инвесторами необходимо проводить активную работу направленную на указывание пользы от принятия комплексных энергосберегающих решений в проекте нового или подлежащего модернизации здания. К сожалению за частую принимаемые инвестором решения несут бихевиористский характер и оказываются неэффективными и не отвечающими его ожиданиям. Надо знать что проектируемые сегодня энергосберегающие здания это на столь сложные конструкции, не только на стадии проектирования а также дальнейшей эксплуатации, что разного рода разъяснительная работа оказывается необходима. Изменение энергетических стандартов зданий это результат внедрения новых строительных норм и правил, использование различных форм финансовой поддержки а также разъясняющая и образовательная деятельность.

Перспектива резкого обострения в ближайшее время строительных стандартов в области энергоэффективности зданий, требует активизации всяческого рода действий и мероприятий направленных на подготовку всех звеньев инвестиционного процесса к новым вызовам.

Различные типы рекламных, разъясняющих и образовательных мероприятий, повышают уровень общественных знаний населения о позитивных последствиях строительства и модернизации зданий, должны привести к значительному улучшению энергетической эффективности строительства. Сегодня в Польше постепенно растёт интерес к сертификации, подтверждающей что здание является энергосберегающим и потребляет минимальное количество энергии или его носителей в отличии от традиционных зданий.

Продвижение энергоэффективного строительства заключается в распространении и популяризации идей энергосбережения, что в итоге должно положительно повлиять на экологию в местном и глобальном масштабе, а также показать преимущества, связанные не только с энергетической, но и экономической, экологической, в том числе здоровьем человека, и социальной сферой.

1. Перспективы изменения энергетических стандартов в строительстве зданий

Распределение потребления конечной энергии в странах Европейского союза по данным за 2013 год, показывает, что тепло и электроэнергия составляют вместе ок. 69% всей потребляемой энергии.



Рисунок 1 – Распределение потребления конечной энергии в странах ЕС [1]

За период с 2009 по 2013 год распределение энергии по главным секторам экономики Европейского Союза, где расходуется энергия, следующее (таб. 1).

Таблица 1 – Распределение энергии по главным секторам экономики ЕС годам [2]

Года	Строительство и услуги	Промышленность	Транспорт
	%		
2009	40,8	27,2	32,0
2010	43,0	31,7	25,3
2011	41,0	26,0	33,0
2012	42,6	25,6	31,8
2013	43,3	25,1	31,6
Средняя величина	42,1	27,1	30,7

Оно показывает, что здания в ЕС расходуют ок. 42% всей энергии (таб. 1). В свою очередь, ок. 85% энергии потребляемой зданиями, это энергия, связанная с отоплением и приготовлением горячей воды. Если добавить к этому электроэнергию, связанную с охлаждением воздуха в зданиях эта величина достигает приблизительно 90%. [2]. Предполагается, что к 2050 году потребление энергии в жилых зданиях уменьшится на 29%, а общественных на 18%, по сравнению с 2010 годом [3].

Оказывается, что пропорции в потреблении энергии в отдельных отраслях экономики в нашей стране несколько иные (таб. 2). Характерно здесь то, что значительно выше доля расходуемой энергии зданиями, в среднем на строительство и услуги приходится 49,1%, 24,4% на промышленность, 26,5% на транспорт [4].

Таблица 2 – Распределение энергии по главным секторам экономики в Польше [4]

Года	Строительство и услуги	Промышленность	Транспорт
	%		
2009	47,6	26,9	25,6
2010	50,3	23,2	26,5
2011	47,5	25,0	27,5
2012	49,5	23,4	27,2
2013	50,5	23,8	25,7
Средняя величина	49,1	24,4	26,5

Требования в области экономии энергии и теплоизоляции зданий в странах Европейского Союза в последние года формируются на основании следующих документов:

- CPD (Construction Products Directive) - Директива 89/106/EWG Совета Европейского сообщества о сближении законов и подзаконных актов Государств-Членов, касающихся строительных изделий (отменена 9 мая 2011г.);

- CPR (Construction Products Regulation) - Постановление Европейского Парламента и Совета (ЕС) № 305/2011, устанавливающий единые условия для сбыта строительной продукции и отменяющее директиву Совета 89/106/ЕЕС (вступило в силу 24 апреля 2011 г.);

- EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) - Директива 2002/91/ЕС Европейского Парламента и Совета (ЕС) от 16 декабря 2002 года по энергоэффективности зданий, которая была пересмотрена и опубликована затем в виде Директивы Европейского Парламента и Совета (ЕС) 2010/31/ЕС (recast) от 19 мая 2010 года. по энергоэффективности зданий.

Предпосылки для создания выше упомянутых директив разные, однако, два аспекта являются ключевыми. Первая предпосылка, это необходимость ограничения потребления энергии, как способ ограничения энергетической зависимости стран Европейского Союза. Вторая предпосылка, это необходимость уменьшения потребления энергии из невозобновляемых источников в целях ограничения выбросов парниковых газов.

Результатом принятия этих директив были изменения введены в польские строительные требования.

Согласно польским строительным правилам здание будет выполнять требования по энергосбережению, в то время если показатель годового потребления первичной невозобновляемой энергии EP для отопления, вентиляции, подготовки горячей воды не будет превышать предельного значения $EP_{H+W(max)}$ (таб. 2) а коэффициент теплопередачи U всех внешних преград не будет превышать предельного значения $U_{c(max)}$ или U_{max} (таб. 3, 4) [5].

Очередное запланированное изменение технических правил по энергетике зданий, которое вступит в силу с 1 января 2017 года значительно обостряет требования к энергоэффективности - особенно в случае новых односемейных и общественных зданий. Надо подчеркнуть, что каждый год в Польше, вводится в строй около 80-90 тыс. зданий [7], что требует особенно серьезного подхода к данной проблеме.

Таблица 2 – Максимальная допустимая величина показателя первичной энергии, получаемой из невозобновляемых источников $EP_{H+W(max)}$, на нужды отопления, вентиляции и подготовки горячей воды [5]

Пн.	Тип здания	Дробные максимальные значения показателя первичной энергии получаемой из невозобновляемых источников $EP_{H+W(max)}$ на нужды отопления, вентиляции и подготовки горячей воды [кВт ч/(м ² год)]		
		с 1.01.2014 г	с 1.01.2017 г.	с 1.01.2021 г.*)
1	Жилое здание:			
	а) односемейное	120	95	70
	б) многосемейное	105	85	65
2	Здание для временного проживания (нп. отель, общежитие, дом отдыха итп.)	95	85	75
3	Общественное здание:			
	а) в ведомстве слызбы здоровья	390	290	190
	б) остальные	65	60	45
4	Хозяйственное, складское и производственное здание	110	90	70
с 1.01.2019 г. - здания, занимаемые или являющиеся собственностью органов государственной или местной власти				

Ещё другие уровни предельных величин показателя ЕР установлены были для зданий с помещениями, с кондиционированием воздуха, а также общественных зданий, для которых необходимо дополнительно учитывать потребление энергии на освещение.

