

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® №6

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

ИЮНЬ 2012 г. (690)

МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

НА РАСТВОРОБЕТОННЫХ УЗЛАХ
И СТРОЙПЛОЩАДКАХ

АЛЬТЕРНАТИВА СУХИМ СТРОИТЕЛЬНЫМ СМЕСЯМ



ЕТС

Группа компаний
«Единая Торговая Система»

Группа компаний «ЕТС» предлагает строительным организациям поставку «ПРЕМИКСОВ» - предварительно смешанных химических компонентов сухих строительных смесей

«ХИМИЯ» - наша,
«МИНЕРАЛКА» - ваша

Реальная экономия до

3 000

рублей

на тонну готовой продукции

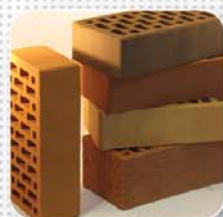
Санкт-Петербург +7 812 703 103 5
Москва +7 495 660 20 68

www.utsrus.com

14-я специализированная выставка

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОСМ 2013



30 января – 2 февраля

Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.osmexpo.ru

ОРГАНИЗАТОР:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР:



ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ:



Тел.: +7 (495) 925 65 61/62

E-mail: osm@osmexpo.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА:



КОТТЕДЖЕЙ



СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ



Уважаемые коллеги!

Подписку на журнал «Строительные материалы»[®] на любой период можно оформить в редакции



Заполните заявку на оформление подписки: ↓

Просим оформить подписку на научно-технический журнал «Строительные материалы»[®]

(Н Е Н У Ж Н О Е З А Ч Е Р К Н У Т Ь)

Стоимость подписки на II полугодие 2012 г. – 5280 руб.

№ 1 (январь)	№ 2 (февраль)	№ 3 (март)	№ 4 (апрель)	№ 5 (май)	№ 6 (июнь)
X	X	X	X	X	X
№7 (июль)	№8 (август)	№ 9 (сентябрь)	№10 (октябрь)	№11 (ноябрь)	№ 12 (декабрь)
X	X	X	X	X	X

* – Цена приведена без учета стоимости почтовых услуг; НДС не облагается.

Название организации с указанием формы собственности _____

_____ ИИН

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Юридический адрес: _____

Телефон/факс: () _____

Фамилия, имя, отчество получателя: _____

Почтовый адрес доставки: _____

Отправьте заявку в редакцию по факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36

Оплатите счет, журналы Вы будете получать по почте.

Уважаемые коллеги!

На сайте издательства www.rifsm.ru в разделе «Подписка» реализован современный ресурс, который позволяет ежемесячно получать полнотекстовую версию журнала в электронном виде. Программное обеспечение в виде базы данных позволяет не только получать и читать журнал, но и структурировать информацию, создавая собственные подборки и др.

**Воспользуйтесь возможностью подписки
на электронную версию журнала «Строительные материалы»®
<http://ejournal.rifsm.ru/>**

Традиционная подписка по каталогам

6 номеров журнала
«Строительные
материалы»®



Подписной индекс по объединенному
каталогу «Пресса России»

70886

6 номеров журнала
«Строительные
материалы»®



Подписной индекс по каталогу
агентства «РОСПЕЧАТЬ»

79809

6 номеров журнала
«Строительные
материалы»®



Подписной индекс по каталогу
«Издания органов
научно-технической информации»

61970

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

Журнал зарегистрирован
Министерством РФ по делам
печати, телерадиовещания
и средств массовой информации
ПИ №77-1989

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е. И.

Редакционный совет:
РЕСИН В. И.

(председатель)
БАРИНОВА Л. С.
БУТКЕВИЧ Г. Р.
ВАЙСБЕРГ Л. А.
ВЕРЕЩАГИН В. И.
ГОНЧАРОВ Ю. А.
ГОРИН В. М.
ЖУРАВЛЕВ А. А.
КОЗИНА В. Л.
КРАСОВИЦКИЙ Ю. В.
КРИВЕНКО П. В.
ЛЕСОВИК В. С.
ОРЕШКИН Д. В.
ПИЧУГИН А. П.
ФЕДОСОВ С. В.
ФИЛИППОВ Е. В.
ХЕЛМИ Ш.
ХИХЛУХА Л. В.
ЧЕРНЫШОВ Е. М.
ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.
ШТАКЕЛЬБЕРГ Д. И.

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

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

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

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва,
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

**Тел./факс: (499) 976-22-08
(499) 976-20-36**

**E-mail: mail@rifsm.ru
http://www.rifsm.ru**

Российской академии строительства и архитектуры 20 лет 4

Доклады IV Академических чтений «Актуальные вопросы строительной физики»

Н. И. КАРПЕНКО, С. Н. КАРПЕНКО, А. Н. ПЕТРОВ

**Малоитерационный подход к физически нелинейному расчету
железобетона с трещинами 7**

Рассматривается малоитерационный подход к решению физически нелинейных задач. Расчетный метод базируется на нелинейной модели железобетона с трещинами Н. И. Карпенко. Приведен пример конечно-элементного анализа напряженно-деформированного состояния экспериментальных балок-стенок из опытов М. П. Нильсена. Делается вывод об эффективности малоитерационного подхода к решению физически нелинейных задач железобетона с трещинами.

Н. В. ПАВЛЕНКО, В. В. СТРОКОВА, А. В. ЧЕРЕВАТОВА,
И. В. ЖЕРНОВСКИЙ, В. В. НЕЛЮБОВА, М. Н. КАПУСТА

**Эффективность применения наноструктурированного вяжущего
при получении ячеистых композитов 10**

Рассмотрена, обоснована и экспериментально подтверждена принципиальная возможность использования кварцсодержащих и алюмосиликатных пород для получения бесцементного наноструктурированного вяжущего (НВ) полимеризационно-конденсационного твердения. Применение НВ позволяет получать эффективные теплоизоляционные ячеистые бетоны, формирование рациональной поровой структуры которых обосновано содержанием нанодисперсного компонента в вяжущем.

Н. В. КУЗНЕЦОВА, И. И. СТЕРХОВ

**Использование отходов литейного производства
для получения мелкозернистых бетонов 13**

Проанализированы перспективы использования отходов литейного производства в строительных материалах и изделиях. Предложено использовать их в качестве заполнителя мелкозернистых бетонов. Приведены результаты экспериментального исследования физико-механических характеристик композиционного строительного материала с заполнителем различного фракционного состава.

Н. П. УМНЯКОВА, Т. С. ЕГОРОВА, В. Е. ЧЕРКАС, П. Б. БЕЛОГУРОВ, К. С. АНДРЕЙЦЕВА

**Повышение энегоэффективности зданий за счет повышения
теплотехнической однородности наружных стен
в зоне сопряжения с балконными плитами 17**

Для повышения теплотехнической однородности наружных стен с выступающими балконными плитами и создания благоприятных санитарно-гигиенических условий в помещениях разработаны специальные несущие теплоизоляционные элементы, устанавливаемые в узел сопряжения наружной стены с монолитным межэтажным перекрытием и балконом. Их применение позволяет уменьшить потери тепла через узел, повысить температуру на внутренней поверхности стены около балкона, обеспечить тем самым благоприятные параметры внутренней среды и внести вклад в решение проблемы энергосбережения в зданиях.

**Нанотехнологии вне революций и политической нестабильности
(Информация) 20**

Д. Ф. КАРПОВ, М. В. ПАВЛОВ, А. А. СЕНИЦЫН, Ю. А. КАЛЯГИН, Д. А. ПОГОДИН

**Аналитико-эмпирическая верификация экспериментальных результатов
определения теплопроводности силикатного кирпича 23**

Представлено решение уравнения нестационарной теплопроводности с граничными условиями второго рода на примере силикатного кирпича, необходимое для верификации коэффициентов теплопроводности данного материала, полученных по результатам предшествующих экспериментальных исследований.

И.В. БЕССОНОВ, А.Н. САПЕЛИН

Коэффициенты структуры как критерий оценки теплотехнического качества строительных материалов 26

Предложен критерий оценки качества конструкционно-теплоизоляционных бетонов по теплопроводности – коэффициент структуры по теплопроводности (КСТ), являющийся уточненным коэффициентом теплотехнического качества $КТК_{11}$ с учетом формулы Дутьнева-Новикова. Определена зависимость теплопроводности от плотности матрица с учетом различного расположения и формы пустот в массиве материала. Представлены коэффициенты структуры по теплопроводности ячеистого бетона при плотности 300–1200 кг/м³. Сделан вывод, что КСТ может быть полезен для проектировщиков при выборе материалов для ограждающих конструкций, а так же для разработчиков новых строительных материалов при проектировании состава и структуры конструкционно-теплоизоляционных материалов.

М.В. ПАВЛОВ, Д.Ф. КАРПОВ, А.А. СИНИЦЫН

Решение краевой задачи термовлагопереноса в слое сыпучего дисперсного материала в условиях инфракрасно-лучистого обогрева 28

Рассмотрены три варианта решения краевой задачи термовлагопереноса в слое сыпучего дисперсного материала на примере фрезерного торфа при работе источника инфракрасного излучения. Проведено сравнение полученных аналитических результатов с экспериментальными данными, по итогам составлена ведомость оптимальных решений.

Л.А. ШИЛОВА, Д.А. СОЛОВЬЕВ

Использование и размещение объектов приливной энергетики 32

Рассмотрены новые возможности и подходы к использованию ресурсов приливной энергии. Показана важность сочетания инновационных подходов к технологиям переработки энергии ПЭС и грамотного территориального планирования с учетом особенностей природно-экологического каркаса территории. Дана оценка использования водородных технологий, позволяющих интенсифицировать процессы накопления и передачи электроэнергии, вырабатываемой ПЭС.

А.Н. ПУЗАНКОВ, Д.Л. ЩЕГОЛЕВ

Исследование влияния краевого демпфирования светопрозрачных ограждений на их звукопроницаемость 36

Рассмотрено влияние частичного (краевого) демпфирования плоскости окна на его звукопроницаемость. Приведены экспериментальные данные измерений звукоизоляции ограждений с краевым вибродемпфированием, а также результаты измерений коэффициента потерь данных конструкций.

А.А. КОЧКИН

Звукоизоляция слоистых вибродемпфированных элементов светопрозрачных ограждающих конструкций 38

Рассматриваются светопрозрачные элементы с вибродемпфирующими слоями, входящие в состав светопрозрачных ограждающих конструкций. Исследуется влияние параметров и физико-механических характеристик светопрозрачных элементов на звукоизоляцию ограждений.

С.Н. ОВСЯННИКОВ, А.С. САМОХВАЛОВ

Окна в раздельных переплетах с высокой тепло- звукоизоляцией 40

Приведены результаты экспериментальных исследований сопротивления теплопередаче, звукоизоляции и коэффициента светопропускания окон в раздельных переплетах из ПВХ профилей. Исследованы шесть типов теплозвукоизоляционных окон в раздельных переплетах, включая конструкции с сезонными теплоизолирующими рамками, представлены данные об их тепло- и звукоизоляции.

А.А. ВЕРХОВСКИЙ, И.И. НАНАСОВ, Е.В. ЕЛИЗАРОВА, Д.И. ГАЛЬЦЕВ, В.В. ЩЕРЕДИН

Мультифункциональное стекло как фактор энергосбережения 42

Рассмотрен метод производства современных солнцезащитных и мультифункциональных стекол с магнетронно-вакуумным напылением. Приведена методика оценки солнцезащитных свойств остекления в соответствии с географическим положением здания и свойствами фасада.

Материалы для дорожного строительства

Л.В. ЯНКОВСКИЙ

Полнофакторный эксперимент по оптимизации параметров геоимплантатных конструкций 46

Представлены результаты полнофакторного эксперимента по оптимизации параметров геоимплантатных конструкций, используемых при строительстве и ремонте фундаментов протяженных транспортных объектов. Рассмотрена модель в виде алгебраического полинома второй степени. Найдены коэффициенты уравнения регрессии. Представлены результаты натурных и численных исследований.

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, А.В. ЛИБЕНКО, М.Н. АЛЕХИНА, Н.В. МОТИН

Особенности последовательно-параллельного способа циклического связанного дозирования компонентов строительных смесей 50

Последовательно-параллельный способ дозирования компонентов бетонной смеси, позволяет повысить производительность дозирочно-смесительного оборудования введением в типовую схему дозирочно-смесительных установок дополнительных смесителей. Для организации связанного дозирования с применением режима «досыпки» разработан комплексный критерий коррекции с учетом оптимизации водоцементного отношения, что позволяет реализовать связанный принцип дозирования компонентов бетонной смеси без установки дополнительных смесителей.

Г.А. ТКАЧЕНКО, В.П. ЕРОФЕЕВ, А.П. ЕРОФЕЕВ

Повышение адгезии бетона и предварительно напряженной арматуры в струбетонных шпалах 52

Показано, что повышения трещиностойкости пропаренных бетонов можно достигнуть модифицированием его структуры за счет введения комплексной добавки, содержащей в качестве демпфирующего компонента дробленый керамзит фракции 1,25–5 мм и пластификатор для производства сборных преднапряженных железобетонных изделий в оптимальных соотношениях.

Технологии и бурдование

А.Б. ЛИПИЛИН, М.В. ВЕКСЛЕР, Н.В. КОРЕНЮГИНА, А.М. МОРОЗОВ

Тонкий помол и кинетическая сушка растительного сырья в комбинированной мельнице-нагревателе 54

Представлен итог опытно-конструкторских работ завода «ТЕХПРИБОР» по созданию автоматизированного перерабатывающего комплекса растительного сырья. Раскрыты особенности и принцип действия комбинированной мельницы-нагревателя в получении тонкодисперсных сухих порошков на примере переработки древесный отходов.

Результаты научных исследований

И.В. РЕЗВАН

Самоуплотняющийся высокопрочный напрягающий бетон для трубобетонных колонн 60

Сформулирована проблема дилатационного эффекта в трубобетоне. Показан способ устранения данного эффекта путем создания химического самонапряжения бетонного ядра. Предложены составы высокоэнергетически эффективных напрягающих цементов. Указан критерий оптимального соотношения сульфатных и алюминатных компонентов расширяющей добавки. Подобран оптимальный современный поликарбоксилатный гиперпластификатор. Обоснованы преимущества высокоэнергетически эффективных магниевых напрягающих цементов.

В.С. ИЗОТОВ, Р.А. ИБРАГИМОВ

Влияние новой комплексной добавки на основные свойства цементных композиций 63

Представлены результаты исследования влияния новой комплексной добавки на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста, рН жидкой фазы цементного теста, кинетику тепловыделения цементного теста, а также на физико-механические свойства раствора и бетона.

А.Н. ГРИШИНА, Е.В. КОРОЛЕВ

Прочность жидкостекольных композитов, отвержденных ферроборовым шлаком 66

Представлены результаты исследования влияния дисперсности ферроборового шлака и степени наполнения на прочность жидкостекольных композитов. С применением разработанной методики анализа концентрационных зависимостей прочности установлены характерные степени наполнения, достижения которых обеспечивает структурные преобразования вяжущего вещества, интенсивности конструкционного и деструкционного процессов и др. Дано объяснение экстремальной зависимости прочности жидкостекольных композитов от степени наполнения.

В.Г. ЖИТУШКИН

Достоверность расчетов деревянных элементов цельного сечения 69

Выводится формула прочности цельного изгибаемого прямоугольного сечения элемента с учетом неупругих деформаций в сжатой зоне. На основе анализа механических и упругих свойств пород древесины делается вывод об их уточнении дифференцировано по регионам России. Предлагается конструкционную древесину снабжать сертификатом с указанием основных физико-механических свойств (прочность и модуль упругости на сжатие вдоль волокон древесины)

А.Д. ЛОМАКИН

Глубокая пропитка древесины средствами защиты от биоразрушения и возгорания 72

Рассмотрены способы глубокой пропитки древесины антисептиками и антипиренами. Приводятся экспериментальные данные о различной пропитываемости ранней и поздней древесины хвойных пород.

Ф.Н. РАБИНОВИЧ

Какой бетон нужен строителям? 75

Рассмотрено направление исследований, имеющее отношение к решению фундаментальной задачи, связанной с преодолением разрыва между прочностью бетона при сжатии и его прочностью при растяжении с целью частичного или полного устранения в железобетонных конструкциях традиционной стальной арматуры.

К.Н. БАЖИРОВ, Б.А. МАРХАЕВА

Управление инновационным процессом технологического развития предприятия стройиндустрии 76

Анализ экономической литературы, посвященной моделям инновационных процессов, свидетельствует о том, что сегодня нет единства взглядов на их сущность. В данном исследовании предложена концепция модели последовательно-параллельного инновационного процесса промышленного предприятия, в которой маркетинговые исследования сопровождают практически весь ход инновационного процесса.

Новости 80



Российской академии архитектуры и строительных наук *20 лет*

18–20 апреля 2012 г. в Московском государственном строительном университете состоялось Общее собрание Российской академии архитектуры и строительных наук, посвященное 20-летию создания Академии. В собрании приняли участие 112 действительных членов и членов-корреспондентов РААСН и около 200 советников и гостей.

26.03.1992 г. Президент Российской Федерации Б.Н. Ельцин подписал Указ «Об организации Российской академии архитектуры и строительных наук». В российской истории она стала уже четвертой Академией, созданной как государственный научно-творческий центр, связанный с развитием искусства архитектуры. Первой из них была Академия «трех знатнейших художеств живописи, скульптуры и архитектуры», в 1758 г. просуществовавшая до 1918 г., когда была расформирована Советским правительством.

В 1933 г. вышло Постановление ЦК ВКП(б) о создании Всесоюзной академии архитектуры, первоначально как высшего учебного и научно-исследовательского центра. С 1934 г. в задачи Академии вошли разработка проблем градостроительства, теории архитектуры и архитектурной композиции, борьба с «идеологически чуждыми направлениями», к которым был отнесен и авангард, изучение памятников зодчества, обобщение опыта архитектурных коллективов.

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 23.08.1955 г. «О мерах по дальнейшей индустриализации, улучшению качества и снижению стоимости строительства» Академия архитектуры СССР преобразована в Академию строительства и архитектуры СССР при Госстрое СССР. Постановлением Совета Министров СССР от 6.08.1963 г. №853 «Об Академии строительства и архитектуры СССР и Академии строительства и архитектуры Украинской ССР» обе Академии были ликвидированы. В то время казалось достаточным иметь вместо научного центра, объединяющего профессионалов высокого класса, административное учреждение – Госкомитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР.

В 1992 г. издан Указ Президента России Б.Н. Ельцина о создании Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН). Этим документом была подчеркнута особая важность архитектурно-строительной деятельности, роль зодчества как высокого искусства, создана основа для объединения мастеров архитектуры с учеными в области строительных наук в научно-творческом центре государственного значения. Государственный статус Академии определен Постановлением Правительства Российской Федерации от 11.10.1993 г. № 1033, утвердившим Устав РААСН, определена численность ее членов (50 академиков и 100 членов-корреспондентов), решены вопросы организационного и финансового обеспечения ее деятельности.

Ежегодные Общие собрания стали основной формой концентрации результатов научно-исследовательских и проектно-экспериментальных работ членов Академии и академических НИИ. На них стали проводиться научные части по определенной тематике. Итоговые документы научных частей Общих собраний, которые интегрировали достижения академической науки, стали направляться в администрации субъектов Российской Федерации, органы федеральной законодательной и исполнительной власти, профессиональные общественные организации. Они же служили основой подготовки докладов Президенту РФ и Правительству РФ.

За прошедшее время Академия активно участвовала в разработке и научном сопровождении государственных программ в области архитектуры, градостроительства и строительства, успешно развивала фундаментальные исследования, включенные в специальный раздел Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008–2012 гг., утвержденной Правительством Российской Федерации, в пяти академических НИИ, подведомственным РААСН. В настоящее время подготовлены предложения в аналогичную Программу на 2013–2017 гг. и прогнозы развития фундаментальных исследований в своей сфере деятельности до 2030 г.

Стало системой взаимодействие РААСН с другими государственными академиями наук, Министерством образования и науки Российской Федерации, Министерством регионального развития Российской Федерации, Министерством культуры Российской Федерации, и другими государственными и профессиональными организациями. Академия успешно сотрудничает с региональными органами власти субъектов Российской Федерации, заключив с ними более 50 соглашений о взаимодействии и сотрудничестве. В целях развития деятельности РААСН в федеральных округах сформировано семь региональных отделений Академии, которые ведут научную и научно-практическую деятельность на своих территориях, как государственные учреждения.

Как комплексная сфера деятельности общества архитектура и строительство имеют выраженный инфраструктурный и социальный характер, специфика строительной отрасли состоит в распространении результатов ее деятельности на все виды основных фондов и производственных мощностей страны. Реализация приоритетных национальных проектов в настоящее время в существенной степени определяется именно архитекторами и строителями. Следует особо отметить приоритетный национальный проект «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», успех реализации которого неразрывно связан с инновационным развитием архитектурно-строительной науки и практики.

Общее собрание РААСН одобрило включение следующих направлений деятельности в раздел работ, выполняемых Академией по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2017 гг.