Таблица 3 – Максимальная допустимая величина коэффициента теплопередачи $U_{c(max)}$ [5]

Пн.	Тип внешней преграды и температура в помещении	Коэффициент теплопередачи внешней преграды $U_{c(max)}$ [B/(м²К)]		
		с 1.01.2014 г	с 1.01.2017 г.	с 1.01.2021 г. ^{*)}
1	Внешняя стена при температуре в помещении: - $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ - $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ - $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
		0,45	0,45	0,45
		0,90	0,90	0,90
2	Внутренняя стена при разницы температуры: - $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ между отапливаемым помещением а коридором и лестничной клеткой - $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ - между отапливаемым и неотапливаемым помещением	1,00	1,00	1,00
		без требований 0,30	без требований 0,30	без требований 0,30
3	Стены прилегающее к деформационным швам с шириной: - до 5 см, закрыты и заполнены термоизоляцией на глубину как минимум 20 см - выше 5 см, независимо от способа закрытия и термоизоляции шва	1,00	1,00	1,00
		0,70	0,70	0,70
4	Стены неотапливаемых подземных помещений	без требований	без требований	без требований
5	Крыши, перекрытия под неотапливаемыми чердачными помещениями или над проездами в зданиях, при температуре в помещении: - $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ - $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ - $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
		0,30	0,30	0,30
		0,70	0,70	0,70
6	Полы по грунту, при температуре в помещении: - $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ - $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ - $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
		1,20	1,20	1,20
		1,50	1,50	1,50
7	Перекрытия над неотапливаемым помещением и закрытым подпольным пространством, при температуре в помещении: - $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ - $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ - $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	0,25	0,25	0,25
		0,30	0,30	0,30
		1,00	1,00	1,00
8	Перекрытия над подземным помещением и междуэтажное перекрыти, при разницы температуры между помещениями: - $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ - $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ - между отапливаемым и неотапливаемым помещением	1,00	1,00	1,00
		без ребований 0,25	без ребований 0,25	без ребований 0,25

Таблица 4 – Максимальная допустимая величина коэффициента теплопередачи окон и дверей U_{max} [5]

Пп.	Окна, балконные двери и внешние двери, и температура в помещении	Коэффициент теплопередачи внешней преграды U_{max} [В/(м ² К)]		
		с 1.01.2014 г	с 1.01.2017 г.	с 1.01.2021 г.*)
1	Окна (за исключением пластиковых), балконные двери и неоткрываемые прозрачные преграды, при температуре в помещении: - $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ - $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,3	1,1	0,9
		1,8	1,6	1,4
2	Окна в крышы, при температуре в помещении: : - $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ - $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,5	1,3	1,1
		1,8	1,6	1,4
3	Окна во внутренней стене, при температуре в помещении: : - $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ - $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ - между отапливаемым и неотапливаемым помещением	1,5	1,3	1,1
		без требований 1,5	без требований 1,3	без требований 1,1
4	Двери во внешних преградах и преградах между отапливаемым и неотапливаемым помещением	1,7	1,5	1,3
5	Окна и двери во внешних преградах и преградах неотапливаемых помещений	без требований	без требований	без требований

Согласно последним изменениям требований по определению энергетического сертификата здания, кроме показателя EP, необходимо рассчитывать показатель выбросов двууглекислово газа и процент потребляемой энергии за счёт возобновляемых источников. Однако для двух последних параметров строительные правила не указывают предельной величины.

В директиве EPBD а в последствии в строительных правилах появляется определение здания с почти нулевым потреблением энергии. Такого типа здания должны стать нормой начиная с 2021 года, а в случае зданий, занимаемых или являющихся собственностью органов государственной или местной власти, уже с 2019 года. По замыслу директивы, это здания с очень низким или практически нулевым энергопотреблением первичной энергии, которое должно быть обеспечено в значительной степени, из возобновляемых источников энергии. Исходя из этого определения, здание с почти нулевым потреблением энергии технически обозначает близкий к 0 кВт ч/(м²год) показатель потребления первичной невозобновляемой энергии - EP.

Как видно из данных помещенных в таблице 2, к 2021 году этот показатель, учитывающий только энергию на отопление, вентиляцию и подогрев горячей воды, предполагается снизится только до уровня 45-190 кВт ч/(м² год), зависимо от типа здания. Оказывается, что получение показателя EP близкого к 0 кВт ч/(м²год) в реальном проектировании не так простое, как можно это было записать в директиве. Очевидно также, что выполнение данных рекомендации в намечены сроки может быть очень трудное.

Данную ситуацию подтверждают также результаты расчётов и выводов какие получены были в отчёте [7], на основании которых рекомендованные были величины основных энергетических и экологических параметров для разных категории зданий с почти нулевым потреблением энергии, на период 2016 - 2020 год. (таб. 5). В таблице 5 помещены рекомендованные величины следующих показателей: показатель EP, процент потребляемой энергии за счёт возобновляемых источников $\eta_{виз}$ и показатель выбросов двууглекислово газа.

Таблица 5 – Рекомендованные величины параметров для разных типов зданий с почти нулевым потреблением энергии [7]

Пн.	Тип здания	Предельные величины	Год		
			2016	2019	2020
1	односемейное	EP, кВт ч/(м ² год)	70	-	30 - 50
		η ВИЭ, %	> 20	-	> 40
		CO ₂ , кг CO ₂ /(м ² год)	< 10	-	< 3 - 6
2	многоквартирное	EP, кВт ч/(м ² год)	90	-	30 - 50
		η ВИЭ, %	> 20	-	> 40
		CO ₂ , кг CO ₂ /(м ² год)	< 10	-	< 3 - 6
3	офисное	EP, кВт ч/(м ² год)	100	-	50 - 60
		η ВИЭ, %	> 20	-	> 40
		CO ₂ , кг CO ₂ /(м ² год)	< 15	-	< 8 - 10
4	административное для органов власти	EP, кВт ч/(м ² год)	80	40 - 60	-
		η ВИЭ, %	> 20	> 50	-
		CO ₂ , кг CO ₂ /(м ² год)	< 12	< 5 - 8	-

В 2013 году введена была первая в Польше программа субсидирования строительства энергосберегающих зданий в стандарте NF 40 и пассивных зданий в стандарте NF 15. Символы обозначают максимальный уровень потребления конечной энергии на отопление 40 кВтч/(м²К) и 15 кВтч/(м²К). Инвесторы смогут получить дотацию в размере 30 000 и 50 000 польских зл. для односемейного дома или 11 000 и 16 000 польских зл. для квартиры. Чтобы получить дотацию необходимо выполнить ряд требований, в том числе касающихся теплоизоляции внешних преград здания (табл. 6).

Таблица 6 – Допустимая величина коэффициента теплопередачи внешней преграды энергетического стандарта здания NF 15 и NF 40 [8]

Пн.	Тип внешней преграды	Допустимая величина коэффициента U _C [В/(м ² К)]			
		NF 15		NF 40	
		одно-семейный	многоквартирный	одно-семейный	многоквартирный
1	Внешняя стена	0,12	0,15	0,20	0,23
2	Крыши, перекрытия под неотапливаемыми чердачными помещениями или над проездами в зданиях			0,15	0,18
3	Перекрытия над неотапливаемым помещением и закрытым подпольным пространством, полы по грунту			0,25	0,25
4	Окна во внутренней стене, окна в крыши, балконные двери, прозрачные неоткрываемые внешние преграды	0,80	0,80	1,10	1,10
5	Двери во внешних преградах и гаражные двери	1,10	1,10	1,30	1,50

Разработан был также документ в виде национального плана увеличения числа зданий с низким потреблением энергии [9], указывающий существующие условия и возможности для достижения, экономически оправданного повышения энергоэффективности зданий. Кроме того, план представляет действия правительства, предпринимаемые в целях совершенствования проектирования, строительства и реконструкции зданий в целях повышения показателей энергосбережения и увеличения использования энергии из возобновляемых источников энергии в новых и существующих зданиях [9].

Одной из характерных тенденций проектирования современных зданий, так называемых зелёных, является учёт различных экологических аспектов. Здания энергоэффективные, близкие к зеленому строительству, благодаря минимальному потреблению энергии генерируют очень низкий уровень выбросов в окружающую среду продуктов сгорания топлива. По данным последнего отчёта [10], представляющим результаты анализа состояния и прогноз развития эко-строительства в 69 странах, в течение ближайших 2-3 лет в двое увеличится количество зданий, характеризующихся минимальным негативным воздействием на окружающую среду. Специалисты прогнозируют, что в 2018 году в более чем 60% проектов зданий будут приняты решения применяемые в зелёном строительстве. Это касается прежде всего офисных и общественных зданий, так существующих, как и модернизированных, для которых инвестор старается получить определённый экологический сертификат

В польском строительстве используются в основном две системы многокритериальной экологической сертификации: британский Breeam и американского Leed. Как следует из отчета [11], в Польше было 249 сертифицированных офисных объектов в системе BREEAM или LEED. Это на 60% больше, чем в 2014 году. Больше всего объектов с экологическими сертификатами находится в Варшаве (126), Кракове (26) и Познани (17).

2. Результаты опроса общественного мнения в области энергоэффективного строительства

Очень любопытным оказываются результаты опросов проводимых в последнее время по вопросам энергетики зданий. Несмотря на то, что на тему энергии в масштабе Польши, Европы и всего мира, говорится всё больше, большинство поляков до сих пор имеет слабое представление относительно масштаба расходования энергии для нужд строительства, особенно в период эксплуатации зданий, а также влияния процессов снабжения зданий энергией на состояние окружающей среды. Многие не могут на пример правильно оценить, какова часть из всей энергии, расходуется на отопление зданий.

Из опроса общественного мнения „Поляки об энергосбережении”, ещё недавно, в 2007 году [12], 71% опрошенных указало, что больше всего энергии расходует промышленность, а на здания приходится только 18%.

На вопрос, каков процент в потреблении энергием составляет энергия на отопление квартиры/дома, больше всего опрошенных 35% дало ответ, что это до 20% всей энергии потребляемой зданием. Значительная часть, 23% опрошенных вообще не смогла дать ответа. Можно принять, что только ок. 16% опрошенных была близка истины [12].

На вопрос, что больше всего влияет на расходы связанные с энергией в квартире/доме: 32% опрошенных указало отопление, 46% освещение и электрооборудование, 8% подогрев горячей воды, 7% топливо для машины а 7% не смогло дать ответ [11].”

На самом деле доли участия в энергопотреблении отдельных инженерных систем зданий в Польше, следующие (таб. 7) (рис. 2).

Таблица 7 – Доля расходования энергии отдельными инженерными системами зданий [13]

Инженерные системы	Год		
	2002	2009	2012
	%		
Отопление	71,3	70,2	68,8
Подогрев горячей воды	15,0	14,4	14,8
Подготовка еды в кухне	7,1	8,2	8,3
Освещение	2,3	1,8	1,5
Электрооборудование	4,3	5,4	6,6



Рисунок 2 – Доля расходования энергии отдельными инженерными системами зданий в 2012 году [13]

Несмотря на растущее сознание в области энергосбережения, все ещё относительно редко владелец здания предпринимает действия связанные с понижением энергопотребления на отопление и вентиляцию. Только каждый десятый поляк имеет энергосберегающее оборудование, при чём наибольшей популярностью пользуются относительно новые, энергосберегающие: телевизоры (68%), стиральные машины (65%), ноутбуки (49%), чайники (49%) а наименее популярными остаются энергосберегающие элементы и системы отопления (7%) [14].

Из отчёта на тему польского энергетического сектора большинство опрошенных (87%) утверждает, что старается беречь энергию, в основном электроэнергию. Как главный повод своих решений указывает финансовые предпосылки [15].

По результатам очередного опроса проведённого в 2013 в рамках акции "Энергосбережение в моем доме/квартире" следует, что сравнительно небольшая часть поляков ок. 19% опрошенных указывает отопление, как наиболее энергоёмкий эксплуатационный процесс. Расходы энергии на электрооборудование указало 51% опрошенных, 14% расходы на подогрев горячей воды, а 13% расходы на освещение. По сравнению с ранее проведёнными опросами видно, что сознание в этой области не изменилось значительно [16].