В области архитектуры и архитектурной науки: исследования по общетеоретическим проблемам архитектуры, результаты которых составляют основу профессионального мастерства архитектора, в том числе по архитектурному формообразованию, композиции, по анализу творческих концепций, новаторских для своего времени течений; разработка научных основ типологии жилых и общественных зданий, комплексное решение вопросов экологии; исследование влияния процессов глобализации на архитектуру и облик современных городов и поселений; проведение фунда-



Круглый стол «Глобализация и антиглобализм. Особенности профессионального восприятия архитектора»

ментальных исследований в области теории и истории мирового и российского зодчества, как одного из основных направлений отечественного архитектуроведения, позволяющего не только изучить корни и эволюцию исторических форм архитектуры, взаимодействия пространственных искусств в рамках общего развития мировой культуры, но и выявить специфику процессов исторического развития, условий и факторов, влияющих на совершенствование художественного качества среды обитания человека; изучение вопросов реконструкции, реставрации и сохранения историко-архитектурного наследия и его взаимодействия с современной застройкой.

В области градостроительства: разработка предложений по формированию Программы развития градостроительства России, включающей законодательную базу, прогноз системы пространственной организации и разработку генеральной схемы расселения России и градостроительной доктрины страны; разработка важных направлений фундаментальных и прикладных исследований в области градостроительства и среднесрочной и долгосрочной перспективы территориального развития; аналитические и прогнозные разработки, нацеленные на выявление пространственных особенностей и стратегических аспектов развития системы расселения России, как основы территориально-градостроительной политики. При этом должны быть дифференцированно выявлены и указаны пути решения проблем регионов страны; в системе научно-исследовательских работ Академии по градостроительству особое место должны занять проблемы малых и средних городов, агломерационных процессов расселения и их влияния на формирование инновационного потенциала; эффективность использования в ин-



Круглый стол «Энергоэффективность в строительстве и эксплуатации зданий»



Участники круглого стола «Проблемы развития столичного региона»

тересах общества территорий и объектов историко-культурного наследия применительно к состоянию сети населенных мест, являющихся местами их сосредоточения (историко-культурный каркас страны), решение вопросов государственной экологической безопасности.

В области строительных наук: решение проблем технического регулирования строительства в условиях введения Федерального закона № 384 «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» и преодоление системы разрозненности и постоянного недофинансирования науки; обеспечение экспериментальной проверки новых строительных материалов, конструкций и инженерных систем и опытного проектирования при актуализации СНиП и ГОСТ; усиление роли Академии как координатора развития отечественной строительной науки, включая передачу всех НИИ строительного профиля в ведение Российской академии архитектуры и строительных наук; усиление участия РААСН в работе международных организаций по строительству; разработка строительной механики, новых строительных материалов и конструкций с учетом различных факторов износа и повреждений; обеспечение конструктивной надежности и безопасности конструктивных решений зданий и сооружений при различных силовых и других воздействиях; разработка основ создания строительных материалов нового поколения и применение наносистем в строительном материаловедении; исследования по технологии производства сборных железобетонных изделий и по возведению монолитных конструкций, в том числе технологии возведения современных зданий и сооружений, и их развитие применительно к природноклиматическим регионам России в условиях энергосбережения при строительных технологиях и



Ведущие круглого стола отделения строительных наук (слева направо) акад. В.И. Травуш, член-корр. В. К. Аверьянов, член-корр. В.Г. Гагарин



Участники Общего собрания РААСН в Московском государственном строительном университете

оборудовании; разработка основ конструирования современных жилых общественных и промышленных зданий. Создание большепролетных пространственных (оболочечных) конструкций, основы конструирования и расчета зданий и сооружений в сейсмически опасных районах, на шельфах морей и под водой; создание основ реконструкции и реновации зданий и сооружений, в том числе памятников историко-архитектурного наследия страны; развитие технологической механики грунтов и подземной урбанистики; теоретические и методологические основы энергосбережения в строительстве; разработка научных основ решения экологических проблем современного строительства и комфортности проживания человека. Совершенствование теории экологически безопасных для человека и окружающей среды «зеленых» зданий, в том числе не потребляющих энергии извне; водообеспечение населения России путем сохранения водных ресурсов и их возобновляемости, включающее разработку единых схем водоснабжения и водоотведения городских агломераций с целью обеспечения рационального водопользования и улучшения экологической ситуации в регионах.

Общее собрание РААСН вновь обратилось к руководству страны с просьбой изменить Федеральный закон № 94-ФЗ, в части условий градостроительной и архитектурной деятельности, научно-исследовательского труда, и других направлений интеллектуального творчества, ведущих к серьезным экономическим, социальным и культурным потерям для страны (соответствующие письма направлены Президенту РФ и Председателю Правительства РФ).

Правительством Российской Федерации утверждена федеральная целевая программа «Жилище» на 2011–2015 годы, важнейшим целевым показателем которой является увеличение годового объема ввода жилья с 59,8 млн м² общей площади в 2009 г. до 90 млн м² в 2015 г. Утвержденной Правительством Российской Федерации Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. предусмотрено увеличение к 2020 г. объема ввода жилья до 140–150 млн м² на базе комплексного освоения территорий и развития застроенных территорий в целях жилищного строительства на основе утвержденной градостроительной документации. Реализация этих задач кардинально изменяет подходы к развитию социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры, совершенствованию нормативной правовой базы архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, воплощению инновационного процесса в сферу строительных технологий и материалов.

Процесс завершения разработки документации территориального планирования к 1.01.2013 г. одновременно требует их постоянной актуализации на совершенно новом уровне, обеспечивающем полноценное, комфортное проживание российских граждан и, соответственно, новых стандартов качества жизни, а значит, опережающей научно-исследовательской деятельности, проведения опытных и экспериментальных разработок. Увеличение в разы объемов строительства, безусловно, повлияет на развитие смежных отраслей народного хозяйства, что также потребует усилить разработку научно-обоснованных прогнозов развития архитектурно-строительного комплекса Российской Федерации.

На пленарном заседании Общего собрания РААСН проведены выборы новых членов РААСН на вакансии по отделению архитектуры и отделению строительных наук: действительным членом РААСН по отделению архитектуры по направлению «творческая практика» **Н. И. Явейн** (Санкт-Петербург); действительным членом РААСН по отделению архитектуры по направлению «архитектурная наука, педагогическая деятельность» **остаётся вакансия**; членом-корреспондентом РААСН по отделению архитектуры по направлению «творческая практика» **М.А. Мамошин** (Санкт-Петербург); членом-корреспондентом РААСН по отделению архитектуры по направлению «архитектурная наука, педагогическая деятельность» **А.В. Коротич** (Екатеринбург); действительным членом РААСН по отделению строительных наук по направлению «водоснабжение и водоотведение» **М.И. Алексеев** (Санкт-Петербург); членом-корреспондентом РААСН по отделению строительных наук по направлению «теория и технология вычислительных систем в строительстве» **А.А. Волков** (Москва); членом-корреспондентом РААСН по отделению строительных наук по направлению «охрана и восстановление водных ресурсов» **Е.В. Копосов** (Нижний Новгород); членом-корреспондентом РААСН по отделению строительных наук по Дальневосточному федеральному округу по направлению «строительное материаловедение» **С.В. Вавренюк** (Владивосток). Иностранцами членами РААСН по отделению строительных наук избраны: **Р. Г. Абдурагимов** (Азербайджан), **В. Щесняк** (Польша), **П.Я. Паль** (Германия).

Собрание приняло решение о проведении следующего Общего собрания РААСН в 2013 г. в Волгограде на базе Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Темой научной части собрания будет «Города России. Проблемы проектирования и реализации».

УДК 624.012.45.04

Н.И. КАРПЕНКО, д-р техн. наук, академик РААСН, С.Н. КАРПЕНКО, д-р техн. наук, Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) (Москва); А.Н. ПЕТРОВ, д-р техн. наук, Петрозаводский государственный университет (Республика Карелия)

Малоитерационный подход к физически нелинейному расчету железобетона с трещинами

В нелинейной анизотропной модели железобетона с трещинами [1] при формировании матрицы жесткости материала учитываются анизотропия и нелинейность деформирования бетона и арматуры, нарушение сцепления арматуры с бетоном на участках между трещинами, зацепление берегов трещин и другие факторы нелинейности. Применение шагово-итерационной процедуры решения задачи позволяет получить полную кривую равновесного состояния конструкции и проследить последовательность ее работы под нагрузкой вплоть до разрушения, однако требует чрезвычайно большого объема вычислений, в среднем от 50 до 100 итераций, на каждом шаге нагружения.

Рассмотрим решение физически нелинейной задачи расчета железобетонных балок-стенок на базе малоитерационного подхода. В этом случае система физических соотношений в секущих модулях приводится к системе физических соотношений в условно касательных модулях по методу [2]. Исходная система физических соотношений с использованием секущих характеристик жесткости на j -м шаге нагружения имеет вид:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{xj} \\ \varepsilon_{yj} \\ \gamma_{xyj} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11j} & C_{12j} & C_{13j} \\ C_{12j} & C_{22j} & C_{23j} \\ C_{13j} & C_{23j} & C_{33j} \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \sigma_{xj} \\ \sigma_{yj} \\ \tau_{xyj} \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

Аналогичная система на $j+1$ -м шаге:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{xj+1} \\ \varepsilon_{yj+1} \\ \gamma_{xyj+1} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11j+1} & C_{12j+1} & C_{13j+1} \\ C_{12j+1} & C_{22j+1} & C_{23j+1} \\ C_{13j+1} & C_{23j+1} & C_{33j+1} \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \sigma_{xj+1} \\ \sigma_{yj+1} \\ \tau_{xyj+1} \end{Bmatrix}. \quad (2)$$

Вычтем из системы (2) систему (1):

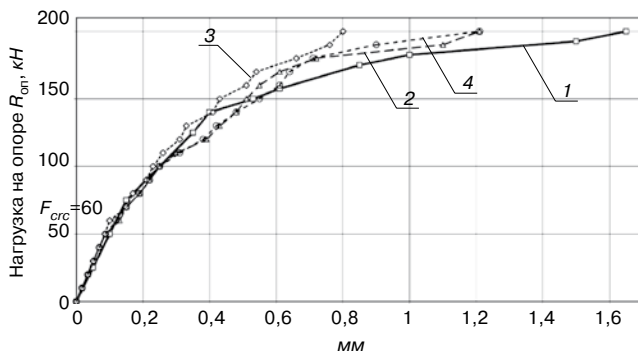


Рис. 1. График прогибов балки-стенки № 101: 1 — экспериментальные данные; 2 — многоитерационный алгоритм; 3 — шаговый алгоритм; 4 — малоитерационный алгоритм

$$\begin{aligned} (\varepsilon_{xj+1} - \varepsilon_{xj}) &= (C_{11j+1} \sigma_{xj+1} - C_{11j} \sigma_{xj}) + \\ &+ (C_{12j+1} \sigma_{yj+1} - C_{12j} \sigma_{yj}) + (C_{13j+1} \sigma_{xyj+1} - C_{13j} \sigma_{xyj}); \\ (\varepsilon_{yj+1} - \varepsilon_{yj}) &= (C_{12j+1} \sigma_{xj+1} - C_{12j} \sigma_{xj}) + \\ &+ (C_{22j+1} \sigma_{yj+1} - C_{22j} \sigma_{yj}) + (C_{23j+1} \sigma_{xyj+1} - C_{23j} \sigma_{xyj}); \\ (\gamma_{xyj+1} - \gamma_{xyj}) &= (C_{13j+1} \tau_{xyj+1} - C_{13j} \tau_{xyj}) + \\ &+ (C_{23j+1} \tau_{xyj+1} - C_{23j} \tau_{xyj}) + (C_{33j+1} \tau_{xyj+1} - C_{33j} \tau_{xyj}) \quad (3) \end{aligned}$$

и обозначим:

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_{xj+1} &= \varepsilon_{xj+1} - \varepsilon_{xj}; \quad \Delta \varepsilon_{yj+1} = \varepsilon_{yj+1} - \varepsilon_{yj}; \quad \Delta \gamma_{xyj+1} = \gamma_{xyj+1} - \gamma_{xyj}, \\ \Delta \sigma_{xj+1} &= \sigma_{xj+1} - \sigma_{xj}; \quad \Delta \sigma_{yj+1} = \sigma_{yj+1} - \sigma_{yj}; \quad \Delta \tau_{xyj+1} = \tau_{xyj+1} - \tau_{xyj}. \end{aligned}$$

Разделим и одновременно умножим первые разности в правой части (3) на $\Delta \sigma_{xj+1}$, вторые — на $\Delta \sigma_{yj+1}$, третьи — на $\Delta \tau_{xyj+1}$ и обозначим:

$$\begin{aligned} C_{11j+1}^k &= \frac{C_{11j+1} \sigma_{xj+1} - C_{11j} \sigma_{xj}}{\Delta \sigma_{xj+1}}; \quad C_{22j+1}^k = \frac{C_{22j+1} \sigma_{yj+1} - C_{22j} \sigma_{yj}}{\Delta \sigma_{yj+1}}; \\ C_{12j+1}^k &= \frac{1}{2} \left(\frac{C_{12j+1} \sigma_{yj+1} - C_{12j} \sigma_{yj}}{\Delta \sigma_{yj+1}} + \frac{C_{12j+1} \sigma_{xj+1} - C_{12j} \sigma_{xj}}{\Delta \sigma_{xj+1}} \right); \\ C_{13j+1}^k &= \frac{1}{2} \left(\frac{C_{13j+1} \tau_{xyj+1} - C_{13j} \tau_{xyj}}{\Delta \tau_{xyj+1}} + \frac{C_{13j+1} \sigma_{xj+1} - C_{13j} \sigma_{xj}}{\Delta \sigma_{xj+1}} \right); \\ C_{23j+1}^k &= \frac{1}{2} \left(\frac{C_{23j+1} \tau_{xyj+1} - C_{23j} \tau_{xyj}}{\Delta \tau_{xyj+1}} + \frac{C_{23j+1} \sigma_{yj+1} - C_{23j} \sigma_{yj}}{\Delta \sigma_{yj+1}} \right); \\ C_{33j+1}^k &= \frac{C_{33j+1} \tau_{xyj+1} - C_{33j} \tau_{xyj}}{\Delta \tau_{xyj+1}}. \quad (4) \end{aligned}$$

С учетом выражений (4) система (3) преобразуется к виду:

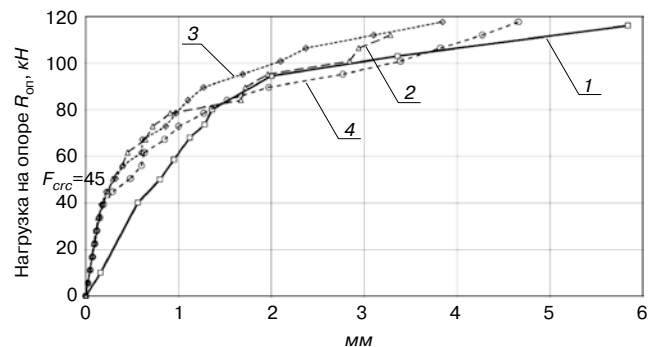


Рис. 2. График прогибов балки-стенки № 103: 1 — экспериментальные данные; 2 — многоитерационный алгоритм; 3 — шаговый алгоритм; 4 — малоитерационный алгоритм

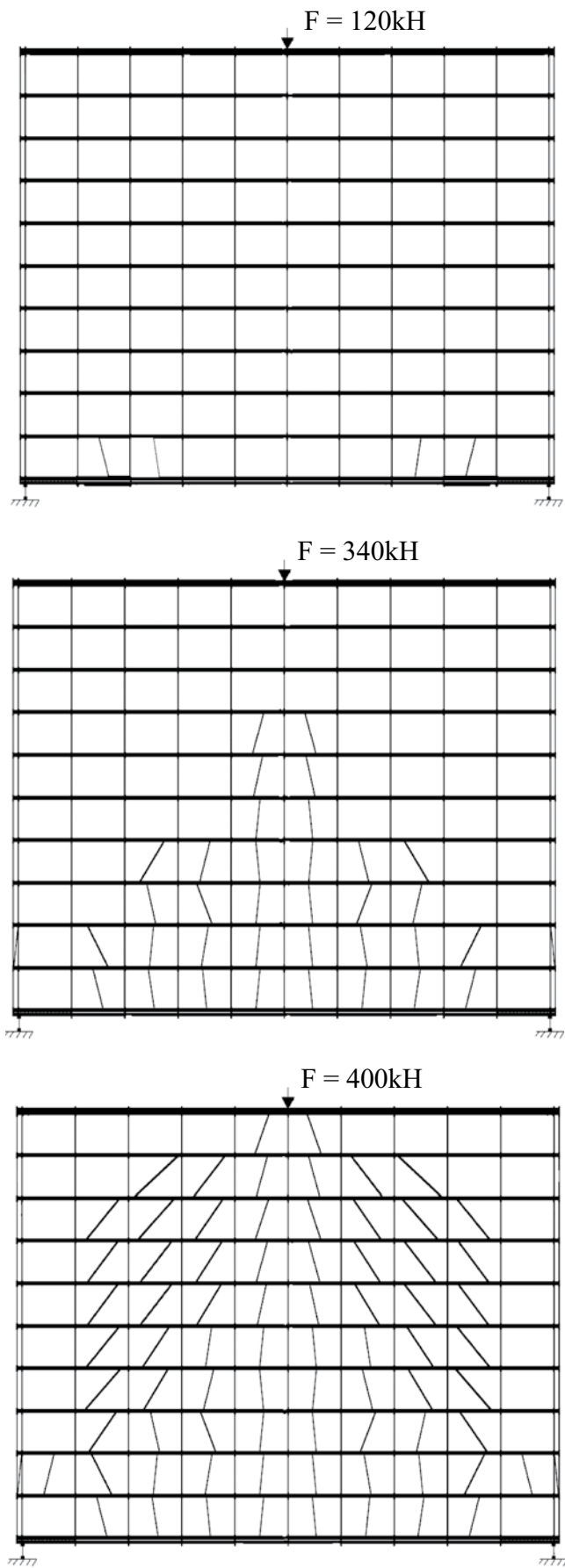


Рис. 3. Схемы образования и развития трещин в балке-стенке № 101

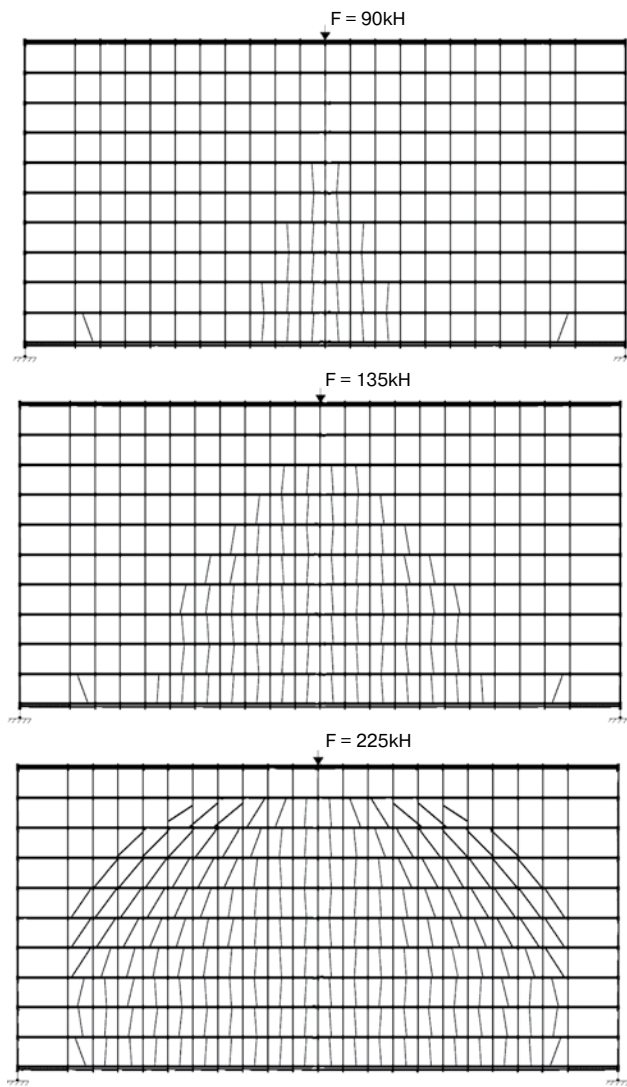


Рис. 4. Схемы образования и развития трещин в балке-стенке № 103

$$\begin{Bmatrix} \Delta \varepsilon_{xj+1} \\ \Delta \varepsilon_{yj+1} \\ \Delta \gamma_{xyj+1} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11j+1}^k & C_{12j+1}^k & C_{13j+1}^k \\ C_{12j+1}^k & C_{22j+1}^k & C_{23j+1}^k \\ C_{13j+1}^k & C_{23j+1}^k & C_{33j+1}^k \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \Delta \sigma_{xj+1} \\ \Delta \sigma_{yj+1} \\ \Delta \tau_{xyj+1} \end{Bmatrix}. \quad (5)$$

При решении задачи шаговым методом с равными шагами по нагрузке в зависимостях (5) можно приближенно принимать:

$$\Delta \sigma_{xj+1} \approx \Delta \sigma_{xj} = \sigma_{xj} - \sigma_{xj-1};$$

аналогично:

$$\Delta \sigma_{yj+1} \approx \Delta \sigma_{yj}; \quad \Delta \tau_{xyj+1} \approx \Delta \tau_{xyj};$$

$$\sigma_{xj+1} \approx \sigma_{xj} + \Delta \sigma_{xj}; \quad \sigma_{yj+1} \approx \sigma_{yj} + \Delta \sigma_{yj}; \quad \tau_{xyj+1} \approx \tau_{xyj} + \Delta \tau_{xyj}. \quad (6)$$

В дальнейшем при решении задачи по системе (5) полученные значения используем для вычисления жесткостей по формулам (4) на шаге.