Опрос общественного мнения "Энергоэффективность в моём доме" проведённый в 2015 показывает на небольшой прогресс, но всё таки сознание в области энергетики зданий остаётся неудовлетворительное. Больше половины поляков не знает, что больше всего энергии в их домах расходуется на отопление (только 24% опрошенных указали на отопление помещений), 46% опрошенных заявили, что больше всего энергии в их зданиях расходуется электроприборами [17]. Опрос проведённый в 2015 году показал, что 86% поляков энергосбережение связывает только с уменьшением потребления электричества.

3. Применение социального маркетинга для продвижения энергоэффективного строительства

Многие популярные социально-ориентированные стратегии, несмотря на свое широкое распространение, не получили не только единого определения, но и зачастую представления о них. К ним относится получающий всё большую популярность инструмент влияния на общественное сознание в форме социального маркетинга.

Социальный маркетинг - предполагает использование методов коммерческого маркетинга для анализа, планирования, реализации и оценки программ, воздействующих на преднамеренные поведения выбранных групп потребителей, в целях повышения благосостояния человека и состояния общества. Социальный маркетинг использует процесс планирования и применяет принципы и методы традиционного маркетинга, концентрируется на изменении поведения, и предназначен, чтобы приносить пользу обществу. Понятие "социальный маркетинг" включает в себя социальную рекламу, и другие, кроме рекламы, способы воздействия. Миссия социальной рекламы-это убеждение или препятствовать аудитории к определенной идее или

поведения. Другие мероприятия направлены на содействие внедрению в жизнь новых подходов и поведения получателя сообщения. Общественная кампания - это, по расписанию во время работы с использованием инструментов маркетинга, в частности рекламы и связей с Общественностью, которые влияют на изменение отношения и способа мышления. Это, в свою очередь, ведет к решению социальных проблем, блокирующих достижение общего блага, определенного в качестве маркетинговой цели.

Одним из рекламных мероприятий проверенных в 2014 году в Польше, связанным с энергосбережением, была акция под названием "Дом, который экономит для меня" [18]. Её целью являлось ознакомление и убеждение сегодняшних, а прежде всего будущих инвесторов, в строительстве пассивных и энергосберегающих зданий, использующих возобновляемые источники энергии (таб. 8). Она была направлена и получила большой отклик прежде всего среди молодого поколения.

Таблица 8 – Основы маркетинговой кампании „Дом, который экономит для меня” [19]

Маркетинговый вызов	Преимущественная целевая аудитория	Реализация
<p>Стимулирование строительства домов в технологии пассивного, энергосберегающего и использовании возобновляемых источников энергии, путем построения сознательных рентабельности действий данной инвестиции. Это решение дороже стандартного, но должно быстро окупиться благодаря более низким расходам на эксплуатацию.</p> <p>Клиент ждал яркого, интересного предложения, которое должно выделяться на фоне других рекламных материалов.</p>	<p>Лица планирующие строительство / реконструкцию жилого дома или квартиры, в течение ближайших 3-х лет, в возрасте 25-54 лет, с ежемесячным доходом на семью более чем 5 000 польских злотых нетто.</p> <p>Анализ исследований показывает на значительное влияние женщин на приём решений относительно строительства или модернизации дома / квартиры</p>	<p>Ключевым элементом кампании и связующим элементом акции была вебстраница www.oszczedzam-energie.pl, содержащая базу статей, руководств и графический материал. Для того, чтобы ознакомиться с его содержанием информировала кампания в интернете и прессе.</p> <p>Создано было приложение AR для мобильных устройств, где пользователи могут создавать пассивный или энергоэффективный дом и сравнивать ежегодную экономию средств по сравнению с традиционным домом. Кампания поддерживается PR-деятельности (в том числе при использовании обучения для журналистов и блоггеров). Применен был также элемент в виде раздачи кофе из специального foodtrucka.</p>

Эта акция была основана на креативной идеи подбора разных строительных решений и расчёта получаемых эффектов при эксплуатации пассивного или энергосберегающего здания, в котором предполагается использование возобновляемых источников энергии. Выбирая разные решения можно было добиться такого варианта, который позволяет снизить бытовые расходы владельца и даёт возможность расходования сэкономленных средств на различные другие потребности. Предполагалось, что таким образом повысится количество инвесторов, которые захотят построить собственный дом с помощью кредита, с возможностью его погашения благодаря экономии расходов на содержание дома.

Вся акция с разновидностью запланированных мероприятий вписывается в действия характерны для социального маркетинга. Целью социальных акций, в том числе социального маркетинга, является убеждение данной аудитории, для которой она организуется, чтобы приняли, изменили или отвергли определённые взгляды, отношения или поведения. Предложенные меры, включая широкий спектр инструментов, которые оказывают воздействие на потенциальных инвесторов и круг лиц с его окружения, относятся к активности в рамках социального маркетинга.

Ключевым элементом акции было создание вебсторони www.oszczedzam-energie.pl, содержащей базу технических и других данных, базу статей, руководства, графический и видео материал. Для ознакомления с её содержанием организована была кампания в интернете и прессе. Было создано также приложение для мобильных устройств AR (Augmented Reality), в

которой пользователь мог перейти виртуальный процесс проектирования и строительства энергоэффективного или пассивного дома. Пользователь мог изменять габариты и поворачивать отображаемый деталь здания, взаимодействовать с ним, изменять его технические параметры, а также получить дополнительную информацию с помощью текстового описания (рис. 3). Узнавал также, что важно при выборе технологии строительных и монтажных работ, а также смог убедиться, сколько может сэкономить на сножении потребления энергии для отопления и вентиляции.

Страница также содержит предложения относительно того, какие можно использовать внутренние коммуникации и каков можно при этом ожидать уровень сбережений. Пользователь может найти ответы на следующие вопросы: На что надо обратить внимание при проектировании энергоэффективного или пассивного дома? Как надо организовать и как должно проходить строительство? Что такое энергетический сертификат здания? Как получить финансовую поддержку? Как жить в пассивном доме? Сколько можно сэкономить? Данную функцию выполняет мобильное приложение 3D, которое позволяет создать концепцию дома, обеспечивая принятие соответствующих проектных решений для энергоэффективного или пассивного дома. Позволяет рассчитать размер ежегодной экономии энергии для отопления и вентиляции по сравнению с обычным зданием. С помощью приложения можно посмотреть 3D-модель такого здания. Программа, которую можно скачать из магазина Google Play доступна на устройствах iOS и Android.



Рисунок 3 – Вид экрана с указанием возможности поворота здания относительно сторон света [19]

Для лучшего ознакомления с преимуществами энергосберегающего строительства было предложено также общение через Facebook. Опубликовано также три инфографики под названием „Дом, который экономит для меня”. Через Facebook можно было также узнать, где дают „кофе из домика, который экономит для меня”.