Смысл выполненных преобразований заключается в том, что при использовании выражений (6) погрешности на шагах нагружения накапливаются небольшие и, как показали представленные ниже результаты расчета экспериментальных конструкций, на каждом шаге нагружения можно обойтись одной итерацией.

Малоитерационный подход к физически нелинейному расчету железобетонных балок-стенок в конеч-

ных приращении реализован в виде алгоритма и компьютерной программы расчета. Точность предлагаемого подхода оценивается путем сопоставления расчетных и экспериментальных данных, характеризующих работу конструкции при нагружении. Были исследованы шагово-итерационные процедуры, построенные на базе секущих матриц жесткости, и малоитерационные процедуры с использованием касательных матриц (матриц с касательными элементами жесткости). Для сопоставления методик был осуществлен численный эксперимент, в ходе которого рассчитывали железобетонные балки-стенки из опытов М.П. Нильсена [3]. Балки-стенки высотой $h=100$ см, толщиной $t=8$ см, пролетами $l=100$ см (балка-стенка № 101) и $l=200$ см (балка-стенка № 103) были испытаны на кратковременную нагрузку. Армирование балок-стенок осуществляли сеткой из стальной проволоки диаметром 6 мм и шагом 100 мм ($\mu_x=\mu_y=0,0035$).

Для расчета симметричные части балок-стенок № 101 и 103 были разбиты на 51 и 101 прямоугольных конечных элементов, соединенных 68 и 123 узлами соответственно. На рис. 1 и 2 представлены графики прогибов балок-стенок. Как в опыте, так и в расчете балки-стенки нагружали до разрушения. В балке-стенке № 101 опытная нагрузка трещинообразования составила 145 кН, расчетная – 120 кН. В балке-стенке № 103 опытная нагрузка трещинообразования составила 78 кН, расчетная – 90 кН. Как в эксперименте, так и в расчете образование первых трещин не привело к существенному нарастанию прогибов. Из графиков рис. 1 и 2 и анализа напряженно-деформированного состояния следует, что нелинейность деформирования резко возрастает с началом текучести растянутой арматуры, сокращением высоты сжатой зоны и сопровождается нарастающим раскрытием трещин. Как в опыте, так и в расчете разрушение балок-стенок явилось следствием текучести продольной растянутой арматуры и исчерпания прочности бетона сжатой зоны.

Расчетные схемы балок-стенок, совмещенные со схемами образования и развития трещин, представлены на рис. 3 и 4.

Теоретические кривые прогибов, рассчитанные по предлагаемой методике, по характеру деформирования полностью соответствует опытным с расхождением в отдельных точках до 15%. Отклонение теоретической кривой, полученной шагово-итерационным методом с использованием секущих характеристик жесткости, составило 8%. Разрушение балок-стенок сопровождалось текучестью арматуры растянутой зоны, что также соответствует опытным данным.

Выполненная проверка эффективности предложенного метода построения физических соотношений в конечных приращениях и перехода от секущих характеристик жесткости к касательным на примере расчета экспериментальных балок-стенок показала высокую эффективность малоитерационного подхода к решению физических нелинейных задач железобетона. Расхождение с результатами физически нелинейного расчета по шагово-итерационному методу не превышает 7%. Хорошее согласие опытных и теоретических прогибов, вычисленных с использованием предлагаемых физических соотношений в инкрементальной форме, а также последовательности образования и развития трещин во всем диапазоне увеличения нагрузки практически до разрушения позволяют рекомендовать малоитерационный подход для численного моделирования сложных пространственных конструкций, работающих в условиях плоского напряженного состояния.

Ключевые слова: теория деформирования железобетона с трещинами, железобетонные балки-стенки, метод конечных элементов.

Список литературы

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
2. Карпенко С.Н. Методы решения физически нелинейных задач железобетона в конечных приращениях // Известия ОрелГТУ. Строительство. Транспорт. 2009. № 6. С. 9–14.
3. Nilsen M.P. Limit Analysis of Reinforced Concrete Slabs // Acta Politech. Scand. 1964. Gi. 26.



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ЦЕНТР ПРОЕКТНОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
(ОАО ЦПП)**

ОСУЩЕСТВЛЯЕТ

ведение Федерального фонда нормативной, методической, типовой проектной документации и других изданий для строительства, архитектуры и эксплуатации зданий и сооружений.

ИЗДАЕТ И РАСПРОСТРАНЯЕТ

<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> федеральные нормативные документы (СНиП, ГСН, ГЭСН, ФЕР, ГОСТ Р, СП, СН, РДС, НПБ, СанПиН, ГН) — официальные издания <input type="checkbox"/> методические документы и другие издания по строительству (рекомендации, инструкции, указания) <input type="checkbox"/> типовую проектную документацию (ТПД) жилых и общественных зданий, предприятий, зданий и сооружений промышленности, сельского хозяйства, электроэнергетики, транспорта, связи, складского хозяйства и санитарной техники 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> справочно-информационные издания о нормативной, методической и типовой проектной документации (Информационный бюллетень, Перечни НМД и ТПД и др.) <input type="checkbox"/> Общероссийский строительный каталог (тематические каталоги, перечни, указатели) <input type="checkbox"/> проекты коттеджей, садовых домов, бань, хозяйственных построек, теплиц
---	---

ОАО ЦПП осуществляет сертификацию проектной документации на строительные конструкции и объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений. Центр аккредитован в качестве Органа по сертификации в Системе ГОСТ Р (ОС «ГУП ЦПП» — аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.11CP48).

ТЕЛЕФОНЫ ДЛЯ СПРАВОК

ОТДЕЛ ЗАКАЗОВ И РЕАЛИЗАЦИЯ	(495)482-4294	ОТДЕЛ ФОНДА ДОКУМЕНТАЦИИ	(495)482-4112
ПРОЕКТНЫЙ КАБИНЕТ	(495)482-4297	ОТДЕЛ СЕРТИФИКАЦИИ	(495)482-0778
ФАКС: (495)482-4265			

Наш адрес: 127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2

Н.В. ПАВЛЕНКО, канд. техн. наук, В.В. СТРОКОВА, А.В. ЧЕРЕВАТОВА, доктора техн. наук, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук, В.В. НЕЛЮБОВА, канд. техн. наук, М.Н. КАПУСТА, студент, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Эффективность применения наноструктурированного вяжущего при получении ячеистых композитов

В условиях развития и быстрого роста монолитного и малоэтажного коттеджного строительства ячеистые бетоны являются перспективным материалом для создания эффективных стеновых конструкций, в качестве вяжущего при получении которых, в большинстве случаев, применяется цемент.

Высокие энергозатраты при производстве и отрицательное влияние цементных заводов на экологию в современных условиях обуславливают необходимость сокращения использования портландцемента в бетоне.

Наноструктурированное вяжущее (НВ) является перспективным видом бесцементного вяжущего негидратационного типа твердения. НВ – вяжущие с существенной функционально-структурообразующей ролью наносистемной компоненты [1], получаемые по технологии высококонцентрированных вяжущих систем (ВКВС).

Специфика технологии НВ позволяет использовать в качестве основного сырьевого компонента широкий спектр кремнеземистых и алюмосиликатных пород природного и техногенного происхождения. Вяжущую систему получают мокрым постадийным измельчением сырья при повышенной температуре (60–80°C) в оптимальной области значений рН, что позволяет осуществлять процесс в условиях предельной концентрации твердой фазы с последующей стабилизацией суспензии по реологическому принципу – механическим гравитационным перемешиванием.

Подобные вяжущие были получены ранее, но применялись они, как правило, для производства материалов специального назначения, что прежде всего связано с тоннажностью производства. Ограничение возможности применения ВКВС при производстве строительных

материалов, прежде всего связано со спецификой реологических характеристик вяжущей системы [2].

Высококонцентрированные вяжущие подвергаются комплексной модификации, что позволяет направленно изменять структуру на наноразмерном уровне и регулировать реологические и технологические свойства. Сохраняя высокую концентрацию твердой фазы, полученное наноструктурированное вяжущее становится высокоподвижной, стабильной во времени системой, что дает ей существенные технологические преимущества [3].

НВ обладает высокой агрегативной устойчивостью за счет содержания нанодисперсного компонента. Наличие наноразмерной составляющей подтверждается гранулометрическим анализом вяжущей системы¹ (рис. 1).

Специфика наноструктурированных вяжущих позволяет рекомендовать их для производства теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов.

Ранее была установлена возможность получения пенобетона с использованием НВ на основе силикатного и алюмосиликатного минерального сырья [1, 4].

Управление процессами структурообразования при получении теплоизоляционных материалов, является основополагающим при синтезе ячеистых композитов. Применение НВ позволяет получать материалы с оптимальной ячеистой структурой, которая характеризуется равномерно распределенными, полидисперсными, замкнутыми порами, с глянцевой поверхностью припорового слоя, разделенными тонкими плотными, одинаковыми по сечению межпоровыми перегородками. Уменьшение пористости межпоровой перегородки обосновано наличием нанодисперсных частиц в НВ и в формовочных системах на его основе (рис. 2, а, в).

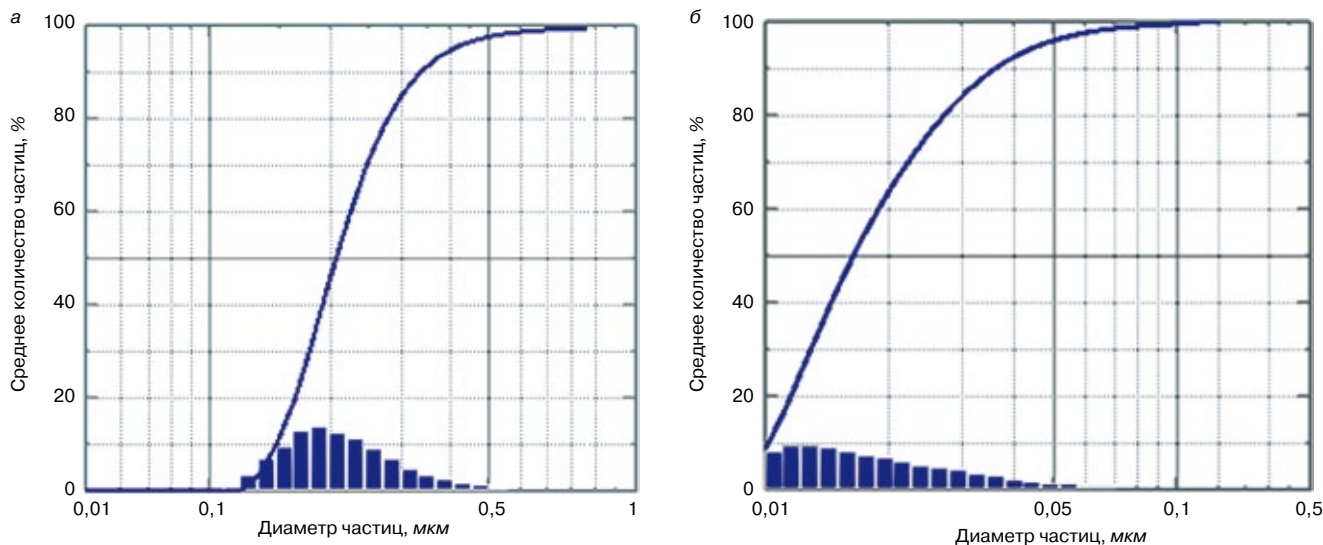


Рис. 1. Распределение частиц по размерам в НВ: а – фракция менее 0,6 мкм; б – фракция менее 60 нм

¹ Анализ проводили на лазерном анализаторе частиц Sald-7101 в центре Shimadzu в Японии

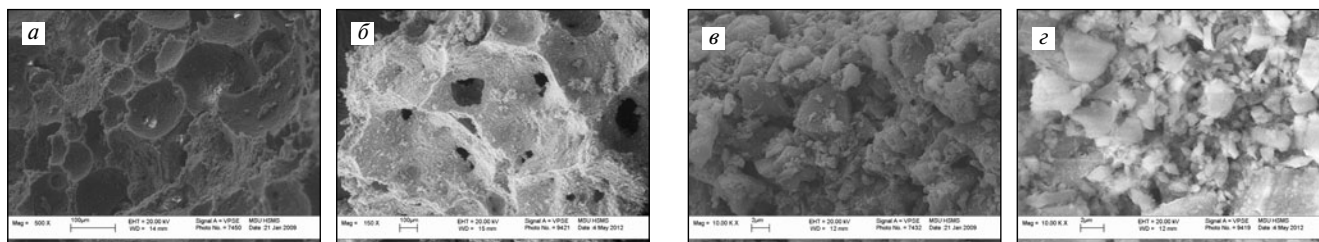


Рис. 2. Ячеистые бетоны на основе наноструктурированного вяжущего (а, в), кварцевой суспензии (б, г)

С целью обоснования эффективности применения НВ в качестве вяжущего для ячеистых бетонов и положительного влияния нанодисперсного компонента в системе на процессы структурообразования, был проведен сравнительный анализ микроструктуры пенобетонов на основе НВ и кварцевой суспензии, полученной при соответствующей концентрации сырьевых компонентов, но без соблюдения технологических и временных параметров.

Пенобетон на основе НВ отличается ярко выраженной ячеистой структурой с четкими границами между отдельными порами. В материалах, полученных путем пенообразования на основе кварцевой суспензии, пористость прослеживается слабо, наблюдаются значительные дефекты в структуре. Это объяснимо низким уровнем полидисперсности, отсутствием частиц наноразмерного уровня. В связи с несоблюдением технологии производства НВ, отсутствием поэтапной загрузки при механоактивации кварцевой суспензии, слабо проявляются вяжущие свойства в системе. Частицы кварца в суспензии характеризуются размером более 300 нм. Низкая концентрация коллоидного компонента в системе приводит к увеличению длительности процесса твердения, слабой активности и агрегативной устойчивости вяжущей системы (рис. 2, б, д).

При получении ячеистых композитов с использованием НВ частицы мини-мальных размеров, располагаются в зазорах между относительно крупными частицами матричной системы, что способствует созданию тонкой пленки минерализатора на поверхности воздушного пузырька. Это позволяет получить материал с низкой объемной массой (300–400 кг/м³) и высокими прочностными характеристиками (3–4 МПа).

Основными достоинствами наноструктурированного вяжущего являются низкая себестоимость и высокая технологичность. Низкая себестоимость обусловлена доступностью и широкой распространенностью минерального сырья для его производства и, как следствие, минимальными транспортными расходами, отсутствием энергозатрат на высокотемпературную обработку сырья при производстве вяжущего и неограниченным сроком хранения.

Ячеистые бетоны на основе цементного вяжущего имеют ряд недостатков: низкая огнестойкость, повышенный расход высококачественного цемента, склонность к расслоению при формовании массивов, высокие усадочные деформации в период твердения и эксплуатации, что может привести к трещинообразованию и разрушению. Использование НВ позволяет решить ряд проблем, связанных с низкой прочностью и деформационной стойкостью, получить ячеистые бетоны с улучшенными теплофизическими характеристиками без применения цемента.

Для повышения прочностных характеристик ячеистых бетонов на основе НВ применим принцип упрочнения, основанный на эффекте «холодного спекания». При этом высушенный материал подвергают выдержке в жидких химических активных средах (щелочах, кислотах, солях и др.) с последующей сушкой. Химически активный раствор играет роль холодной минерализующей добавки [4]. В зависимости от условий формирования ячеистой

структуры припорный слой может быть более рыхлым, чем основной материал межпоровой перегородки, равнопрочным, и более плотным и прочным. В последнем случае припорный слой играет роль подкрепляющей зоны.

Упрочнение материалов можно объяснить незначительным растворением твердой фазы матрицы в процессе выдержки, и наблюдается явление ионного обмена между компонентами сырьевой массы и раствора. Пористый материал, подвергаемый упрочнению, отличается повышенным энергетическим потенциалом поверхности раздела, что благоприятствует протеканию малоактивных процессов, реализуемых в присутствии активных центров.

Эффективность процесса структурообразования ячеистых бетонов на основе наноструктурированного вяжущего можно объяснить формированием пленочной кремниевой кислоты на поверхности частиц вяжущего в процессе механоактивации. Раствор кремнекислоты при структурообразовании способен полимеризоваться и создавать на контактах частиц устойчивые кристаллизационные связи.

Применение НВ позволяет получать ячеистые композиты с высокими технико-эксплуатационными характеристиками, применение которых позволит:

- создавать эффективные облегченные стеновые конструкции минимальной толщины, что обеспечивает увеличение полезной площади помещения, способствует уменьшению нагрузки на фундамент и повышению эффективности строительства;
- снизить себестоимость строительства за счет более дешевых технологий производства стройматериалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками;
- обеспечить регионы, испытывающие дефицит цемента, альтернативным вяжущим.

Применение НВ позволяет достичь оптимального эффекта от реализации экологически чистой технологии получения энергоэффективных теплоизоляционных ячеистых композитов на их основе.

Ключевые слова: наноструктурированное вяжущее, ячеистые бетоны, кремнеземосодержащие и алюмосиликатные породы.

Список литературы

1. Мирошников Е.В., Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В. Наноструктурированное перлитовое вяжущее и пенобетон на его основе // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 105–106.
2. Ливинский Ю.Е. Теоретические аспекты технологии керамики и огнеупоров. С-Пб.: Стройиздат, 2003. Т. 1. 544 с.
3. Шаповалов Н.А., Строкова В.В., Череватова А.В. Оптимизация структуры наносистем на примере ВКВС // Строительные материалы. 2006. № 9. С. 16–18.
4. Череватова, А.В., Павленко Н.В. Пенобетон на основе наноструктурированного вяжущего // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 115–119.
5. Павленко Н.В. Особенности получения рациональной поровой структуры пенобетона на основе наноструктурированного вяжущего // Строительные материалы. 2009. № 10. С. 32–36.

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



тел/факс в Челябинске: (351) 790-16-13, 790-16-85, 796-64-14
 в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58
 e-mail: stroypribor@chel.surnet.ru
 www. stroypribor.ru

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03
ударно-импульсный

автоматическая обработка измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой

поверхностное и сквозное прозвучивание



частота 60...70 кГц
диапазон 10...2000 мкс

ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д / ПОС-50МГ4 "Скол"

отрыв со скалыванием и скалывание ребра

предельное усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа



ПОС-2МГ4 П

испытание прочности ячеистых бетонов



предельное усилие вырыва 2,5 кН

ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ ДИНАМИЧЕСКИЕ ПДУ-МГ4 "Удар" и ПДУ-МГ4 "Импульс"

определение динамического модуля упругости грунтов и оснований дорог методом штампа, диапазон: 5...370 МН/м² ("Удар")
5...300 МН/м² ("Импульс")



Прессы испытательные малогабаритные

ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4

с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича
 ■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН
 ■ масса 70 / 120 / 180 кг



ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4 / ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4

с ручным / электрическим приводом для испытания утеплителей на изгиб и сжатие при 10% линейной деформации
 ■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН
 ■ масса 20 / 25 кг

ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности сцепления в каменной кладке

предельное усилие отрыва 15 кН



АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности сцепления покрытия с основанием

предельная нагрузка 1 / 2,5 / 5 / 10 кН



ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01
анемометр-термометр

диапазон 0,1...20 (1...30) м/с
-30...+100 °С



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"

3...5, 10 и 100-канальные регистраторы

диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины
диапазон 1...45 %



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

диаметр контролируемой арматуры 3...40 мм
диапазон измерения защитного слоя 3...140 мм



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер (до 20 модулей в комплекте)
зондовые / контактные
1...2-канальные
диапазон -40...+100 / 250 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых усилий 2...120 кН

диаметр арматуры 3...12 мм



ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.

Н.В. КУЗНЕЦОВА, канд. техн. наук, И.И. СТЕРХОВ, инженер,
Тамбовский государственный технический университет

Использование отходов литейного производства для получения мелкозернистых бетонов

Одним из негативных явлений роста промышленного производства является увеличение отходов при производстве продукции. В связи с этим для каждого предприятия встает вопрос о вывозе или утилизации отходов. Средний уровень полезного использования промышленных отходов в России составляет примерно 36%. Но остальная часть отходов вывозится и складировается на полигонах, которые занимают большие площади и загрязняют окружающую среду [1]. К примеру, на предприятиях литейного производства образуется большое количество отходов, в том числе 30 % в виде отработанной формовочной смеси (ОФС). Большинство предприятий литейного производства решают этот вопрос, складывая ОФС на полигонах. Такие действия ведут к увеличению площадей полигонов и, как следствие, к нерациональному использованию земельных ресурсов и ухудшению экологической обстановки вокруг полигонов, эрозии почвы. Это невыгодно самим предприятиям из-за необходимости платы за пользование полигонами [1–3].

В данной работе предлагается использовать ОФС сталеплавильного производства Тамбова в качестве заполнителя для изготовления мелкозернистых бетонов (МБ).