Кампанию поддерживали действия в форме PR (в том числе обучение, тренинг для журналистов и блоггеров). Была проведена также маркетинговая семплинговая акция с раздачей кофе, с QR-кодом доступа к программе (рис. 4), из специального домика-foodtrucka. На вебстранице находится также, специальный калькулятор, позволяющий оценить величину сбережения, которое даёт построенные в стандарте энергоэффективного или пассивного дома по сравнению с обычным.



Рисунок 4 – Вид стаканчика из под кофе с QR-кодом доступа к программе калькулятору [19]

Использовались всякого рода инструменты коммуникаций в интернете: сайт, приложения для мобильных устройств (iOS, Android), AdWords, баннеры, видео insert, mobile (кампания в мобильных приложениях и реклама в электронных выпусках еженедельников и журналов (статьи, ссылки, материалы пригатовленные от редакции, спонсоринг в сми). В прессе: печатные и рекламные материалы, в самых известных еженедельниках и журналах по архитектуре, по строительству и строительному оборудованию - всего 17 названий журналов, модель дома с функцией копилки итп. В течение только шести недель информация просматривалась на популярных интернет-порталах, а также на канале YouTube больше чем 400 тысячу раз, вход на страницы с рекламой, ок. 80 млн раз [20].

Акция включена была в ряд образовательных и рекламных мероприятий в области энергоэффективности и использованию возобновляемых источников энергии, в том числе идеи домов безвредных для окружающей среды.

Проект „Дом, который экономит для меня” получил главный приз на Конкурсе Общественная кампания года 2014 в категории "Кампания на экологическую тему". Главными аргументами, подчёркнутыми в обосновании вердикта жюри конкурса были: интересный, нестандартный подход в создании положительной мотивации экологической деятельности, остроумная символика, а также соответствующий выбор форм общения и передачи информации общественным кругам.

Заключение

В заключении надо подчеркнуть, что процесс внедрения энергосберегающего и пассивного строительства очень сложный. То что изменение в потреблении энергии в строительной отрасли очень медленное показывают статистические данные. Опрос общественного мнения показывает также на сравнительно слабый уровень знаний в области энергоэффективности в строительстве. Недостаточно создание соответствующих строительных правил. Необходимо проводить многостороннюю образовательную акцию подготавливающую к осознанию разными группами инвестиционного процесса идеи строительства и дальнейшей эксплуатации данного стандарта зданий. Приведённый пример использования социального маркетинга для продвижения данной идеи является очень любопытным и следовало бы развивать подобного типа проекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. EU Energy in Figures Statistical Pocketbook. Publications Office of the European Union Luxembourg, 2015
2. EU Transport in Figures Statistical Pocketbook. Publications Office of the European Union Luxembourg, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015
3. Transition to Sustainable Buildings Strategies and Opportunities to 2050. International Energy Agency. – URL: <http://www.iea.org/etp/buildings>
4. Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Statistical yearbook of the Republic of Poland. Główny Urząd Statystyczny. Central Statistical Office, Warszawa 2011, 2012, 2013, 2014, 2015
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690) tj. z dnia 17 lipca 2015 r. (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422)
6. Budownictwo wyniki działalności w 2014r. Construction activity results, Główny Urząd Statystyczny. Central Statistical Office, Warszawa 2015
7. Rozwój budownictwa o niemal zerowym zużyciu energii w Polsce w kierunku podstawowych definicji i programu wdrażania. Buildings Performance Institute Europe (BPIE) 2012
8. Program priorytetowy Poprawa efektywności energetycznej. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2015
9. Krajowy Plan mający na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii. Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Warszawa 2015
10. World Green Building Trends 2016 Developing Markets Accelerate Global Green Growth. www.analytics-store.construction.com
11. Zielone budynki w Polsce 2015. Raport Colliers International, Warszawa 2015

12. Polacy o oszczędzaniu energii. Raport TNS OBOP 2007
13. Efektywność wykorzystania energii w latach 2002-2012. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014
14. Świadomość energetyczna Polaków, 2013. Raport RWE Polska
15. Polska efektywna energetycznie, 2012. Raport URE oraz TNS OBOP
16. Energooszczędność w moim domu 2013 Raport TNS OBOP
17. Energooszczędność w moim domu 2015 Raport TNS OBOP
18. Dom, który dla mnie oszczędza. Kampania Ministerstwa Środowiska. Nowa Energia 2014
19. Dom, który dla mnie oszczędza, 2014. – URL: http://www.fks.com.pl/artukul.php?id_artukul=331
20. Szekalska Ewa, Resort środowiska edukuje w zakresie oszczędzania energii. – URL: <http://www.teraz-srodowisko.pl/>

Изабелла Совер-Каспшик

Ченстоховский политехнический университет, г. Ченстохова (Польша)
к.т.н.

Адам Уйма

Ченстоховский политехнический университет, г. Ченстохова (Польша)
к.т.н.
E-mail: aujma55@wp.pl

I. SOWIER-KASPRZYK, A. UJMA

THE POSSIBILITY OF ENCOURAGING ENERGY EFFICIENCY CONSTRUCTION IN SOCIAL MARKETING

Energy efficient or passive buildings in the coming years to become the general rule in Poland and Europe. Various types of advertising, clarifying and educational activities, increase the level of public knowledge of the population about the positive consequences of the construction and modernization of buildings, should lead to significant improvements in energy efficiency construction. The paper listed examples of relatively new tool - social marketing - to influence public knowledge in the field of energy efficient construction. The above example of the use of social marketing to promote this idea is very interesting and should develop this type of projects.

Keywords: *energoberegayuschee energoeffektivnoe and construction, investment ctpoitelne solutions peklama, social marketing*

BIBLIOGRAPHY

1. EU Energy in Figures Statistical Pocketbook. Publications Office of the European Union Luxembourg, 2015
2. EU Transport in Figures Statistical Pocketbook. Publications Office of the European Union Luxembourg, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015
3. Transition to Sustainable Buildings Strategies and Opportunities to 2050. International Energy Agency. – URL: <http://www.iea.org/etp/buildings>
4. Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Statistical yearbook of the Republic of Poland. Główny Urząd Statystyczny. Central Statistical Office, Warszawa 2011, 2012, 2013, 2014, 2015
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690) tj. z dnia 17 lipca 2015 r. (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422)
6. Budownictwo wyniki działalności w 2014r. Construction activity results, Główny Urząd Statystyczny. Central Statistical Office, Warszawa 2015
7. Rozwój budownictwa o niemal zerowym zużyciu energii w Polsce w kierunku podstawowych definicji i programu wdrażania. Buildings Performance Institute Europe (BPIE) 2012
8. Program priorytetowy Poprawa efektywności energetycznej. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2015

9. Krajowy Plan mający na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii. Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Warszawa 2015
10. World Green Building Trends 2016 Developing Markets Accelerate Global Green Growth. www.analytics-store.construction.com
11. Zielone budynki w Polsce 2015. Raport Colliers International, Warszawa 2015
12. Polacy o oszczędzaniu energii. Raport TNS OBOP 2007
13. Efektywność wykorzystania energii w latach 2002-2012. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014
14. Świadomość energetyczna Polaków, 2013. Raport RWE Polska
15. Polska efektywna energetycznie, 2012. Raport URE oraz TNS OBOP
16. Energooszczędność w moim domu 2013 Raport TNS OBOP
17. Energooszczędność w moim domu 2015 Raport TNS OBOP
18. Dom, który dla mnie oszczędza. Kampania Ministerstwa Środowiska. Nowa Energia 2014
19. Dom, który dla mnie oszczędza, 2014. – URL: http://www.fks.com.pl/artukul.php?id_artukul=331
20. Szekalska Ewa, Resort środowiska edukuje w zakresie oszczędzania energii. – URL: <http://www.teraz-srodowisko.pl/>

Izabella Sowier-Kasprzyk

Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland
PhD of Engineering

Adam Ujma

Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland
PhD of Engineering
E-mail: aujma55@wp.pl

ТРЕТЬЯКОВ В.И., БОГОМОЛОВА Л.К., ГУЗОВА Э.С.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК ДЛЯ ОКОННЫХ, ДВЕРНЫХ БЛОКОВ И СТРУКТУРНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ ФАСАДОВ

Статья посвящена вопросам определения долговечности уплотняющих прокладок для светопрозрачных конструкций. Приведены стандарты, где указаны требования к прокладкам и методу проведения их испытаний. Рассмотрены методики определения долговечности уплотнителей, в основу которых положены циклические испытания, имитирующие климатические воздействия в условиях эксплуатации и соответствующие условному сроку службы. Авторами статьи определены диапазоны значений физико-механических характеристик изделий, которым они изначально должно соответствовать. В случае, если значения изделия не попадают в указанные интервалы, то дальнейшее проведение цикла испытаний на долговечность не целесообразно. Данные значения приведены для уплотняющих прокладок типов EPDM и TPE для оконных и дверных блоков и прокладок для структурного остекления - тип EPDM и силиконовые.

Ключевые слова: уплотняющие прокладки, испытания на долговечность, оконные и дверные блоки, структурное остекление.

Одна из ключевых ролей в светопрозрачных ограждающих конструкциях на сегодняшний день, несомненно, принадлежит уплотнителю – элементу, обеспечивающему максимально тесное прилегание оконной створки к раме [1-5]. Именно он помогает создать надежный барьер для защиты внутреннего климата помещения от негативных внешних воздействий [6, 7]. Поэтому от качества материала, из которого изготовлена уплотнительная прокладка, напрямую зависит качество и срок службы всей конструкции.

Важнейшей характеристикой современных уплотнителей является их долговечность [8-11], т.е. способность сохранять эксплуатационные качества в течение заданного срока службы; именно она определяет эффективность их использования в строительстве. И если за рубежом проблемам качества уплотнительных прокладок давно уделяется значительное внимание, то в России этим вопросом начали заниматься только с 1998 г.

В 2001 г. был создан ГОСТ 30778-2001 «Прокладки уплотняющие из эластичных материалов для оконных и дверных блоков. Технические условия», который способствовал широкому внедрению в нашей стране уплотнителей из эластомерных материалов. В стандарте в качестве требований указывалось, что уплотнители должны быть устойчивы к длительному атмосферному воздействию, многократному и длительному статическому сжатию, однако методики их испытаний приведены не были.

Позже был разработан ГОСТ 31362-2007 «Прокладки уплотняющие для оконных и дверных блоков. Метод определения сопротивления эксплуатационным воздействиям», в основу которого была положена "Методика оценки долговечности уплотнительных прокладок для окон и дверей из поливинилхлоридных профилей", заключающаяся в проведении испытаний, имитирующих климатические воздействия на светопрозрачные конструкции на территории России. Критерием оценки результатов испытаний являлось изменение основных характеристик изделия после заданного числа циклов испытаний. Но максимальный срок долговечности, который можно было таким образом определить, составлял 20 условных лет эксплуатации и не распространялся на структурное остекление.

С целью проведения испытаний, рассчитанных на определение более продолжительного срока службы (40 условных лет эксплуатации), в НИИСФ РААСН была разработана «Методика определения долговечности уплотнительных прокладок для светопрозрачных ограждающих

конструкций с учетом природно-климатических воздействий в условиях эксплуатации», применение которой стало возможно, в том числе, для каркасных элементов светопрозрачных ограждающих конструкций фасадов зданий за счет более жестких условий ускоренных испытаний.

Данная методика предусматривает проведение ускоренных испытаний уплотнителей циклическими воздействиями переменных положительных и отрицательных температур, влажности, термосветоозонного старения, слабоагрессивных химических сред (растворов, соляного тумана) и многократного статического сжатия (для уплотнителей, применяемых в притворах светопрозрачных ограждающих конструкций), после которых определяются изменения физико-механических показателей у исследуемых образцов (рис. 1, 2). Такими показателями являются: разрушающая нагрузка, относительное удлинение при разрыве, изменение линейных размеров после теплового воздействия, водопоглощение, гибкость на брус с закруглением радиусом 10 мм при температуре минус 50 °С и стойкость к многократному статическому сжатию. Каждые 12 полных циклов испытаний соответствуют 10 условным годам эксплуатации, таким образом, для 20 и 40 условных лет эксплуатации необходимо проведение 24 и 48 циклов испытаний соответственно. Такая работа представляет собой довольно длительный и дорогостоящий процесс, а полученные результаты не всегда положительны.

Важной особенностью методик оценки долговечности уплотнительных прокладок является то, что они предусматривают предварительные испытания, которые определяют конкретные физико-механические характеристики изделия. Установление значений этих характеристик заранее, до проведения длительных климатических испытаний, позволяет исключить заведомо непригодные материалы.

По итогам многолетней работы специалистами ИЛ «Стройполимертест» НИИСФ РААСН были собраны и проанализированы данные, на основе которых составлен допустимый диапазон значений показателей для этапа предварительных испытаний, применительно к условиям умеренного климата России.