ОФС представляет смесь вяжущего и заполнителя. Роль вяжущего выполняет Этилсиликат-40. Заполнитель представлен кварцевым песком с фракциями 0,063–1 мм. Поставляется ОФС с предприятия в виде изогнутых пластин длиной до 20 см и толщиной от 5 до 15 мм.

Для изготовления МБ с использованием ОФС требуются следующие технологические операции: измельчение ОФС в лабораторной щековой дробилке, разделение измельченной ОФС по фракциям, смешивание компонентов МБ, формование.

Исходя из того что неотъемлемой частью технологии изготовления мелкозернистых бетонов являются измельчение и рассев ОФС, с целью получения строительных материалов с меньшим содержанием вяжущего необходимо исследовать влияние гранулометрического состава заполнителя из техногенных отходов на физико-механические характеристики. В качестве вяжущего использовали цемент М400.

№ опыта	x_1	x_2	x_3	Графическое изображение точек эксперимента
1	0,12	0,12	0,76	
2	0,127	0,748	0,125	
3	0,748	0,127	0,125	
4	0,447	0,447	0,106	
5	0,106	0,447	0,447	
6	0,447	0,106	0,447	

Наиболее эффективным является применение заполнителя с прерывистым зерновым составом [4]. Такие составы при исключении фракций средних размеров обеспечивают меньшую пустотность смеси; увеличение плотности упаковки частиц приводит к повышению прочности, снижению водопоглощения и, как следствие, увеличению морозостойкости.

Цель проведенной работы – исследование влияния фракционного состава заполнителя на физико-механические характеристики МБ. Подбор оптимальных соотношений фракций заполнителя из ОФС осуществлялся методом планирования эксперимента с применением симплекс-решетчатого метода [5].

Для уменьшения количества рассматриваемых фракций наиболее рационально разделить непрерывный фракционный состав на три группы:

- крупная фракция (x_1) 2,5 мм;
- средняя фракция (x_2) от 2,5 до 0,63 мм;
- мелкая фракция (x_3) от 0,63 до 0,14 мм.

Причем при расчете соотношений фракций должно соблюдаться условие: $x_1 + x_2 + x_3 = 1$. Так как использование заполнителя только одной фракции нецелесообразно вследствие снижения плотности упаковки, из рассмотрения исключались следующие точки: $x_1=1; x_2=0; x_3=0; x_1=0; x_2=1; x_3=0; x_1=0; x_2=0; x_3=1$.

Важным моментом при разделении измельченной ОФС на фракции является исключение фракции меньше 0,14 мм, так как наличие мелких частиц значительно увеличивает водопотребность бетонной смеси и отрицательно влияет на физико-механические свойства получаемых МБ.

В качестве функций отклика были выбраны следующие физико-механические характеристики: прочность на центральное сжатие, водопоглощение, средняя плотность.

Экспериментальное определение этих показателей проводилось в шести точках симплекс-решетчатого плана эксперимента (таблица).

В результате получены следующие математические зависимости.

Для прочности на центральное сжатие

$$y_1 = 66,81 - 7,52 \cdot x_1 + 15,96 \cdot x_2 - 8,44 \cdot x_3 - 15,72 \cdot x_1 \cdot x_2 - 52,18 \cdot x_1 \cdot x_3 + 88,82 \cdot x_2 \cdot x_3 + 33,95 \cdot x_1^2 - 36,55 \cdot x_2^2 - 18,32 \cdot x_3^2.$$

Для средней плотности

$$y_2 = 1,491 - 0,052 \cdot x_1 + 0,042 \cdot x_2 - 0,01 \cdot x_3 - 0,325 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,074 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,474 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,125 \cdot x_1^2 - 0,075 \cdot x_2^2 - 0,274 \cdot x_3^2.$$

Для водопоглощения

$$y_3 = 13,745 - 3,401 \cdot x_1 - 1,769 \cdot x_2 + 5,171 \cdot x_3 + 2,215 \cdot x_1 \cdot x_2 - 5,689 \cdot x_1 \cdot x_3 - 6,642 \cdot x_2 \cdot x_3 + 1,719 \cdot x_1^2 + 2,214 \cdot x_2^2 + 6,166 \cdot x_3^2.$$

Для наглядности оценки результатов построены изолинии функций отклика, которые представлены на рис. 1–3.

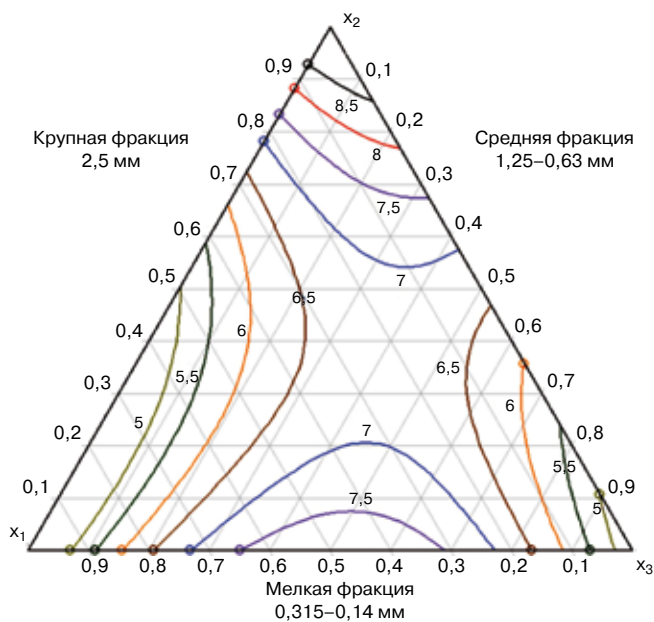


Рис. 1. Изолинии прочности на центральное сжатие, МПа, мелкозернистого бетона в зависимости от соотношения фракций заполнителя из ОФС

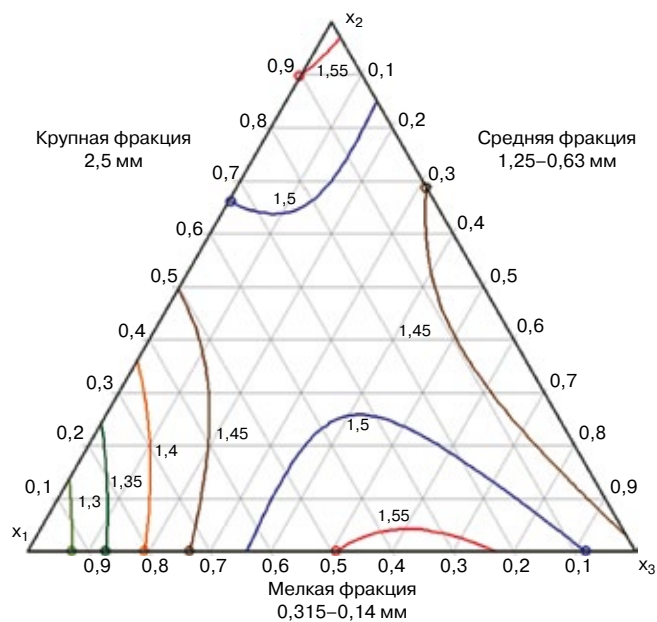


Рис. 2. Изолинии средней плотности, $\times 10^3 \text{ кг/м}^3$, мелкозернистого бетона в зависимости от соотношения фракций заполнителя из ОФС

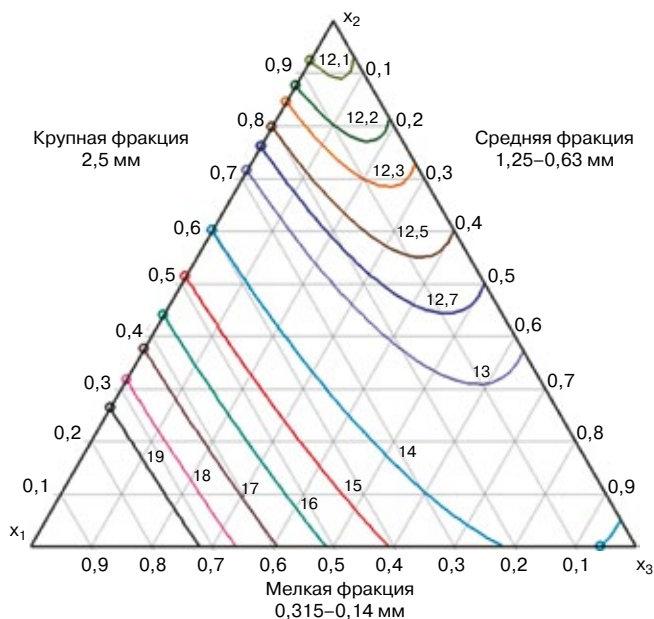


Рис. 3. Изолинии водопоглощения, %, мелкозернистого бетона в зависимости от соотношения фракций заполнителя из ОФС

Как видно из построенных изолиний, максимальная прочность, равная 8,5 МПа, достигается при следующем составе фракций: крупная – 87–92%, средняя – 0–13%, мелкая – 0–7%. Следует отметить, что при этом же фракционном составе заполнителя средняя плотность МБ имеет максимальное значение 1550 кг/м^3 , а водопоглощение – минимальное значение 12,1%, что можно объяснить достижением максимальной плотности упаковки частиц заполнителя.

Наименьшее значение прочности на сжатие (5 МПа) имеют образцы со следующими соотношениями фракций: крупная – 25–30%, средняя – 5–10%, мелкая – 62–67%; крупная – 5–10%, средняя – 89–93%, мелкая – 0–3%.

Причем при сравнимых прочностных показателях в обеих рассмотренных областях наибольшее значение водопоглощения (19%) наблюдается в первом случае, что связано с меньшей плотностью упаковки частиц заполнителя. При приблизительно одинаковой средней

плотности материалов наблюдается уменьшение значе- ние водопоглощения образцов с фракционным соста- вом заполнителя в пределах второй области.

Также наблюдается зависимость увеличения плот- ности МБ от размеров частиц, это можно объяснить не- однородностью плотности по толщине пластин ОФС, что связано с особенностями технологического процес- са литья. При измельчении ОФС наиболее мелкая фрак- ция образуется из менее плотных частей пластин, а бо- лее прочные частицы имеют крупный размер, из-за чего при увеличении размера фракций увеличивается и плот- ность измельченной ОФС.

Таким образом, при обязательном наличии в техно- логии изготовления МБ таких технологических стадий, как измельчение и рассев, целесообразным является подбор прерывистого гранулометрического состава (крупная фракция 77%, средняя фракция 5%, мелкая фракция 18%) для изготовления высококачественных МБ. Только за счет оптимизации фракционного состава заполнителя из ОФС можно добиться повышения проч- ности мелкозернистых бетонов до 70%, увеличения средней плотности на 19% и снижения водопоглощения на 57%.

Ключевые слова: ресурсосбережение, мелкозернистый бетон, отработанная формовочная смесь, физико-механические характеристики, фракционный состав.

Список литературы

1. Муртазаев С.-А.Ю., Исмаилова З.Х. Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бето- нах // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 57.
2. Каптюшина А.Г., Бондаренко Г.В. Использование от- ходов в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2008. № 2. С. 38–40.
3. Бондаренко Г.В., Грызлов В.С., Каптюшина А.Г. Методика получения многокомпонентного мине- рального вяжущего на основе техногенных отходов промышленности // Строительные материалы. 2012. № 3. С. 26–29.
4. Павленко С.В. Мелкозернистые бетоны из отходов промышленности. М.: Изд. АСВ, 1997. 176 с.
5. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование экс- перимента. Мн.: Изд-во БГУ, 1982. 302 с.

Надежное основание для красивого пола

Если прочность и долговечность здания закладываются на стадии возведения фундамента, то для декоративного напольного покрытия вне зависимости от его ценовой категории таким «фундаментальным» моментом является качество подготовки основания. Компания КНАУФ, один из крупнейших в мире производителей строительных материалов на основе гипса, представила на рынок спектр материалов для выравнивания оснований, устройства монолитных гипсовых стяжек и наливных полов под общим названием «Боден».



Ровность, прочность, долговечность

Новая серия материалов «Боден» представляет собой сухие смеси на основе высокопрочного гипсового вяжущего, кварцевого песка и модифицирующих добавок. Смеси «Боден» подходят для устройства самовыравнивающихся монолитных стяжек и наливных полов с обогревом («теплый пол»), «плавающих» полов, подготовок оснований под различные виды напольных декоративных покрытий – паркета, ламината, ПВХ и натурального линолеума, ковролина, керамической плитки, а также под покрытия на основе эпоксидных смол и др., *эксплуатируемых в помещениях с сухим и нормальным влажностным режимом.*

В силу специфики физико-химических процессов растворы на основе цемента в процессе твердения подвергаются значительным усадочным деформациям, что может привести к короблению стяжки и порче декоративного покрытия пола. Уникальные свойства гипсового вяжущего таковы, что в процессе твердения оно не усаживается, а расширяется. Благодаря этому гипсовые монолитные наливные полы и стяжки обладают прекрасной трещиностойкостью, хорошо держат форму, не боятся сквозняков при твердении и не требуют специального ухода в процессе набора прочности. Незначительная продольная деформация во время схватывания (менее 0,1 мм/м) позволяет выполнять заливку без швов на больших площадях.

«Боден» в ассортименте

Наливной пол «Боден 30» применяется для устройства по несущим основаниям, в том числе по деревянным перекрытиям, самовыравнивающихся монолитных бесшовных стяжек толщиной более 25 мм. При применении в системах «теплый пол» отсутствие усадки, быстрая заливка и схватывание, возможность нанесения толстыми слоями без коробления и растрескивания обеспечивают прочную фиксацию нагревательных элементов и высокое качество при сравнительной экономичности.

Стяжка «Боден 25» применяется в качестве промежуточного слоя толщиной от 10 до 35 мм для выравнивания бетонных оснований, цементных стяжек, наливных полов перед укладкой финишного декоративного покрытия, а также при изменении планировки помещений или устройстве системы отопления в тонких слоях поверх существующих стяжек или наливных полов.

Смесь «Боден 15» применяется на гипсовых и цементных стяжках в качестве шпаклевочной массы при толщине слоя до 5 мм или в качестве промежуточной нивелирующей массы с толщиной слоя до 15 мм. «Боден 15» также может использоваться для шпаклевания сборных элементов пола «КНАУФ-суперпол» (из гипсоволокнистых КНАУФ-суперлистов) и др.

Технология применения

При устройстве наливных полов «Боден» важно правильно подготовить основание. При устройстве *контактного* пола поверхность необходимо прогрунтовать. Грунт подбирается с учетом впитывающей способности основания.

При устройстве полов *на разделительном слое* на основание укладывается специальная подкладочная бумага с перекрытием полос не менее 8 см. Бумага должна быть водонепроницаемой, но пропускать воздух, что позволит избежать образования в затвердевшем растворе пустот. К стенам в местах соединения с полом по всему периметру помещения крепится кромочная лента. При устройстве пола *на изолирующем слое* подкладочную бумагу укладывают поверх теплозвукоизолирующего материала (пенополистирола, минеральной ваты).

Деформационные швы следует предусмотреть в местах расположения конструктивных швов здания. Также необходимо устройство деформационных швов в дверных проемах, если диагональ помещения составляет более 10 м и если планировкой предусмотрены выступы или ниши.

Время высыхания зависит наряду с толщиной стяжки также от температуры и влажности воздуха и скорости движения воздуха. Постоянное проветривание начиная со второго дня после устройства стяжки ускоряет процесс высыхания.

Технические характеристики материалов «Боден» производства компании КНАУФ

Технические характеристики	Боден 30	Боден 25	Боден 15
Толщина одного слоя, мм			
минимальная	25	10	2
максимальная	80	35	15
Расход при создании слоя толщиной 1 мм, кг/м ²	1,9	1,8	1,6
Продолжительность высыхания слоя толщиной	35 мм – 3–6 недель	20 мм – ~7 дней	10 мм – ~8 дней
Можно ходить через, ч	~ 6	~ 5	~ 3
Прочность, МПа			
при сжатии	22	22	22
при изгибе	5	5	5
Упаковка	Бумажные мешки по 40 кг	Бумажные мешки по 40 кг	Бумажные мешки по 25 кг
Срок хранения	6 мес	6 мес	6 мес

Надежная теплоизоляция для балконов, входных групп и любых выступающих архитектурных элементов



реклама



Одобрено НИИСФ РААСН

- Балкон или консоль непрерывно термически отсекаются по всей длине от контура здания: влияние мостиков холода практически сводится к нулю

- Создается и поддерживается комфортный климат внутри помещения: возникновение и распространение плесневого грибка исключено

 **Schöck Isokorb®**

Реклама

УДК 699.86

Н.П. УМНЯКОВА, канд. техн. наук, зам. директора по научной работе НИИСФ РААСН (Москва); Т.С. ЕГОРОВА, региональный директор по Восточной Европе и России, В.Е. ЧЕРКАС, П.Б. БЕЛОГУРОВ, инженеры-конструкторы, ООО «Шёкк»/Schöck Bauteile GmbH (Германия), К.С. АНДРЕЙЦЕВА, инженер, ООО «Служба строительного мониторинга» (Москва)

Повышение энергоэффективности зданий за счет повышения теплотехнической однородности наружных стен в зоне сопряжения с балконными плитами

Современные требования по энергосбережению в зданиях привели к появлению так называемого «синдрома больного здания», выражающегося в ухудшении микроклимата помещений и плохого воздухообмена в помещениях, развитию грибков и плесени на внутренней поверхности наружных ограждений и несоблюдении санитарно-гигиенических требований. Известно, что ухудшение качества внутренней среды приводит к снижению работоспособности и жизнеспособности человека. Одной из причин появления «больных зданий» является стремление уменьшить расход тепла на отопление здания всеми, не всегда рациональными, способами. Низкая кратность воздухообмена в помещениях в сочетании с небольшой теплотехнической однородностью наружных ограждений приводит к снижению температуры на поверхности наружных стен помещения ниже точки росы; вызывает образование конденсата; развитию плесени и превращению здания в категорию «больных».

Одним из путей улучшения качества внутренней среды является внедрение в практику строительства

конструктивных решений с высоким коэффициентом теплотехнической однородности и минимальными мостиками холода, в частности в зоне сопряжения наружных стен с междуэтажными перекрытиями и выступающими за плоскость фасада балконными плитами [1]. Традиционное решение сопряжения наружной стены с монолитным перекрытием и балконной плитой предполагает наличие отверстий в зоне перекрытия, в которые устанавливаются вкладыши из теплоизоляционного материала, а расположенные между ними монолитные участки перекрытия интенсивно армируются. В результате через сильно армированные участки перекрытия происходят интенсивные теплопотери, а на поверхности стены помещения, опирающейся на монолитный участок, температура опускается ниже точки росы, образуется конденсат и создаются условия для развития плесени (рис. 1).

Повысить теплотехническую однородность наружных стен в зоне выступающих балконных плит возможно с помощью несущих теплоизоляционных элементов фирмы «Шёкк», разработанных специально

для этих целей [2]. В данной статье использованы результаты экспертных заключений д-ра техн. наук профессора Й. Эйбля (Изменение и дополнение общего строительного допуска № Z-15.7-86.2 с бетонным опорным элементом для восприятия давления, Карлсруэ, 03.03.2003) и д-ра техн. наук профессора Д. Хайнца (G8/02, MPA BAU, Мюнхен 14.05.2002).