Ниже в таблицах представлены средние значения физико-механических показателей уплотняющих прокладок для оконных и дверных блоков типов ТРЕ (термоэластопласт) и EPDM (этиленпропилендиеновый каучук), для которых долговечность составляет не менее 20 условных лет эксплуатации.

Таблица 1 – Тип прокладки – ТРЕ (ГОСТ 30778-2001)*

Наименование показателя, среднее значение, ед.измерения					
Жесткость, Н	Остаточная деформация при растяжении, %	Гибкость на брус при минус 45°С при R= 10мм	Изменение линейных размеров,%	Водопоглощение по массе, %	Устойчивость к многократному изгибу (20000 циклов)
1	2	3	4	5	6
10÷20	0÷25	Выдержал испытание	0÷0,5	0÷14	Выдержал испытание

* Примечание: испытания проведены за 10 последних лет для 16 фирм и 16 видов прокладок ТРЕ.

Таблица 2 – Тип прокладки – EPDM (ГОСТ 30778-2001)*

Наименование показателя, среднее значение, ед.измерения					
Жесткость, Н	Остаточная деформация при растяжении, %	Гибкость на брус при минус 45°С при R= 10мм	Изменение линейных размеров,%	Водопоглощение по массе, %	Устойчивость к многократному изгибу (20000 циклов)
1	2	3	4	5	6
11÷25,8	0÷12,2	Выдержал испытание	0	0	Выдержал испытание

* Примечание: испытания проведены за последние 10 лет для 12 фирм и 12 видов прокладок EPDM.



Рисунок 1 – Определение твердости по Шору уплотняющей прокладки для структурного остекления фасадов

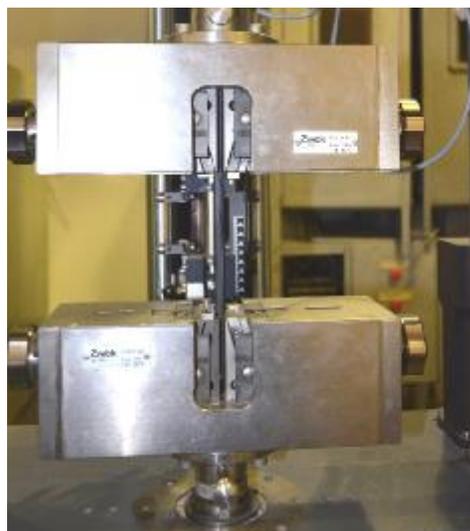


Рисунок 2 – Определение прочности и относительного удлинения при разрыве уплотняющей прокладки для структурного остекления фасадов на универсальной испытательной машине ЦВИК Z 005

В таблицах 3 и 4 представлены значения физико-механических показателей уплотняющих прокладок для структурного остекления фасадов типов EPDM и силиконовых. Для них долговечность составляет не менее 40 условных лет эксплуатации.

Таблица 3 – Тип прокладки – EPDM (ТУ)

Наименование показателя, среднее значение, ед.измерения						
Твердость по Шору, ед.Шора	Условная прочность, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Гибкость на брусе при минус 45°С при R=10мм	Изменение линейных размеров, %	Водопоглощение по массе, %	Устойчивость к многократному изгибу (20000 циклов)
1	2	3	4	5	6	7
56÷67	8,5÷9,7	286÷347	Выдержал испытание	0÷0,2	0÷0,2	Выдержал испытание

* Примечание: испытания проведены за последние 10 лет для 5 фирм и 46 различных прокладок EPDM.

Таблица 4 – Тип прокладки – силиконовые (ТУ)

Наименование показателя, среднее значение, ед.измерения						
Твердость по Шору, ед.Шора	Условная прочность, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Гибкость на брусе при минус 45°С при R=10мм	Изменение линейных размеров, %	Водопоглощение по массе, %	Устойчивость к многократному изгибу (20000 циклов)
1	2	3	4	5	6	7
57÷75	6,1÷11,4	300÷545	Выдержал испытание	0÷0,3	0÷0,2	Выдержал испытание

* Примечание: испытания проведены за последние 8 лет для 6 фирм и 35 видов силиконовых прокладок.

Таким образом, если характеристики изделия изначально находятся в пределах указанных выше значений, то можно говорить о целесообразности дальнейшей работы с материалом. В противном случае проведение дорогостоящих и длительных климатических испытаний становится бессмысленным, т.к. с наибольшей вероятностью можно утверждать, что заключение по ним будут неудовлетворительным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов, А.П. Особенности проектирования полимерных уплотнителей [Текст] // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2014. – № 3. – С. 39-42.
2. Спиридонов, А.В. Развитие светопрозрачных конструкций в России [Текст] / А.В. Спиридонов, И.Л. Шубин // Светотехника. – 2014. – № 3. – С. 46-51.
3. Шутилин, Ю.Ф. Некоторые особенности потребительских свойств эластомерных уплотнителей [Текст] / Ю.Ф. Шутилин, С.Ю. Панов, В.В. Моисеев, С.И. Корыстин // Каучук и резина. – 2015. – № 2. – С. 20-21.
4. Ахмяров, Т.А. Энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающие конструкции [Текст] / Т.А. Ахмяров, А.В. Спиридонов, И.Л. Шубин // Энергосбережение. – 2015. – №1. – С. 64-80.
5. Спиридонов, А.В. Светопрозрачные конструкции в России: вчера и сегодня [Текст] // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2015. – № 1 (192). – С. 46-51.
6. Ахмяров, Т.А. Энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные ограждающие конструкции [Текст] / Т.А. Ахмяров, А.В. Спиридонов, И.Л. Шубин // Энергосбережение. – 2014. – № 8. – С. 62-65.
7. Бутцев, Б.И. Современные светопрозрачные конструкции в зеленом строительстве [Текст] // Энергосбережение. – 2013. – № 6. – С. 34-37.
8. Давыдова, Е.И. Светопрозрачные конструкции и методы повышения их энергоэффективности [Текст] / Е.И. Давыдова, П.А. Гнам, Д.С. Тарасова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 5 (32). – С. 112-128.
9. Ахмяров, Т.А. Эффективность вентилируемых ограждающих и светопрозрачных конструкций с активной рекуперацией выходящего теплового потока [Текст] / Т.А. Ахмяров, В.А. Лобанов, А.В. Спиридонов, И.Л. Шубин // Жилищное строительство. – 2015. – № 4. – С. 28-34.
10. Беляев, В.С. Энергосбережение при выборе светопрозрачных наружных ограждений [Текст] // Жилищное строительство. – 2014. – № 8. – С. 6-11.
11. Коржнева, Т.Г. Анализ теплотерь помещений через системы естественного освещения [Текст] / Т.Г. Коржнева, В.Я. Ушаков, А.Т. Овчаров // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. – № 4. – С. 56-60.

Владимир Игоревич Третьяков

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
К.т.н., заведующий лабораторией «Стройполимертест»
E-mail: niisf 102@mail.ru

Лариса Константиновна Богомолова

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
К.х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории «Стройполимертест»
E-mail: lb102@rambler.ru

Эмилия Самуиловна Гузова

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва
К.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории «Стройполимертест»
E-mail: guzova@bk.ru

PHYSICOMECHANICAL CRITERIA FOR ASSESSMENT OF DURABILITY OF SEALING LAYING FOR WINDOW, DOOR BLOCKS AND THE STRUCTURAL GLAZING OF FACADES

Article is devoted to questions of definition of durability of the sealing layer for translucent designs. The standards with requirements for the packing and the method of its tests are provided. Techniques of definition of durability of sealing layer which basis the cyclic tests imitating climatic influences under operating conditions and corresponding to probation of service are considered. The authors have determined ranges of values of physicomechanical characteristics of the products to which they initially has to correspond. If the value of the product don't get to the specified intervals, the continuation of the cycle of the durability test is not appropriate. These values are given for the sealing layer of the EPDM and TPE types for window and door blocks and laying for a structural glazing - the EPDM type and silicone.

Keywords: *sealing layer, tests for durability, window and door blocks, structural glazing.*

BIBLIOGRAPHY

1. Abrosimov, A.P. Osobennosti proyektirovaniya polimernykh uplotniteley [Tekst] // Promyshlennoye proizvodstvo i ispol'zovaniye elastomerov. – 2014. – № 3. – S. 39-42.
2. Spiridonov, A.V. Razvitiye svetoprozrachnykh konstruktsiy v Rossii [Tekst] / A.V. Spiridonov, I.L. Shubin // Svetotekhnika. – 2014. – № 3. – S. 46-51.
3. Shutilin, YU.F. Nekotoryye osobennosti potrebitel'skikh svoystv elastomernykh uplotniteley [Tekst] / YU.F. Shutilin, S.YU. Panov, V.V. Moiseyev, S.I. Korystin // Kauchuk i rezina. – 2015. – № 2. – S. 20-21.
4. Akhmyarov, T.A. Energoeffektivnyye ventiliruyemyye svetoprozrachnyye ograzhdayushchiye konstruktsii [Tekst] / T.A. Akhmyarov, A.V. Spiridonov, I.L. Shubin // Energosberezheniye. – 2015. – №1. – S. 64-80.
5. Spiridonov, A.V. Svetoprozrachnyye konstruktsii v Rossii: vchera i segodnya [Tekst] // Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka. – 2015. – № 1 (192). – S. 46-51.
6. Akhmyarov, T.A. Energoeffektivnyye ventiliruyemyye svetoprozrachnyye ograzhdayushchiye konstruktsii [Tekst] / T.A. Akhmyarov, A.V. Spiridonov, I.L. Shubin // Energosberezheniye. – 2014. – № 8. – S. 62-65.
7. Buttsev, B.I. Sovremennyye svetoprozrachnyye konstruktsii v zelenom stroitel'stve [Tekst] // Energo-sberezheniye. – 2013. – № 6. – S. 34-37.
8. Davydova, Ye.I. Svetoprozrachnyye konstruktsii i metody povysheniya ikh energoeffektivnosti [Tekst] / Ye.I. Davydova, P.A. Gnam, D.S. Tarasova // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. – 2015. – № 5 (32). – S. 112-128.
9. Akhmyarov, T.A. Effektivnost' ventiliruyemykh ograzhdayushchikh i svetoprozrachnykh konstruktsiy s aktivnoy rekuperatsiyey vykhodyashchego teplovogo potoka [Tekst] / T.A. Akhmyarov, V.A. Lobanov, A.V. Spiridonov, I.L. Shubin // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2015. – № 4. – S. 28-34.
10. Belyayev, V.S. Energosberezheniye pri vybere svetoprozrachnykh naruzhnykh ograzhdeniy [Tekst] // Zhilishchnoye stroitel'stvo. – 2014. – № 8. – S. 6-11.
11. Korzhneva, T.G. Analiz teplopoter' pomeshcheniy cherez sistemy yestestvennogo osveshcheniya [Tekst] / T.G. Korzhneva, V.YA. Ushakov, A.T. Ovcharov // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. – 2013. – T. 322. – № 4. – S. 56-60.

Vladimir Tretiakov

Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow
Candidate of Tech. Sciences, head of the “Stroypolymertest” laboratory
E-mail: niisf 102@mail.ru

Larisa Bogomolova

Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow
Candidate of Chem. Sciences, leading reseacher of the “Stroypolymertest” laboratory
E-mail: lb102@rambler.ru

Emilia Guzova

Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow
Candidate of Tech. Sciences, leading reseacher of the “Stroypolymertest” laboratory
E-mail: guzova@bk.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями
к оформлению научных статей

- Представляемый материал должен быть **оригинальным, не опубликованным ранее** в других печатных изданиях.
- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.
- Статья предоставляется в **1 экземпляре** на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна статья одного автора**, включая соавторство.
- **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.**
- Если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи.
- Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

В тексте статьи не рекомендуется применять:

- обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- для одного и того же понятия различные научные термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- произвольные словообразования;
- сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

Обязательные элементы:

- **заглавие (на русском и английском языке)** публикуемого материала должно быть точным и емким, слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;
- **аннотация (на русском и английском языке)** описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем – 500 печатных знаков;
- **ключевые слова (на русском и английском языке)** – это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов.
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации.

С полной версией требований к оформлению научных статей
Вы можете ознакомиться на сайте www.gu-unpk.ru

Адрес учредителя журнала:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВО «Госуниверситет - УНПК»)
302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29
+7 (4862) 42-00-24
www.gu-unpk.ru
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
(ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»)
302006, г. Орел, ул. Московская, 77.
+7(4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор С.Ю. Савин
Компьютерная верстка С.Ю. Савин

Подписано в печать 20.06.2016 г.
Дата выхода в свет 27.06.2016 г.
Формат 70×108 1/16. Печ. л. 10,75.
Тираж 400 экз. Цена свободная.
Заказ № 62/16П1

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической
базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302030, г.Орел, ул. Московская, 65.