Элемент Schöck Isokorb® тип К (рис. 2) является закладным элементом для соединения железобетонных балконных консолей с железобетонными перекрытиями. Он одновременно жестко соединяет конструкции и обеспечивает эффективную теплоизоляцию, позволяя создать непрерывный тепловой контур здания. Бетон с высокой теплопроводностью и арматура с еще более высокой теплопроводностью заменяются в области действия нагрузок элементом, состоящим из изоляционного материала Neopor® (является зарегистрированной торговой маркой фирмы BASF) и коррозионно-стойкой стали, обладающей в сравнении с обычной арматурной сталью очень низкой теплопроводностью. Кроме того, структура эле-

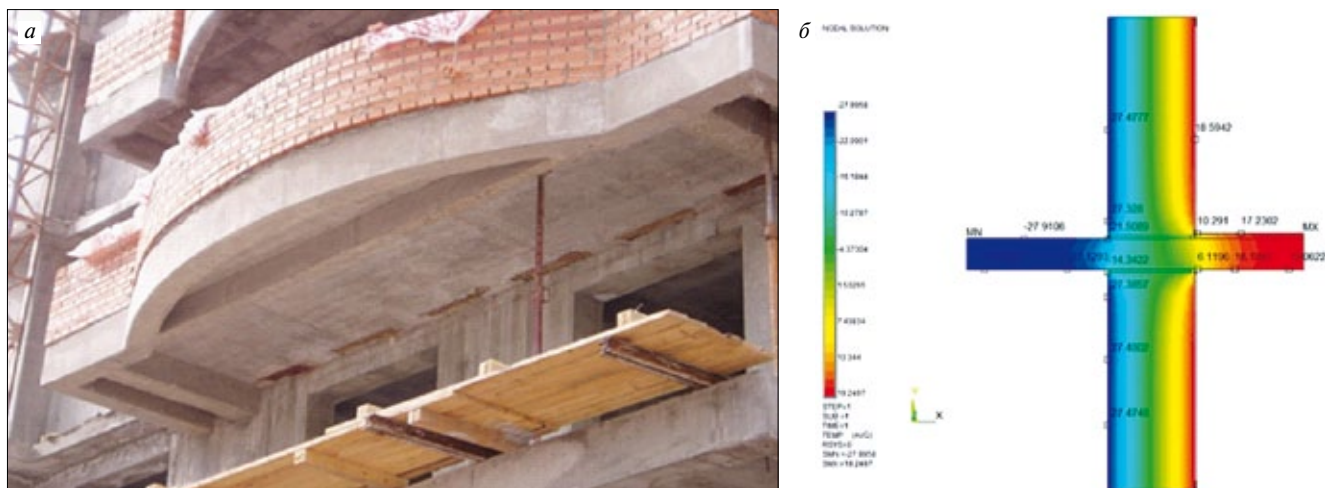


Рис. 1. Сопряжение наружной стены с балконной плитой: а – общий вид; б – температурное поле узла в зоне монолитного армированного участка

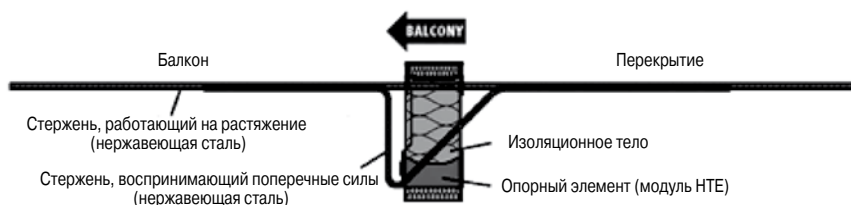


Рис. 2. Элемент Schöck Isokorb® тип К

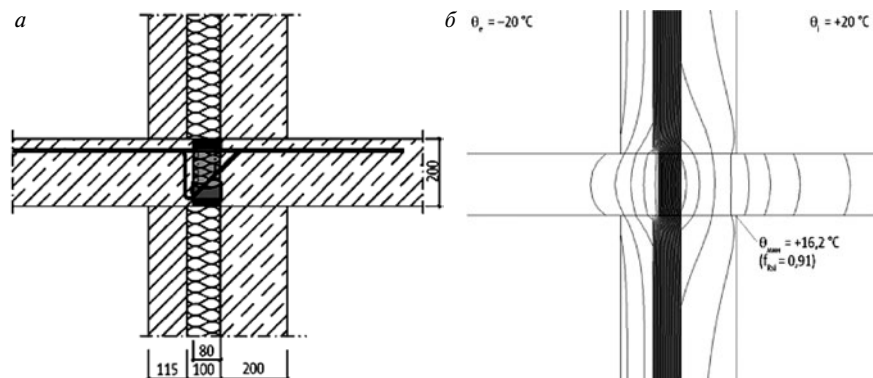


Рис. 3. Стык балконной плиты с наружной стеной с использованием теплоизоляционного элемента Schöck Isokorb® тип K30-CV30 для системы с теплоизоляцией: а – конструктивное решение стыка; б – характер распределения температур в зоне стыка

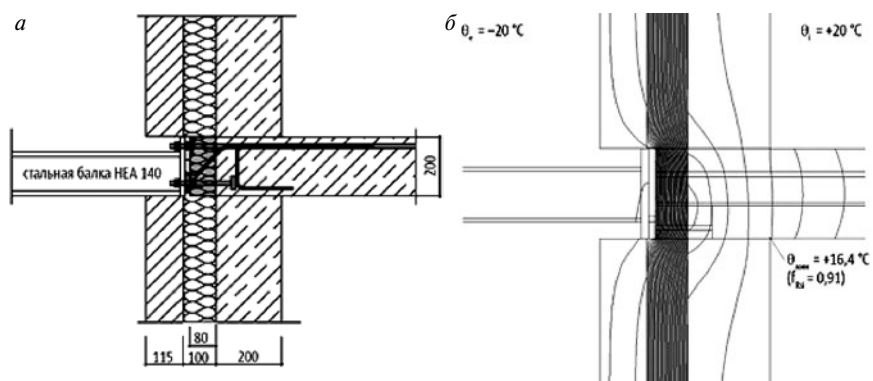


Рис. 4. Соединение стальной балки HEA 140 с использованием Schöck Isokorb® тип KS14 для системы с теплоизоляцией: а – конструктивное решение узла; б – температурное поле узла

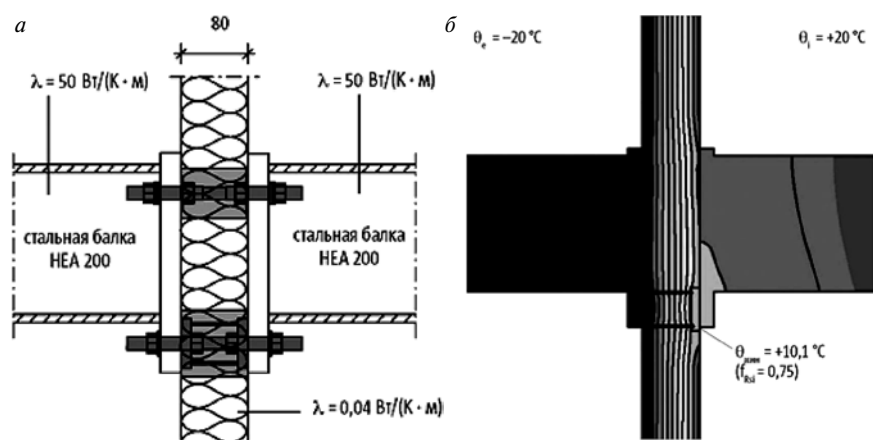


Рис. 5. Соединение стальной балки HEA 200 с использованием Schöck Isokorb® тип KST16: а – конструктивное решение узла; б – температурное поле узла

мента содержит усовершенствованные опорные элементы из высокопрочного фибробетона в пластиковой несъемной опалубке.

В области стыка балкона элемент Schöck Isokorb® отсекает желе-

зобетонную плиту, которая в ином случае проходит насквозь (рис. 3). Бетон с высокой и железобетон с еще более высокой теплопроводностью заменяются в области действия нагрузок элементом, состоя-

щим из изоляционного материала Neorog® (является зарегистрированной торговой маркой фирмы BASF) и высококачественной нержавеющей стали, обладающей в сравнении с обычной арматурной сталью очень низкой теплопроводностью. Структура элемента содержит усовершенствованные опорные элементы из высокопрочного мелкозернистого бетона. Благодаря применению элемента Schöck Isokorb® тип K50 в сравнении с панелями со сплошным бетонированием обеспечивается снижение теплопроводности примерно на 94% (по данным фирмы «Шёкк»).

Система Schöck Isokorb® соединения и одновременного термического отсечения балконов из стальных конструкций и железобетонных перекрытий. В узле соединения сталь с высоким коэффициентом теплопроводности заменяется благодаря использованию элемента Schöck Isokorb® теплоизоляцией и коррозионно-стойкой сталью, обладающей теплопроводностью почти в четыре раза ниже, чем обычная арматурная. Применение элемента Schöck Isokorb® тип KS14 (рис. 4) обеспечивает снижение теплопроводности примерно на 94% в сравнении с неизолированным стыком (по данным фирмы «Шёкк»).

Система Schöck Isokorb® для соединения и одновременного термического отсечения несущих стальных конструкций. В узлах соединения стальных конструкций обычная «черная» сталь с очень высоким коэффициентом теплопроводности заменяется изоляционным материалом и конструкцией из нержавеющей стали, обладающей в сравнении с обычной сталью очень низкой теплопроводностью. Можно отметить, что применение, в частности, элемента Schöck Isokorb® тип KST16 обеспечивает снижение теплопроводности примерно на 90% в сравнении со стальной неразрезной балкой (по данным фирмы «Шёкк»).

Новые конструктивные решения постепенно находят все большее применение в наружных ограждающих конструкциях здания. В настоящее время ведутся строительномонтажные работы по возведению зданий для Корпоративного университета Сбербанка, расположенного на р. Истра в Московской области. Комплекс состоит из десяти учебных корпусов, отвечающих самым современным требованиям по уровню комфортности внутри зданий, а также по энергоэффективности. Почти все здания имеют балконы, что делает применение элементов Isokorb обязательным для дости-

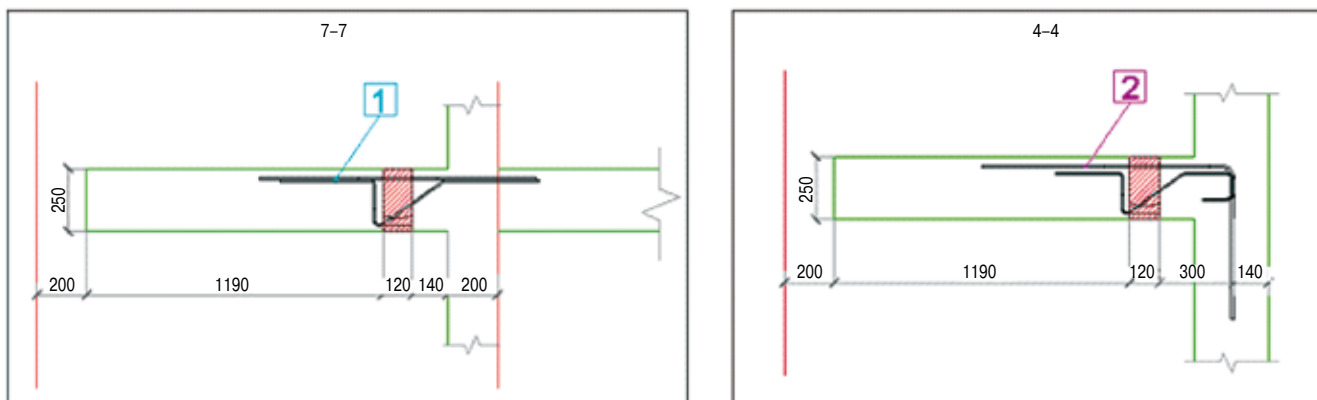


Рис. 6. Варианты Schöck Isokorb, служащие для крепления балконных плит к различным конструктивным частям зданий: 1 – крепление к ж/б перегородию; 2 – крепление к несущей ж/б стене в зоне второго света

жения поставленных амбициозных задач. В отдельных случаях вылет балконных плит достигает 3,2 м.

Другим примером использования данных несущих теплоизоляционных элементов является здание «Гиперкуб» в Сколково, который по замыслу архитекторов должен сочетать в себе энергоэффективность, экологичность, удобство и комфорт. Здание имеет размеры в плане 36×31 м. По всему периметру здания, на всех его этажах предусмотрены балконы, имеющие вылет для 1,3 м. В качестве несущих теплоизоляционных элементов были использованы изделия Schöck Isokorb типа КХТ с толщиной теплоизоляционного слоя 120 мм. В здании имеется большое количество помещений со вторым светом, что, однако, не является препятствием для наличия балконов. Наряду со стандартными элементами типа КХТ30-CV35-V8-H250 для присоединения бал-

конных плит к стенам в зоне второго света использованы элементы КХТ30-WU-CV35-H250, имеющие загибы арматуры вниз (рис. 6).

Исходя из вышеописанных примеров можно сделать вывод, что использование элементов Schöck Isokorb позволяет не только решить проблему мостиков холода, но и дает возможность инженерам, архитекторам и проектировщикам воплотить в жизнь самые смелые идеи (альбом «Техническая информация Schöck Isokorb», Schöck Bauteile GmbH, август 2008 г.; «Альбом технических решений Schöck Isokorb», Schöck Bauteile GmbH, март 2011 г.). В заключение следует отметить, что в 2011 г. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко выпустил технические условия ТУ 5285-299-36554501-2011 «Закладные элементы Schöck Isokorb для устройства терморазъемов в монолитных железобетонных конструкциях».

Ключевые слова: несущий теплоизоляционный элемент Schöck Isokorb®, энергоэффективность, мостик холода, снижение теплопроводности.

Список литературы

1. Умнякова Н.П. Особенности проектирования энергоэффективных зданий, уменьшающих негативное влияние на окружающую среду // Известия Юго-Западного государственного университета. 2001. № 5. Ч. 1. С. 33–38.
2. Егорова Т.С., Черкас В.Е. Повышение энергоэффективности зданий благодаря устранению критических мостиков холода и непрерывной изоляции выступающих строительных конструкций // Вестник МГСУ. 2011. № 3. Т. 1. С. 421–428.

4-7 сентября
АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН, КЦДС "АТАКЕНТ"

2012

KazBuild

19-я КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА "СТРОИТЕЛЬСТВО"



СТРОИТЕЛЬСТВО
ИНТЕРЬЕР



КЕРАМИКА И КАМЕНЬ
ОКНА, ДВЕРИ И ФАСАДЫ

Для дополнительной информации посетите
официальный сайт выставки: www.kazbuild.kz

ITE GROUP PLC Itesca GIMA EUP

Itesca (Алматы) -
Алматы, Казахстан, 050057, ул.Тимирязева, 42, 2 этаж,
Тел.: +7 727 258 34 34; Факс: +7 727 258 34 44; E-mail: build@itesca.kz

параллельно пройдет выставка



5-я Юбилейная Международная Выставка
Систем Отопления и Вентиляции, Кондиционирования,
Водоснабжения, Сантехники и Бассейнов

Нанотехнологии вне революций и политической нестабильности

В конце марта 2012 г. в Каире состоялась IV Международная конференция «Нанотехнологии для экологичного и долговечного строительства», которую организует Египетско-Российский университет (ERU), Национальный исследовательский центр жилищного и гражданского строительства (HBRC) и Ижевский государственный технический университет при поддержке Совета по зеленому строительству Египта (Egyptian Green Building Council (EGBC)). Традиционно в работе конференции приняли участие ученые вузов и научных учреждений Египта, России, Беларуси, Франции.



В президиуме конференции не только известные ученые, но и высшие чиновники министерств строительства, образования и научных исследований



Египетско-Российский университет (ERU) — первый российский университет на Ближнем Востоке, основанный в 2006 г. и располагающийся в г. Бэдр-Сити в 45 км от Каира. Это частное учебное заведение, созданное по инициативе группы египетских инвесторов. Одной из целей создания ERU была разработка

учебных планов, которые бы сочетали лучшие достижения российских коллег, в том числе в области технических наук, и современные требования к специалистам данного профиля. Созданные учебные программы стали результатом плодотворного академического и научного сотрудничества

между египетско-российским университетом и группой российских университетов. Учебный план ERU аккредитован Высшим советом египетских университетов. В настоящее время в ERU обучается около 2,5 тыс. студентов.

ERU сотрудничает со многими российскими университетами среди них: Университет дружбы народов России (Москва, Россия); Ижевский государственный технический университет (Ижевск, Россия); Российский государственный гуманитарный университет (Москва, Россия); Московский энергетический институт (технический университет); Томский политехнический университет; Омский государственный технический университет.



Конференцию посетил чрезвычайный и полномочный посол Российской Федерации в Арабской Республике Египет Сергей Вадимович Кирпиченко (в центре)

В состав Российской делегации входили ученые и аспиранты ИжГТУ, КазГАСУ, Северо-Восточного Федерального университета им. М.К. Аммосова. Впервые на конференцию был приглашен российский научно-технический журнал «Строительные материалы».

Следует отметить, что развитию нанотехнологий в Египте придется большое значение. Экономический и практический эффект, который можно получить от внедрения научных разработок, чрезвычайно важен для страны с самым большим населением на Африканском континенте и развивающейся экономикой. Несмотря на социально-политическую нестабильность последнего времени, развитию науки и научной кооперации с развитыми странами уделяется большое внимание, так как стратегически ставка делается на высокотехнологичное развитие Египта.

Египетские ученые всегда встречают доклады российских коллег, как известных ученых, так и аспирантов, с повышенным интересом, так как они всегда конкретны, дают большой объем новой информации. Отрадно, что доклады аспирантов (А.М. Багимова, А.Ф. Гординой, Е.А. Шабалиной), сделанные на английском языке, вызвали живой отклик аудитории. Будущие ученые уверенно и исчерпывающе отвечали на вопросы. Это, конечно, во многом заслуга научных руководителей.



Г.И. Яковлев, д-р техн. наук, зав. кафедрой «Геотехника и строительные материалы» Ижевского государственного технического университета, ведет активную работу в Египетско-Российском университете. На конференции ему пришлось «болеть» за своих российских и египетских аспирантов

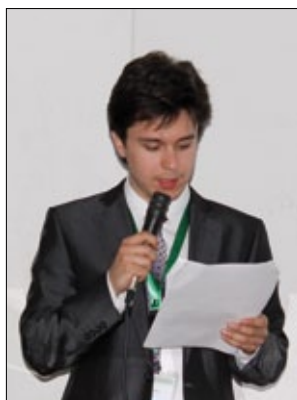
Второй день конференции состоялся на базе нового научно-технологического исследовательского и учебного центра (STCE). Самое современной и высокотехнологичное оборудование, установленное в центре, позволяет проводить исследования в интересах университетов, частных компаний и военных. Для каждого научного направления в центре создается профильная библиотека. В центре также разрабатывается программа учебных курсов и курсов повышения квалификации, которые будут включать теоретические, практические и прикладные сессии обучения.



Ректор Египетско-Российского университета профессор Шериф Хелми (Sherif Helmy). С российскими учеными его связывают не только деловые и научные интересы, но и дружеские отношения еще со времен учебы в аспирантуре НИИЖБ.

Мы рады сообщить нашим читателям, что познакомившись с журналом «Строительные материалы», ректор Египетско-Российского университета профессор Шериф Хелми высоко оценил уровень публикуемых статей, он любезно принял приглашение войти в состав редакционного совета.

Редакция выражает благодарность профессору Ш. Хелми и профессору Г.И. Яковлеву за возможность принять участие в IV Международной конференции «Нанотехнологии для экологичного и долговечного строительства» и с удовольствием продолжит развивать начатое сотрудничество.



С.Н. Леонович, д-р техн. наук, зав. кафедрой «Технология производства» Белорусского национального технического университета не только сделал интересный доклад о влиянии нанотрубок на трещиностойкость бетона, но и выступил модератором одной из сессий конференции



А.М. Сулейманов, д-р техн. наук, профессор кафедры строительных материалов КазГАСУ, сделал доклад о влиянии наночастиц на гибридные органическо-неорганические связи



Доклад Г.Д. Федоровой, канд. техн. наук, доцента Северо-Восточного Федерального университета им. М.К. Аммосова (Якутск), о модификации нанотрубками бетона, применяемого для зимнего бетонирования, на Африканском континенте не выглядел экзотично, ведь в Египте бетон тоже работает в экстремальных климатических условиях



**5–7
сентября
2012 г.
Пермь**

**Оргкомитет:
140050,
Московская обл.,
п. Красково,
ул. К. Маркса, д. 117,
ВНИИСТРОМ**

**Телефоны:
(495) 557-30-11
E-mail: gips@
rescom.ru**

www.rosgips.ru

**Российская гипсовая ассоциация
Московский государственный строительный университет
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова
Научно-исследовательский институт строительной физики
ГУП «НИИМосстрой»**

**Шестая Международная конференция
«Повышение эффективности производства
и применения гипсовых материалов и изделий»**

Тематика конференции:

- технический прогресс в области гипсовых материалов и изделий
(исследования, производство и применение)
- ангидритовые вяжущие
- гипсовые материалы в малоэтажном строительстве
- привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой отрасли
- современное оборудование для производства гипсовых вяжущих, материалов
и изделий на их основе
- лаборатории, менеджмент качества, экологический менеджмент и их роль в
обеспечении качества и долговечности гипсовых материалов
- нормативно-техническая документация в соответствии с современными
требованиями
- обучение и переподготовка специалистов в области производства и
применения гипсовых материалов и изделий



**В рамках конференции состоится:
тематическая производственная экскурсия
на ООО «КНАУФ ГИПС КУНГУР»
и в Кунгурские гипсовые пещеры**

Генеральный информационный спонсор: журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Д.Ф. КАРПОВ, млад. научн. сотр. (karpov_denis_85@mail.ru); М.В. ПАВЛОВ, млад. научн. сотр. (pavlov_kaftgv@mail.ru), А.А. СИНИЦЫН, канд. техн. наук, Ю.А. КАЛЯГИН, д-р техн. наук, Д.А. ПОГОДИН, канд. техн. наук, Вологодский государственный технический университет

Аналитико-эмпирическая верификация экспериментальных результатов определения теплопроводности силикатного кирпича

Определение термических показателей объекта исследования после проведения теплотехнических измерений не является окончательной частью любой научно-исследовательской работы, так как полученные данные должны быть сопоставлены с результатами работ других авторов, посвященных подобной проблематике. Альтернативным способом верификации может служить построение температурного поля изучаемого тела путем решения краевой задачи теплопереноса с различными граничными условиями, в которые входили бы определяемые теплотехнические параметры. Тогда итоговое сравнение температурного поля, полученного аналитическим путем, с фактическим температурным полем станет основополагающим критерием для оценки научной правдоподобности верифицируемых термических показателей.

Для нахождения фактического температурного поля исследуемого объекта авторами разработана экспериментальная установка источник энергии – приемник, в качестве которых соответственно выступили электрический инфракрасный излучатель и фрагмент ограждающей строительной конструкции из силикатного кирпича марки М150 [ГОСТ 379-95] (рис. 1).

Принцип работы экспериментальной установки заключается в следующем (рис. 1). Электрический инфракрасный излучатель ЭЛК 10R (1) суммарной мощностью облучает лицевую поверхность силикатного кирпича марки М150 (2) потоком электромагнитной энергии. На поверхности последнего происходит преобразование инфракрасного излучения во внутреннюю энергию тела и, как следствие, строительная конструкция начинает нагреваться. Температурное состояние кирпича в заданных координатах регистрируют хромель-алюмелевые термопары (3), которые через аналогово-цифровой преобразователь ICPCON I-7014 и конвертер

ICPCON I-7520 (условно не показаны) передают информацию на энергонезависимую память компьютера (6). Для измерения плотности теплового потока на лицевой поверхности конструкции установлен преобразователь плотности теплового потока ПТП-0,25 (4), передающий сигнал на измерительный блок (5), который соединен с компьютером через кабель RS-232. Данные с термопар и измерительного блока устройства ИПП-2 отображаются на мониторе компьютера в режиме реального времени.

Схема расположения хромель-алюмелевых термопар в силикатном кирпиче представлена на рис. 2.

Постановка краевой задачи теплопроводности для условий инфракрасного нагрева силикатного кирпича выглядит следующим образом (рис. 3).

Дано полуограниченное тело с начальным распределением температуры t_0 (считается, что в начальный период времени температура тела постоянна и численно равна температуре окружающей среды). Тело нагревается с одной стороны в точке с координатой $x=0$, где тепловой поток на поверхности $q(\tau)$ есть любая функция от времени. Изменение температуры происходит только в одном направлении – вдоль оси Ox . Тогда условия однозначности принимают следующий вид:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a, \frac{\partial t^2(x, \tau)}{\partial \tau^2}; \quad (1)$$

$$\tau \geq 0, 0 \leq x \leq \infty; \quad (2)$$

$$t(x, 0) = t_0; \quad (3)$$

$$\lambda, \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} + q(0, \tau) = 0; \quad (4)$$

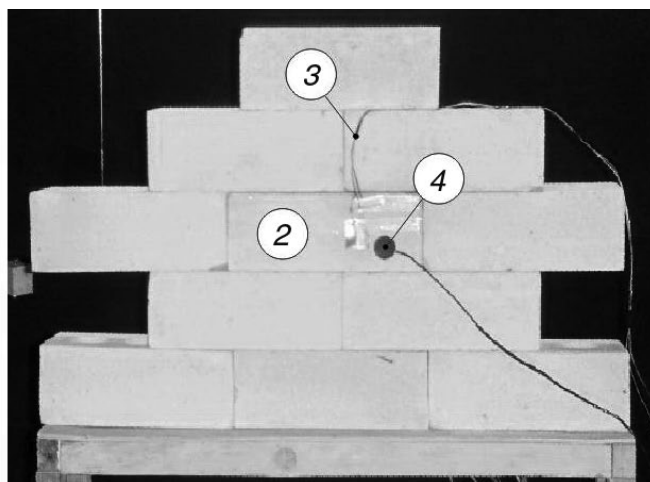
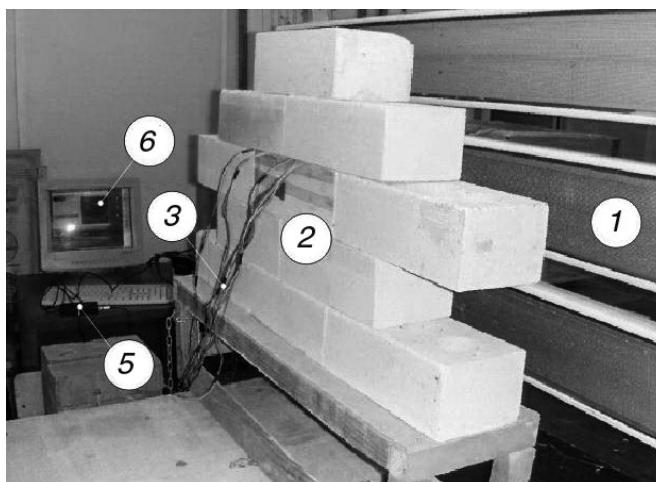


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки: 1 – инфракрасный излучатель; 2 – силикатный кирпич; 3 – хромель-алюмелевые термопары; 4 – преобразователь плотности теплового потока; 5 – измерительный блок прибора; 6 – компьютер

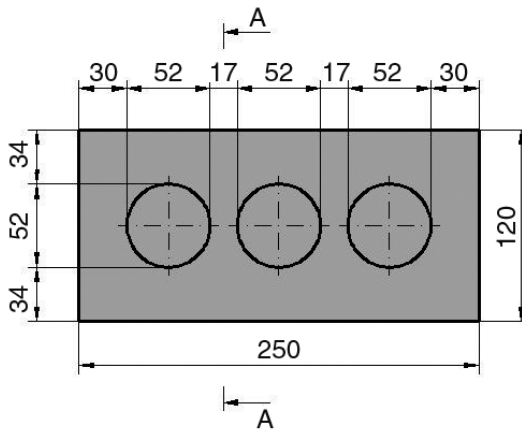


Рис. 2. Схема расположения термопар в силикатном кирпиче

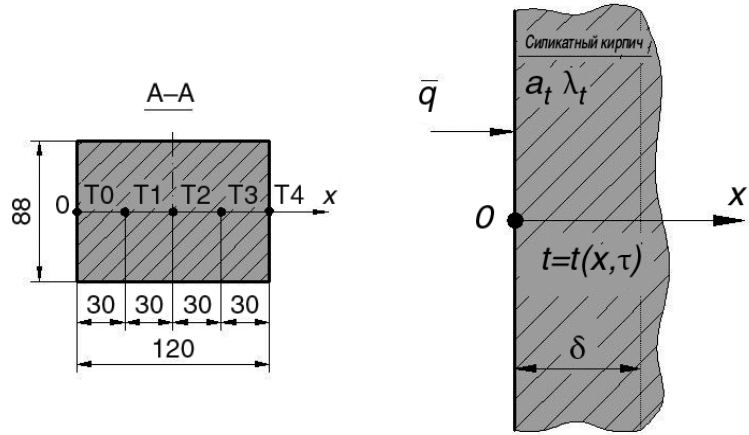


Рис. 3. К решению уравнения теплопроводности (для полуграниченного тела)

$$t(\infty, \tau) = t_0, \quad \frac{\partial t(\infty, \tau)}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

где t – температура; x – координата; τ – время; δ – толщ-

на; $a_t = \frac{\lambda_t}{c_p \rho}$ – коэффициент температуропроводности;

λ_t – коэффициент теплопроводности; c_p – удельная массовая теплоемкость; ρ – плотность; q – плотность теплового потока.

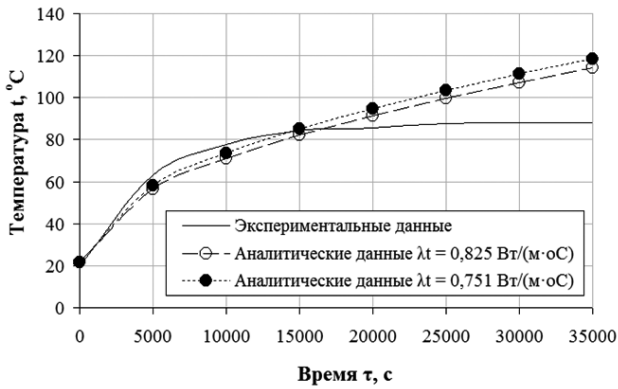
Если принять $q(0, \tau) = q_c = \int_0^\tau q(\tau) d\tau$, то решение уравнения (1) получит вид [1]:

$$t(x, \tau) = t_0 + \frac{q_c}{\lambda_t} \int_0^\infty \text{erfc}(u) du = t_0 + \frac{2q_c}{\lambda_t} \sqrt{a_t} \text{ierfc}(u); \quad (6)$$

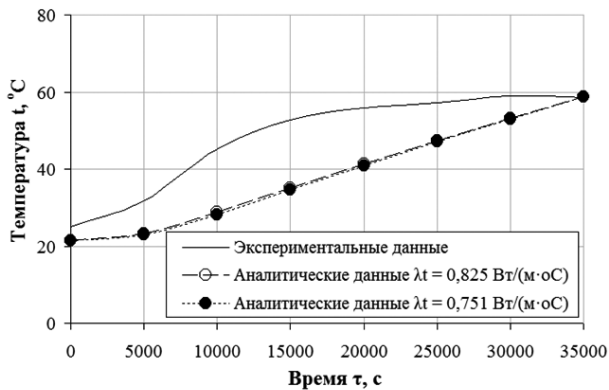
$$\text{ierfc}(u) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} - u \text{erfc}(u); \quad (7)$$

$$u = \frac{x}{2\sqrt{a_t \tau}}. \quad (8)$$

В соответствии с поставленной в работе задачей коэффициент теплопроводности λ_t является искомой величиной в уравнениях (6)–(8). В работе [2] приводится описание способов нахождения кондуктивных характеристик силикатного кирпича марки M150 в условиях



$T0 (x = 0)$



$T4 (x = 120)$

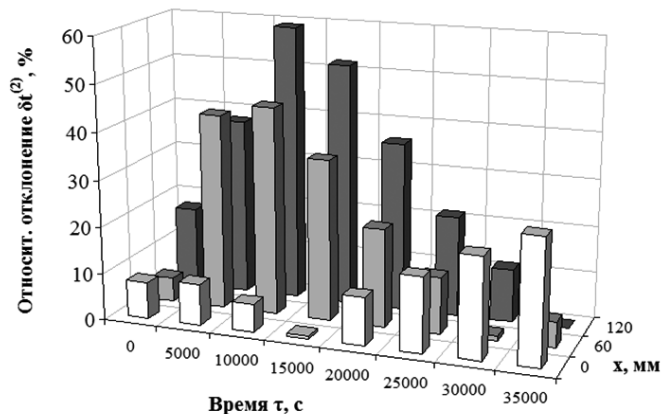
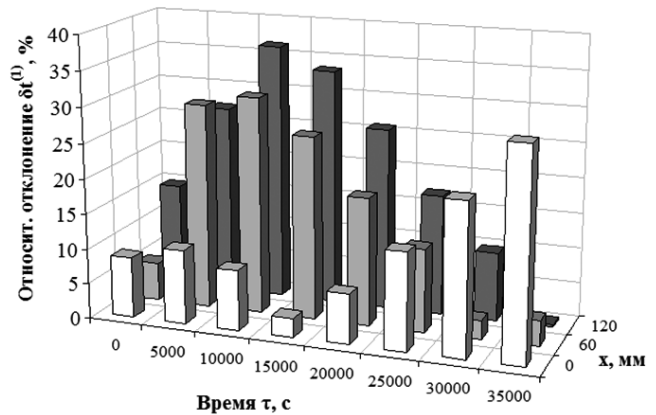


Рис. 4. Сравнение аналитических и эмпирических данных (пример)

стационарного и нестационарного тепловых режимов, по результатам которых получены значения соответственно $\lambda_i^{(1)} = 0,825 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ и $\lambda_i^{(2)} = 0,751 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ (кирпич рассмотрен как однородное тело). Так как итоговые значения имеют расхождение $|\Delta\lambda_i| = 0,074 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, то аналитико-эмпирическая верификация позволяет уточнить истинное значение коэффициента теплопроводности исследуемого материала.

Для исследования температурного поля силикатного кирпича экспериментальным и аналитическим методами процесс нагрева объекта разбит на пространственно-временные узлы. Пересечения линий координат и временных моментов образуют сетку. Если вести отчет x_i и τ_j от нулевого значения, то $i=0..4$ и $j=0..7$. Диапазон измерений $x_i \in [0;120]$ мм, $\tau_j \in [0;35000]$ с, шаг измерений соответственно $\zeta = 30$ мм (сигма) и $\chi = 5000$ с (хи). Тогда суммарное количество узловых точек в расчетной сетке $N=40$. Таким образом, аналитическое решение задачи (6)–(8) сводится к определению температур $t(x_i, \tau_j)$ в заданных узлах координатной сетки.

Исходные данные для расчета выглядят следующим образом. Средняя начальная температура силикатного кирпича при $\delta=120$ мм (рис. 2) $t_0=21,4^\circ\text{C}$ плотность теплового потока $q_c = 502 \text{ Вт/м}^2$. Коэффициент температуропроводности силикатного кирпича принят равным соответственно $a_i^{(1)} = 5,208 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ и $a_i^{(2)} = 4,741 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ (в зависимости от коэффициента теплопроводности) при следующих теплотехнических параметрах [СП 23-101-04]: $c_p = 880 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$ и $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.

Некоторые результаты сравнения аналитических и экспериментальных данных представлены на рис. 4.

Как показали результаты исследований (рис. 4), температурное поле силикатного кирпича, построенное

при условии $\lambda_i^{(1)} = 0,825 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, имеет меньшее относительное отклонение по температурам от экспериментальных данных, чем поле, полученное при коэффициенте теплопроводности $\lambda_i^{(2)} = 0,751 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ($\delta t_{av}^{(1)} = 16,8$ и $\delta t_{av}^{(2)} = 21,1$ %). Несмотря на незначительное расхождение между $\delta t_{av}^{(1)}$ и $\delta t_{av}^{(2)}$, коэффициент теплопроводности, полученный при стационарном тепловом режиме, ближе к истинному значению. Это доказывают и данные, полученные в ходе определения величины $\lambda_i = 0,88 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ при охлаждении одной из сторон строительной конструкции из силикатного кирпича в холодильной камере [3], а также при сравнении с нормативной величиной $\lambda_i = 0,82 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ [СП 23-101-04].

Список литературы

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.
2. Игонин В.И., Карпов Д.Ф., Павлов М.В. Экспериментально-расчетное определение приведенного коэффициента теплопроводности фрагмента неоднородной ограждающей строительной конструкции из силикатного кирпича при нестационарном и стационарном тепловых режимах // Вестник ТГАСУ. 2011. № 3 (32). С. 120–132.
3. Кочкин А.А., Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Игонин В.И. Экспериментально-расчетное определение приведенного коэффициента теплопроводности фрагмента неоднородной ограждающей строительной конструкции из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе методом теплового неразрушающего контроля // Вестник МГСУ. 2011. № 3. С. 351–358.



Активатор
измельчение активация синтез

Лабораторные мельницы “Активатор” для заводских и исследовательских лабораторий.



Активатор-2SL



Для пробподготовки материалов



Активатор-4M



Для наработки небольших партий материалов



Активатор-2S

Для помола материалов в ударном сдвиге, вихревом режиме

www.activator.ru >>

Новосибирск, Софийская 18, оф 107
630056, Новосибирск 56, а/я 141
Факс: 8 (383) 325-18-49
Тел: 8 913 942 94 81
e-mail: belyaev@activator.ru

Реклама

И.В. БЕССОНОВ, канд. техн. наук, А.Н. САПЕЛИН, инженер,
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (Москва)

Коэффициенты структуры как критерий оценки теплотехнического качества строительных материалов

После ужесточения теплотехнических требований к ограждающим конструкциям к теплотехническим характеристикам стеновых материалов стали предъявляться также более жесткие требования. Известно, что теплотехнические свойства материалов, в частности бетонов, в том числе ячеистых, зависят от их плотности и влажности.

На основе анализа расчетной теплопроводности материалов, которая является важнейшим теплотехническим показателем, д-р техн. наук, член-корр. РААСН В.Г. Гагарин [1] предложил к применению четыре коэффициента теплотехнического качества (КТК), приведенных в табл. 1.

Коэффициент теплотехнического качества $КТК_{11}$ в общем случае можно назвать коэффициентом структуры строительного материала по теплопроводности (КСТ). Примем, что для пористых материалов с одинаковой плотностью матрицы действительна зависимость, выведенная Г.Н. Дульневим и В.В. Новиковым [2].

$$\lambda_1 = \lambda_m \left(1 - \frac{1 - \rho_0}{\frac{\lambda_m - \lambda_v}{\lambda_m - \lambda_v} - \frac{(2 - \rho_0)[1 - \sqrt[3]{(1 - \rho_0)}]}{1 + \sqrt[3]{(1 - \rho_0)}}} \right), \quad (1)$$

где λ_m – коэффициент теплопроводности матрицы, λ_v – теплопроводность воздуха, составляющая 0,026 Вт/(м·°С), $\rho_0 = \rho_m/\rho$.

Для ячеистых бетонов в диапазоне средней плотности 300–1200 кг/м³ истинная плотность матрицы составляет $\rho_m = 2650$ кг/м³ [3], а теплопроводность $\lambda_m = 1,364$ Вт/(м·°С), при этом справедлива зависимость:

$$КСТ = \frac{\lambda - 0,026}{\rho^{1,12}}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°С); ρ – средняя плотность материала в сухом состоянии, кг/м³.

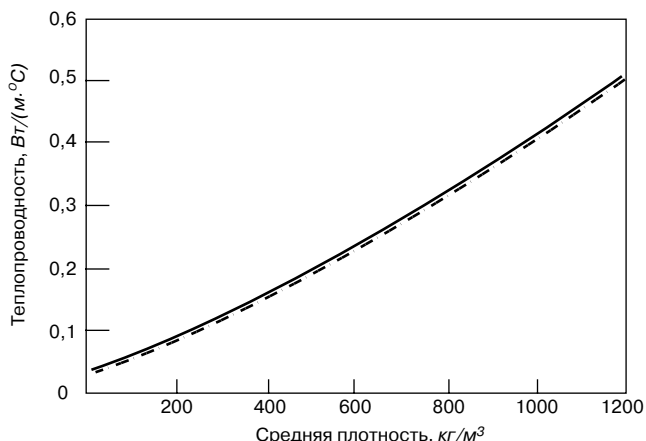


Рис. 1. Совпадение теоретических (сплошная линия) и выведенных (пунктирная линия) зависимостей для разных теплопроводностей каркаса

КСТ – коэффициент структуры по теплопроводности (КСТ) это упрощенный случай теоретической зависимости проводимости по Г.Н. Дульневим и В.В. Новикову. Теоретическая зависимость теплопроводности от плотности по Дульневим–Новикову выведена для кубической упаковки шаров. Следовательно, и упрощенная формула должна быть справедлива для кубической упаковки шаров. Для учета влияния формы и расположения пустот в массиве материала на теплопроводность в коэффициент структуры по теплопроводности необходимо ввести поправочную компоненту β , тогда зависимость примет вид:

$$КСТ = f(\lambda_m) \cdot \beta / \rho_m^{1,12}, \quad (3)$$

где β – новый коэффициент, отражающий влияние формы и расположения пустот, который равен 1, для кубической упаковки шаров.

На рис. 1 представлено совпадение теоретической зависимости Дульнева–Новикова с упрощенной зависимостью для материалов с одинаковой теплопроводностью и плотностью матрицы.

При уменьшении теплопроводности, коэффициент структуры по теплопроводности будет также уменьшаться, следовательно, при одинаковой плотности, меньший коэффициент структуры по теплопроводности будет отражать меньшую теплопроводность материала.

В настоящее время для оценки теплопроводности могут быть использованы следующие коэффициенты:

- $КТК_{11} = \frac{\lambda_0 - \lambda_v}{\rho}$ (без учета влияния теплопроводности воздуха);
- λ_0/ρ – оценочный коэффициент (учитывает влияние теплопроводности воздуха).

Таблица 1

Обозначение коэффициента	Расчетная формула	Физический смысл
$КТК_{11}$	$КТК_{11} = \frac{\lambda_0 - \lambda_v}{\rho_0}$	Показывает, на сколько увеличивается теплопроводность скелета материала (без влияния теплопроводности воздуха) при увеличении плотности материала на 1 кг/м ³
$КТК_{12}$	$КТК_{12} = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 - \lambda_v}$	Показывает влияние теплопроводности воздуха на теплопроводность материала в сухом состоянии. Чем ближе теплопроводность материала к теплопроводности воздуха, тем больше $КТК_{12}$, приближаясь к бесконечности
$КТК_{21}$	$КТК_{21} = \Delta\lambda/\lambda_0$	Показывает долю увеличения теплопроводности материала при увеличении влажности на 1%. Является характеристикой материала
$КТК_{22}$	$КТК_{22} = 0$	Является расчетной влажностью материала. Характеризует не только материал, но и конструкцию, условия эксплуатации и климатические условия

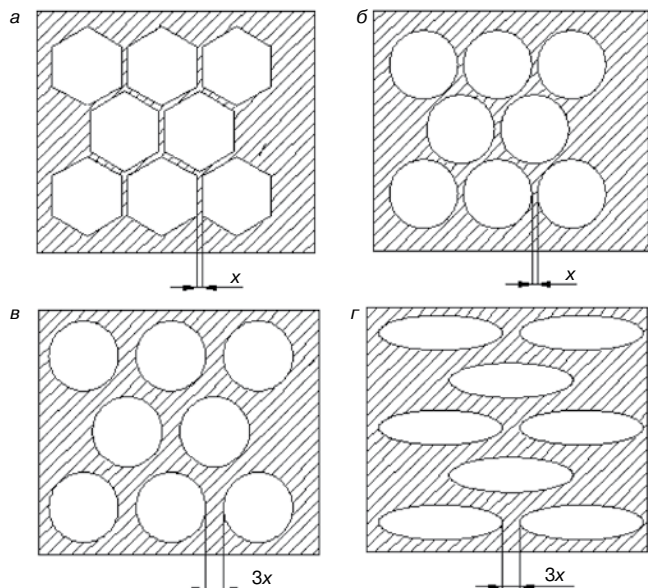


Рис. 2. Виды пустот в строительном материале: а – пустоты, характерные для ячеистого бетона низкой плотности; б – теоретическая модель; в – пустоты, характерные для ячеистого бетона высокой плотности; г – теоретическая модель

При малой плотности поры имеют сотовую, а не шарообразную структуру (рис. 2, а), причем происходит наложение пустот друг на друга в одной плоскости. Как будет показано дальше, после определенного момента, с увеличением плотности коэффициент структуры по теплопроводности начинает увеличиваться, что может быть вызвано отсутствием наложения пустот друг на друга, уменьшением длины теплового пути, приближением упаковки шаров к кубической. В то же время коэффициент структуры по теплопроводности можно уменьшить с помощью изменения формы пустот, вследствие чего, может увеличиться длина теплового пути (рис. 2, д). Все это отражает качество материала с теплотехнической точки зрения, которое может быть создано как путем направленного порообразования (при малых плотностях) так и принудительно изменяя форму пустот, введением специальных наполнителей, например алюмосиликатных микросфер [3].

В качестве примера использования коэффициента структуры по теплопроводности в табл. 2 представлены теплотехнические свойства ячеистого бетона для марок, указанных в ГОСТ 25192.

Данные табл. 2 показывают, что чем ниже коэффициент КСТ, тем лучше его теплозащитные свойства.

Таблица 2

Марка	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	КСТ	λ_0/ρ
D300	300	0,08	90,8	267
D350	350	0,09	90,5	257
D400	400	0,1	90,1	250
D500	500	0,12	89,2	240
D600	600	0,14	88,2	233
D700	700	0,18	100,2	257
D800	800	0,21	103,1	263
D900	900	0,24	105,1	267
D1000	1000	0,29	115,2	290
D1100	1100	0,34	123,2	309
D1200	1200	0,38	126	317

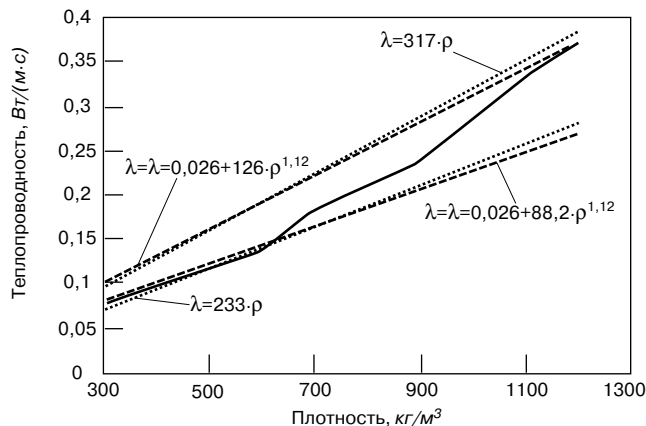


Рис. 3. Коэффициенты структуры при оценке теплотехнического качества строительных материалов

Следовательно, при выборе материала с теплотехнической точки зрения следует ориентироваться на материалы с более низким КСТ. Коэффициент КСТ удобно использовать при разработке новых строительных материалов конструкционно-теплоизоляционного и теплоизоляционного назначения.

На рис. 3 сплошной линией показано реальное распределение теплопроводности ячеистого бетона, пунктирными линиями ограничена область вычисления теплопроводностей с использованием наибольшего и наименьшего коэффициента структуры по теплопроводности, точками – то же для отношения λ_0/ρ . Используя предлагаемый коэффициент КСТ можно спрогнозировать теплопроводность в широком диапазоне плотности при сохранении формы и расположения пустот (рис. 2).

Таким образом, коэффициент структуры по теплопроводности может быть полезен для проектировщиков при выборе материалов для ограждающих конструкций, а так же для разработчиков новых строительных материалов при подборе оптимальных составов конструкционно-теплоизоляционных строительных материалов.

Ключевые слова: строительные материалы, теплопроводность, плотность, коэффициенты структуры, качество, расположение пустот.

Список литературы

1. Гагарин В.Г. «Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий». Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. НИИСФ. Москва. 2000 г.
2. Дульнев Г.Н., Новиков В.В. Процессы переноса в неоднородных средах. Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. 248 с.
3. Пинскер В.А. Некоторые вопросы физики ячеистого бетона. Сб. трудов «Жилые дома из ячеистого бетона». Л.: Госстройиздат, 1963. С. 123–143.
4. Бессонов И.В., Сапелин А.Н., Кордюков Н.П. Решение о выдаче патента на изобретение от 19.01.2012 г. по заявке № 2011107564/03 «Способ получения конструкционно-теплоизоляционного строительного материала на основе алюмосиликатных микросфер» кл. С04В 28/26, С04В 38/00, С04В 111/40, патентообладатель НИИСФ РААСН.

М.В. ПАВЛОВ, Д.Ф. КАРПОВ, инженеры, А.А. СЕНИЦЫН, канд. техн. наук, Вологодский государственный технический университет

Решение краевой задачи термовлагопереноса в слое сыпучего дисперсного материала в условиях инфракрасно-лучистого обогрева

Прогнозирование термовлажностного режима сыпучего дисперсного материала связано с аналитическим описанием диффузии теплоты и массы в физическом теле. Отображение реальных процессов, происходящих в слое многофазного вещества с учетом внешних и внутренних факторов, заключается в составлении и решении системы взаимосвязанных дифференциальных уравнений теплопереноса в частных производных. Причины объединения нескольких уравнений в систему обусловлены вторичными эффектами (термодиффузия, магниторефракция, эффект Пельтье и т. п.). Важно отметить, что такие сопряженные уравнения для большой группы разнохарактерных явлений могут иметь аналогичную математическую запись (влажные дисперсные среды, молекулярные растворы, нейтронопоглощающие среды ядерных реакторов и др.), что позволяет использовать результаты исследований, получаемые в более изученных областях науки и техники, в других, менее изученных сферах. За последние годы проблематика взаимосвязанного переноса стала охватывать процессы совершенно иной природы, как например, развитие опухолей и эпидемических процессов, исследование биосистем и экологических систем [1].

Академиком АН БССР А.В. Лыковым и его учениками в области теплообмена разработано аналитическое

описание сопряженных процессов диффузии энергии и вещества в дисперсных полифазных средах. Результатом теоретической работы является математическая формулировка системы взаимосвязанных уравнений теплопереноса в дифференциальной форме [2]:

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = a_w \nabla^2 W + a_w \delta \nabla^2 t, \quad (1)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a_t \nabla^2 t + \frac{r \varepsilon}{c_m} \frac{\partial W}{\partial \tau}, \quad (2)$$

где W – влагосодержание; t – температура; τ – время; a_w – коэффициент диффузии влаги; δ – термоградиентный коэффициент; a_t – коэффициент температуропроводности; r – теплота парообразования; ε – критерий фазового превращения; c_m – удельная массовая теплоемкость.

Решение системы взаимосвязанных дифференциальных уравнений вида (1) и (2) представляет определенные математические трудности. Лишь в редких случаях удается получить точные аналитические решения. Большой вклад в разработку методик решения и получения самих решений системы дифференциальных уравнений нестационарного теплообмена внесли многие ученые. Некоторые решения сопряженной задачи термовлагопереноса приведены в работах [1, 3, 4].

В данной работе рассмотрены три варианта точного аналитического решения краевой задачи термовлагопереноса (в безразмерном виде) с граничными условиями второго рода в слое сыпучего дисперсного материала на примере фрезерного торфа (табл. 1). Выбор граничных условий связан со спецификой обогрева исследуемого материала.

Рассмотрим экспериментальный вариант определения влажностного и температурного полей дисперсного материала на примере фрезерного торфа (рис. 1).

Электрический инфракрасный излучатель ЭЛК 10R 1 суммарной мощностью $N=3$, расположенный на расстоянии $H=50$ см от поверхности фрезерного торфа 2, воздействует на исследуемую среду с переменной во времени тепловой мощностью $q_{inf} = q_{inf}(0, \tau)$. Опытная площадка 3, где размещена торфяная почва 2, внутри по всей площади поверхности покрыта слоем теплогидроизоляции Изокон-П 4. Данное техническое решение позволяет ограничить распространение потока

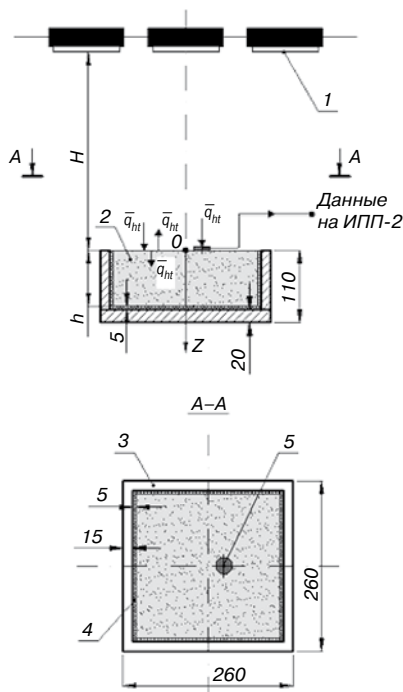
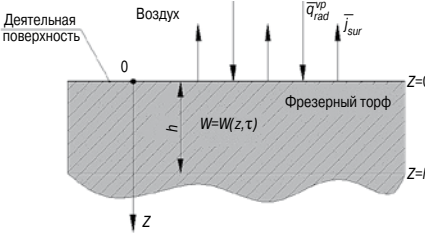
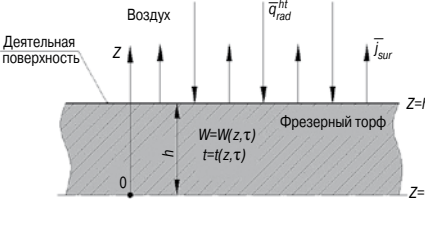
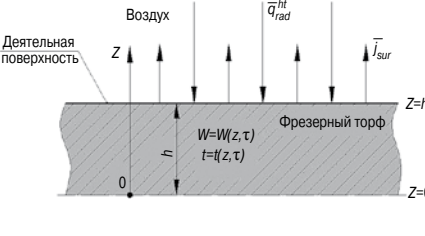
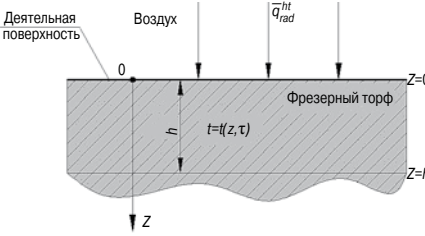


Рис. 1. Внешний вид и схема экспериментальной установки инфракрасный излучатель – фрезерный торф: 1 – инфракрасный излучатель; 2 – фрезерный торф; 3 – опытная площадка; 4 – слой теплогидроизоляции; 5 – преобразователь плотности теплового потока

Таблица 1

Метод источников	Метод интегрального преобразования Фурье	Метод интегрального преобразования Лапласа и вариационного метода Бубнова-Галеркина
 $\frac{\partial W(z, \tau)}{\partial \tau} = a_W^w \frac{\partial^2 W(z, \tau)}{\partial z^2} \quad \tau \geq 0,$ $0 \leq z < h$ $W(z, 0) = W_H$ $a_W^w \rho \left(\frac{\partial W(z, \tau)}{\partial z} \right)_{z=0} = -j_{av}(0)$ $\left(\frac{\partial W(z, \tau)}{\partial z} \right)_{z=h} = 0$ $\Theta(\xi, Fo_W) = 2Ki_W \sqrt{Fo_W} \operatorname{ierfc} \left(\frac{\xi}{2\sqrt{Fo_W}} \right)$	 $\frac{\partial W(z, \tau)}{\partial \tau} = a_W^w \frac{\partial^2 W(z, \tau)}{\partial z^2}$ $\frac{\partial t(z, \tau)}{\partial \tau} = a_t^w \frac{\partial^2 t(z, \tau)}{\partial z^2} + \frac{r\varepsilon_w}{c_m^w} \frac{\partial W(z, \tau)}{\partial \tau}$ $W(z, 0) = W_H, \quad t(z, 0) = t_H$ $a_W^w \rho \left(\frac{\partial W(z, \tau)}{\partial z} \right)_{z=h} = -j_{av}(h)$ $q_{av}(h) = -\lambda_t^w \left(\frac{\partial t(z, \tau)}{\partial z} \right)_{z=h} \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial z} = 0$ $\frac{\partial W(0, \tau)}{\partial z} = 0$	 $\frac{\partial P_1}{\partial \tau} = a_{11} \frac{\partial^2 P_1}{\partial z^2} + a_{12} \frac{\partial^2 P_2}{\partial z^2}$ $\frac{\partial P_2}{\partial \tau} = a_{21} \frac{\partial^2 P_1}{\partial z^2} + a_{22} \frac{\partial^2 P_2}{\partial z^2}$ $P_1 = W, \quad P_2 = t, \quad a_{11} = a_W^w,$ $a_{12} = a_W^w \delta_w, \quad a_{21} = \frac{a_W^w r \varepsilon_w}{c_m^w},$ $a_{22} = a_t^w + \frac{a_W^w \delta_w r \varepsilon_w}{c_m^w}$
 $\frac{\partial t(z, \tau)}{\partial \tau} = a_t^w \frac{\partial^2 t(z, \tau)}{\partial z^2}$ $\tau \geq 0, \quad 0 \leq z \leq h, \quad t(z, 0) = t_H$ $q_{av}(0) = -\lambda_t^w \left(\frac{\partial t(z, \tau)}{\partial z} \right)_{z=0}$ $\left(\frac{\partial t(z, \tau)}{\partial z} \right)_{z=h} = 0$ $T(\xi, Fo_t) = 2Ki_t \sqrt{Fo_t} \operatorname{ierfc} \left(\frac{\xi}{2\sqrt{Fo_t}} \right)$	$\Theta(\xi, Fo_W) = Ki_W \left[Fo_W - \frac{1}{6}(1-3\xi^2) + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{n^2 \pi^2} \times \cos(n\pi\xi) \exp(-n^2 \pi^2 Fo_W) \right]$ $T(\xi, Fo_t) = Ki_t \left[Fo_t - \frac{1}{6}(1-3\xi^2) + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{n^2 \pi^2} \times \cos(n\pi\xi) \exp(-n^2 \pi^2 Fo_t) \right]$	$\Theta(\xi, Fo_W) = \frac{1}{2} Ki_W \xi^2 - \frac{1}{6} Ki_W + Ki_W Fo_W + Ki_t Fo_W P_n + a_2^{(1)}(Fo_W) \cos \pi \xi^*$ $T(\xi, Fo_t) = \frac{1}{2} Ki_t \xi^2 - \frac{1}{6} Ki_t + Ki_t Fo_t Ko^* + Ki_t (Fo_t + Fo_W P_n Ko^*) + a_2^{(2)}(Fo_t) \cos \pi \xi^{**}$
<p>Примечания:</p> <p>$\xi = \frac{z}{h}$ – безразмерная координата; $Fo_W = \frac{a_W^w \tau}{h^2}$ и $Fo_t = \frac{a_t^w \tau}{h^2}$ – массо- и теплообменные числа Фурье; $Ki_W = \frac{j_{av}(0)h}{a_W^w \rho (W_H - W_K)}$ и $Ki_t = \frac{q_{av}(0)h}{\lambda_t (t_K - t_H)}$ – массо- и теплообменный критерии Кирпичева; $\Theta = \frac{W_H - W}{W_H - W_K}$ – безразмерное влагосодержание; $T = \frac{t - t_H}{t_K - t_H}$ – безразмерная температура; $P_n = \frac{\delta(t_K - t_H)}{W_H - W_K}$ – критерий Поснова; $Ko = \frac{r(W_H - W_K)}{c_m (t_K - t_H)}$ – критерий Коссовича; $Ko^* = \varepsilon Ko$ – модифицированный критерий Коссовича; j_{av} – среднеинтегральная интенсивность испарения; q_{av} – среднеинтегральная плотность теплового потока.</p> <p>* – $a_2^{(1)}(Fo_W) = \frac{2}{\pi^2 (\mu_1 - \mu_2)} \left\{ [(a_{11} - \mu_2) Ki_W + a_{11} Ki_t P_n] \exp \left[-\frac{\pi^2 \mu_1}{a_{11}} Fo_W \right] - [(a_{11} - \mu_1) Ki_W + a_{11} Ki_t P_n] \exp \left[-\frac{\pi^2 \mu_2}{a_{11}} Fo_W \right] \right\}$, $\mu_k = \frac{1}{2} \left[(a_{11} + a_{22}) + (-1)^{k+1} \sqrt{(a_{11} - a_{22})^2 + 4a_{12} a_{21}} \right]$</p> <p>** – $a_2^{(1)}(Fo_W) = \frac{2}{\pi^2 (\mu_1 - \mu_2)} \left\{ [a_{11} Ki_W Ko^* + (a_{22} - \mu_2) Ki_t] \exp \left[-\frac{\pi^2 \mu_1}{a_{11}} Fo_W \right] - [a_{11} Ki_W Ko^* + (a_{22} - \mu_1) Ki_t] \exp \left[-\frac{\pi^2 \mu_2}{a_{11}} Fo_W \right] \right\}$, $\mu_k = \frac{1}{2} \left[(a_{11} + a_{22}) + (-1)^{k+1} \sqrt{(a_{11} - a_{22})^2 + 4a_{12} a_{21}} \right]$.</p>		

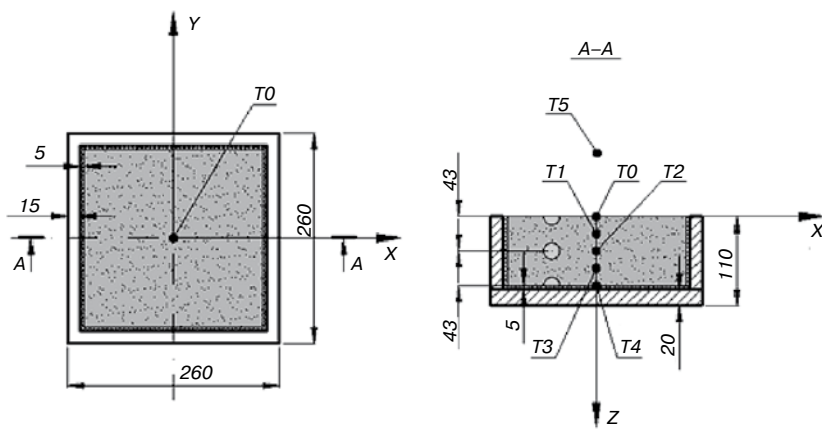


Рис. 2. Схема забора проб и размещения термопар в слое фрезерного торфа

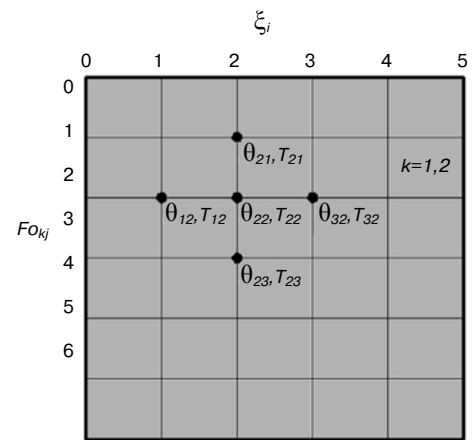


Рис. 3. Расчетная сетка для нахождения θ_{ij} и T_{ij}

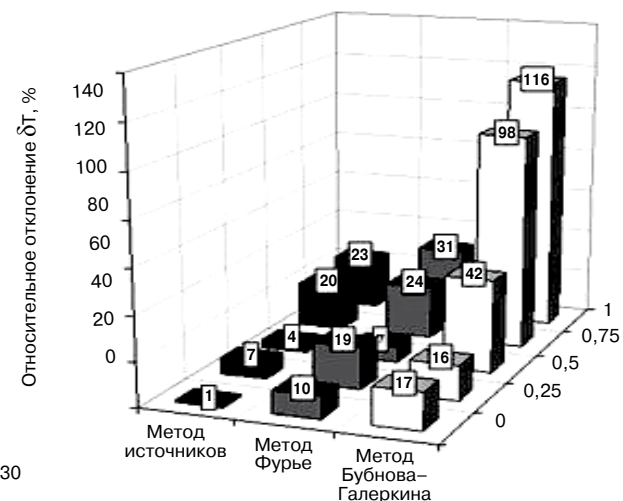
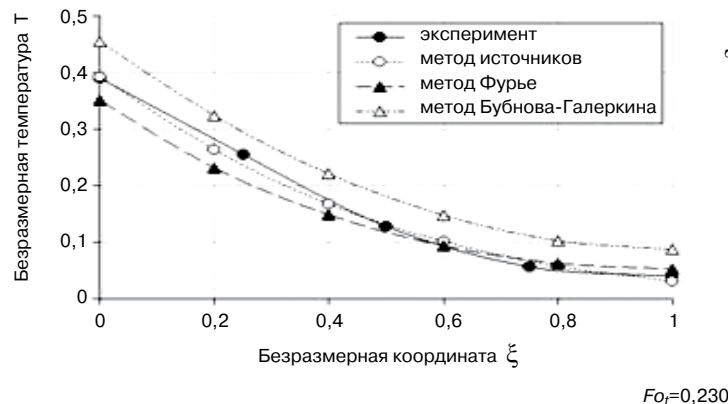
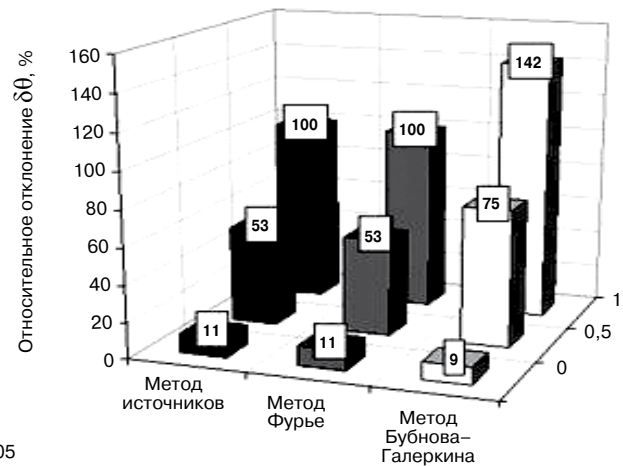
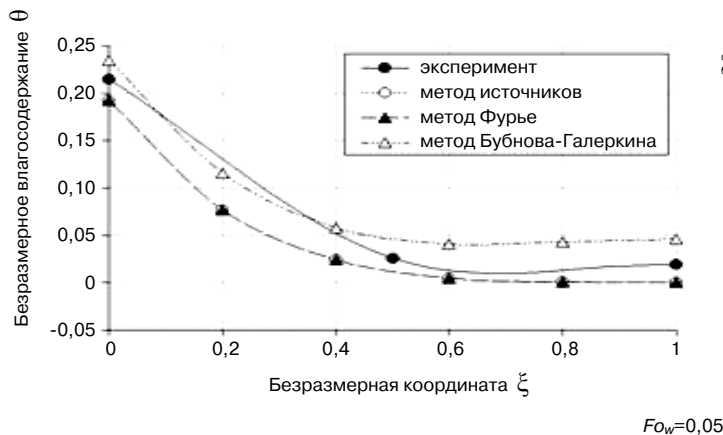


Рис. 4. Сравнение аналитических и эмпирических данных (пример)

теплоты и влаги только в одном направлении — вдоль оси OZ . Таким образом, математическая модель и ее решение сводятся к одномерной нестационарной задаче (табл. 1). Часть исходного теплового потока отражается от деятельной поверхности фрезерного торфа 2 в виде длинноволнового и коротковолнового инфракрасного излучения $q_{ref} = q_{ref}(\theta, \tau)$. Отношение между потоками q_{ref} и q_{inf} выражается через альбедо деятельной поверхности почвы $A = 34,7\%$. Поток теплоты от инфракрасного излучателя q_{inf} регистрируют с помощью преобразователя плотности теплового потока ПТП-0,25 5, установлен-

ного на поверхности торфа и подключенного к измерительному блоку ИПП-2.

Отметки забора проб фрезерного торфа для определения влажности термостатно-весовым методом и схема размещения хромель-алюмелевых термопар для регистрации температурного поля фрезерного торфа обозначены на рис. 2.

Для исследования влажностного и температурного полей фрезерного торфа аналитическим способом процесс сушки и нагревания разбит на пространственно-временные узлы (рис. 3). Пересечения линий координат

Таблица 2

Критерий Фурье F_0	Безразмерная координата ξ				
	0	0,25	0,5	0,75	1
Диффузионная задача					
0,01	3	–	1, 2, 3	–	1, 2, 3
0,02	3	–	1, 2	–	1, 2
0,03	3	–	3	–	1, 2
0,04	3	–	3	–	1, 2
0,05	3	–	1, 2	–	1, 2
0,06	3	–	1, 2	–	1, 2
Термическая задача					
0,23	1	1	1	1	1
0,46	2	1	2	1	1
0,695	2	2	1	1	1
0,925	1	1	1	1	1
1,155	1	1	1	1	1
1,385	1	1	1	1	1

Примечания: 1 – метод источников; 2 – метод интегрального преобразования Фурье; 3 – метод совместного применения интегрального преобразования Лапласа и вариационного метода Бубнова–Галеркина.

нат и временных моментов образуют сетку. Если вести отчет ξ_j и F_{0kj} от нулевого значения, то для безразмерного влагосодержания l и температуры t : $i=0-5$ и $k=1, 2$; $j=0-6$. Диапазон измерений $\xi_j \in [0;1]$, $F_{0ij} \in [0;0,06]$, $F_{02j} \in [0;1,382]$. Суммарное количество узловых точек в расчетной сетке $N=42$. Тогда аналитическое решение задачи сводится к определению безразмерного влагосодержания $\Theta(\xi, F_{01j})$ и температуры $T(\xi, F_{02j})$ в заданных узлах расчетной сетки.

Среднее начальное влагосодержание по глубине слоя торфа при $h=8,5$ см (рис. 2) $W_n=1,63$ г/г, конечное $W_k=0$. Начальная температура, по данным хромель-алюмелевых термопар, $t_n=16,7^\circ\text{C}$, конечная $t_k=45^\circ\text{C}$. Массо- и теплообменные критерии Кирпичева соответственно $Ki_w=0,759$ и $Ki_t=0,724$, число Лыкова $Lu=0,043$, Коссовича $Ko^*=2,842$, Поснова $Pn=1,08$ (табл. 1). Плотность скелета торфяной почвы $\rho=0,139$ г/см³. Некоторые значения теплофизических характеристик фрезерного торфа, необходимые для решения краевой задачи термовлагоденоса, приведены в работе [5].

Некоторые результаты сравнения аналитических и экспериментальных данных представлены на рис. 4.

Как показали результаты исследований (рис. 4), оптимальным способом решения диффузионной задачи для условий радиационно-лучистого обогрева фрезерного торфа является метод источников и метод интегрального преобразования Фурье. Они дают совершенно одинаковые результаты. Среднее отклонение значений влагосодержания, полученных аналитическим путем, от эмпирических данных за период эксперимента составило 51,3%. Для метода Лапласа и Бубнова–Галеркина эта величина равна 58,5%. Стоит отметить, что на всем этапе работы излучателя последний метод лучше описывает процессы испарения с поверхности фрезерного торфа. Если проанализировать изменение влажности торфяной почвы на поверхности при $\xi=0$, то методы источников и Фурье дают отклонение от истинного значения $\delta\Theta_{av}^{Ne1}=\delta\Theta_{av}^{Ne2}=16,2\%$, а совместный метод – $\delta\Theta_{av}^{Ne3}=8,8\%$. Также последний метод применим для исследования диффузии влаги при координате $\xi=0,5$. Здесь первые два метода решения имеют $\delta\Theta_{av}^{Ne1}=\delta\Theta_{av}^{Ne2}=54,7\%$, третий метод – $\delta\Theta_{av}^{Ne3}=52,8\%$. Метод Галеркина неадекватно описывает влажностное поле торфа в координате $\xi=1$, так как погрешность данного метода превышает 100%. Поэтому для нижнего гори-

зонта почвы стоит применять метод источников или эквивалентный метод Фурье.

Наилучшим вариантом решения краевой термической задачи оказался метод источников. Средняя величина отклонений безразмерной температуры от экспериментальных данных по всей глубине залегания торфа $\delta T_{av}^{Ne1}=8\%$, для двух других способов соответственно $\delta T_{av}^{Ne2}=20,7\%$ и $\delta T_{av}^{Ne3}=72\%$. На участке $\xi \in [0;0,5]$ допустимо применение интегрального метода Фурье, так как для этих границ $\delta T_{av}^{Ne2}=10,5\%$. Метод Бубнова–Галеркина оказался нецелесообразным для решения термической задачи в слое фрезерного торфа.

В табл. 2 представлена итоговая ведомость применения аналитических решений задачи термовлагоденоса для фрезерного торфа.

Ключевые слова: сыпучий дисперсный материал, фрезерный торф, инфракрасно-лучистый обогрев, диффузионная задача, термическая задача.

Список литературы

1. Михайлов Ю.А., Глазунов Ю.Т. Вариационные методы в теории нелинейного тепло- и массопереноса. Рига: Зинатне, 1985. 190 с.
2. Лыков А.В. Теплообмен: Справочник. М.: Энергия, 1972. 560 с.
3. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория переноса энергии и вещества. Минск: Изд-во АН БССР, 1963. 332 с.
4. Цой П.В. Методы расчета отдельных задач теплообмена. М.: Энергия, 1971. 384 с.
5. Игонин В.И., Павлов М.В., Карпов Д.Ф., Иванов М.И. Экспериментально-расчетное определение температуропроводности и теплопроводности фрезерного торфа методом мгновенной пластины: В мат. IX всероссийской науч.-техн. конф. «Вузовская наука – региону». Вологда: ВоГТУ, 2011. Т. 1. С. 166–170.

24 – 27 ОКТЯБРЯ 2012, г. СОЧИ
Павильоны у Морпорта

SOCHI BUILD
XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

- АРХИТЕКТУРА. СТРОИТЕЛЬСТВО. БЛАГОУСТРОЙСТВО
- СПОРТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ - ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ОСНАЩЕНИЕ
- КЛИМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ТЕПЛО-, ГАЗО-, ВОДОСНАБЖЕНИЕ
- ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
- СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА. ДОРОГА. ТОННЭЛЬ
- ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРА, ЭКСТЕРЬЕРА, ДЕКОР
- ЗАГОРОДНОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ. ЛАНДШАФТНЫЙ ДИЗАЙН
- ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ

При поддержке:

Выставочная компания
«Сочи-Экспо ТПП г. Сочи»
Тел./факс: (862) 264-87-00, 264-23-33,
264-75-55, (495) 745-77-09
e-mail: m.lepikova@sochi-expo.ru
www.sochi-expo.ru

УДК 620.9

Л.А. ШИЛОВА, инженер (shilovala@mgsu.ru), Московский государственный строительный университет; Д.А. СОЛОВЬЕВ, канд. техн. наук, Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (ИОРАН)

Использование и размещение объектов приливной энергетики

Масштаб современного развития мировой энергетики достиг критической черты, за которой ресурсные факторы и проблемы экологии приобретают статус системных ограничений устойчивого развития. Поэтому на первый план выходит вопрос о становлении нового понимания роли нетрадиционных энергетических ресурсов, и в первую очередь ресурсов Мирового океана, который позволил бы строить более гармоничные отношения между людьми и природой. Традиционные энергетические ресурсы на основе ископаемого природного топлива не в состоянии обеспечить энергетическую безопасность современной цивилизации даже в текущем XXI веке, а представления о неисчерпаемости ресурсов Земли, о способности окружающей среды выдерживать любую антропогенную нагрузку, все быстрее уходят в прошлое. Для дальнейшего развития требуется осуществить эволюционные преобразования энергетики путем перехода от существующих ресурсов и технологий к более эффективным и безопасным, в том числе использующим нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Сочетание инновационных подходов к технологиям эффективной утилизации энергии Мирового океана и грамотного территориального планирования, без сомнения, даст возможность снизить долю углеводородной составляющей в энергетическом балансе. В этой связи приливные электростанции (ПЭС), использующие практически неисчерпаемую кинетическую энергию вращения Земли, могут стать одним из перспективных источников дешевой энергии и чистой пресной воды. А использование водородных технологий позволит в будущем интенсифицировать процессы накопления и передачи, вырабатываемой ПЭС электроэнергии. Известно, что большинство установок возобновляемой энергетики характеризуется нерегулярной и случайной генерацией энергии. К числу энергоисточников с наиболее предсказуемыми и циклическими колебаниями выработки энергии относятся приливные электростанции, которые работают в ритме приливов. Поэтому есть основания считать, что их использование поможет решить проблему неравномерности потребления энергии как в течение суток, так и по временам года. Морские приливы несут в себе значительный энергетический потенциал для полезного использования: в мировом масштабе его оценивают в 1000 ГВт, в то время как энергию всех рек Земли — в 850 ГВт. (для справки, один энергоблок АЭС имеет мощность 1 ГВт). Энергетические ресурсы приливов только в Белом и Охотском морях более чем в несколько раз превышают ресурсы наиболее крупных рек России.

В настоящее время технологии, обеспечивающие качественный рост эффективности использования ресурсов приливной энергетики, находятся в стадии активного формирования (для них ожидается быстрое внедрение новых технологических решений), и они приобретают все большую актуальность для будущего развития энергетики.

Среди перспективных инновационных путей использования ресурсов приливной энергетики, прежде всего, можно выделить два направления: применение водородных технологий накопления и передачи энер-

гии; создание эффективных опреснительных установок на базе приливных станций.

Важным элементом их успешной практической реализации является создание энергоустановок, основанных на одновременном, совместном с ПЭС использовании различных технологических решений и других видов ВИЭ. Такой подход по созданию и практическому внедрению и продвижению комплексных энергосистем, в конечном счете будет обеспечивать устойчивый спрос и востребованность возобновляемых источников гидравлической энергии на рынке энергетических услуг.

Интенсивному развитию приливной энергетики должно способствовать энергоэффективное территориальное планирование с учетом интеграции ПЭС в природно-экологический каркас территории. Такой подход может стать основой для устойчивого развития экономически отсталых и малоосвоенных регионов России.

По прогнозу МЭА применение приливных энергетических технологий получит мощный импульс развития к 2030—2035 гг. При этом в ближайшем будущем доля энергии, получаемой за счет ресурсов Мирового океана, будет существенно возрастать, а ее стоимость снижаться. Например, из прогноза МЭА следует, что стоимость 1 кВт установленной мощности для приливных электростанций в 2030 г. будет ниже по сравнению с нынешним уровнем примерно на 50% и составит величину порядка 1200—1400 долларов США. В конечном счете, проблема заключается не в возможности извлечения из океана энергии в различных формах, а в экономической оправданности этого процесса, с тем чтобы найти пути (технологии) экономически выгодной утилизации получаемой энергии. Поэтому при разработке новых технологий ее преобразования, сегодня основное внимание уделяется экономическим аспектам их применения. На сегодняшний день помимо непосредственного опреснения морской воды существуют уже вполне отработанные технологии утилизации электроэнергии, вырабатываемой приливными электростанциями (рис. 1.). На перерабатываемых объектах, которые возможно разместить, в том числе на морских платформах с выработанными не-



Рис. 1. Схема утилизации электроэнергии, вырабатываемой ПЭС

фтяными скважинами, можно осуществлять переработку морепродуктов в продукты питания и минерального сырья для технических нужд. Среди задач перспективных с точки зрения использования вырабатываемой электроэнергии особое место занимает возможность организации крупномасштабного производства водорода на основе электролиза морской воды.

Водородные и опреснительные технологии приливной энергетики

Большие перспективы открывает идея использования ПЭС для получения водорода из морской воды, запасы которого в океане практически неисчерпаемы. Полученный водород может накапливаться в подводных резервуарах, а затем транспортироваться по трубам к местам потребления. Водород решит проблему получения самого эффективного и чистого топлива для стационарных и транспортных энергетических установок, для теплоснабжения городов и других задач. Водород как энергоноситель обладает уникальными физико-химическими свойствами, позволяющими преобразовывать теплоту его сгорания в работу с КПД, существенно превышающим КПД стационарных и транспортных энергоустановок с использованием традиционных топлив. Однако непосредственная замена природного топлива водородом в эксплуатируемых в настоящее время энергоустановках в большинстве случаев не может быть достаточно эффективной. Это связано с тем, что такая замена, как правило, не реализует всех преимуществ водорода, а затраты на его получение из воды выше стоимости природного газа и нефти. Полностью преимущества водорода как энергоносителя удастся реализовать только в случае, если будет разработана новая техника, специально предназначенная для работы на водороде. Водород как искусственный энергоноситель с примерно одинаковой и высокой эффективностью может быть использован в различных отраслях промышленности (энергетике, химии, металлургии, транспорте и т. д.) для вытеснения углеводородных топлив и ядерной энергии. Это уникальное его свойство особенно проявляется при создании энерготехнологических комплексов различных типов. Стоит отметить, что на пути практического использования водорода стоит немало технических преград. Так, например, для хранения и транспортировки водород придется охлаждать до температуры -263°C , для чего потребуются обеспечить сверхэффективную теплоизоляцию.

Циклическая приливная энергия может быть эффективно использована и с помощью потребителя — регулятора, в качестве которого наиболее целесообразно применять водород. Либо необходим подбор соответствующих производств, способных экономично работать в прерывистом режиме и производственный процесс которых легко поддается автоматизации. Требования к таким производствам с небольшим числом часов использования — низкая трудоемкость, минимальная капиталоемкость и возможность складирования продукции. Для снижения затрат при передаче электроэнергии целесообразно размещение такого потребителя поблизости от малообжитых участков побережья с высокими приливами, где имеется значительная концентрация приливной энергии, которая может сочетаться с энергоемким потребителем-регулятором, например, Пенжинский и Тугурский заливы на Охотском побережье России, Мезенский залив в Белом море, а также губа Долгая-Восточная на Кольском полуострове в Мурманской области.

При проработке проектов создания ПЭС на первый план выходят экономические вопросы, связанные с энергозатратами на сжижение, а также со стоимостью производства водорода. По оценке американской национальной технической академии, текущая оптовая цена сжатого водорода при крупномасштабном производстве

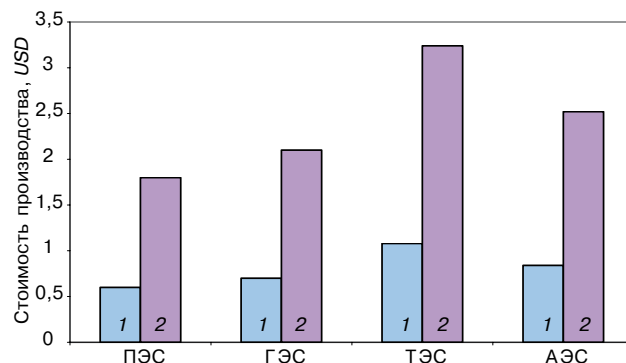


Рис. 2. Средняя стоимость производства 1 м^3 пресной воды (дистилляционный метод) и 1 кг водорода (метод конверсии природного газа) для различных источников генерации электроэнергии: 1 — вода; 2 — водород

и транспортировке по трубопроводам 2 USD/кг , перспективная — на 40 центов ниже. Энергетически кг водорода эквивалентен галлону бензина ($3,8\text{ л}$), текущая средняя оптовая цена которого 1 USD/л . На автозаправках США розничная стоимость водорода, полученного преобразованием природного газа, $3,5\text{ USD/кг}$ и $6,30\text{ USD/кг}$ для электролитического метода (себестоимость процесса $6\text{--}7\text{ USD}$ за килограмм водорода при использовании электричества из промышленной сети; $7\text{--}11\text{ USD}$ за килограмм водорода при использовании электричества, получаемого энергоустановками на базе ВИЭ). Перспективная розничная цена водорода составляет $2,3\text{ USD}$ и $3,9\text{ USD/кг}$ соответственно. В настоящее время средняя оптовая стоимость водорода, произведенного методом конверсии природного газа, составляет около $1,5\text{--}2\text{ USD/кг}$. В промышленных условиях удельные расходы при электролизе воды на 1 кг водорода составляют: электроэнергии — $55\text{--}60\text{ кВт}\cdot\text{ч}$; воды — 9 кг ; кислорода — 8 кг ; выбросов CO_2 — 41 кг . Для производства $100\text{ норм. м}^3/\text{ч}$ водорода методом электролиза необходимо чтобы мощность питания электроэнергией от электростанции составляла величину 400 кВт , при этом расход воды будет 78 л/ч . В то же время затраты энергии на сжижение водорода и кислорода превышают затраты энергии на его производство приблизительно в $4,5\text{--}5$ раз и могут составить величину до 25% от количества энергии, содержащегося в самом сжиженном газе.

Другое важнейшее направление использования ресурсного потенциала ПЭС — это получение пресной воды. В настоящее время пресную воду получают в основном из морской воды, при этом для широкомасштабного производства используются эффекты дистилляции и мембраны. К мембранным методам относятся: электродиализ и обратный осмос. К дистилляционным методам относятся: многоступенчатые дистилляционные системы, системы многократного вскипания и механической декомпрессии. При этом опреснение морской воды является достаточно дорогим способом получения пресной воды, стоимость которого по меньшей мере в три раза выше, чем затраты на производство воды традиционными способами. В зависимости от используемого метода энергозатраты на 1 м^3 составляют от $0,7\text{ кВт}\cdot\text{ч}$ до $40\text{ кВт}\cdot\text{ч}$ [1], таким образом, цена 1 м^3 пресной воды на крупных установках для дистилляционного метода составляет в зависимости от мощности установки $0,5\text{--}2\text{ USD/м}^3$, для электродиализа и обратного осмоса — $0,2\text{--}0,3\text{ USD/м}^3$ при солёности $2\text{--}4\text{ г/л}$.

Оправданность использования электроэнергии, получаемой на ПЭС для таких энергоёмких процессов, как производство водорода и опреснения морской воды в первую очередь связана с тем, что стоимость электроэнергии ПЭС в энергосистеме самая низкая (рис. 2). Это доказывает эксплуатация ПЭС Ранс в энергосистеме Франции, где стоимость электроэнергии ПЭС в

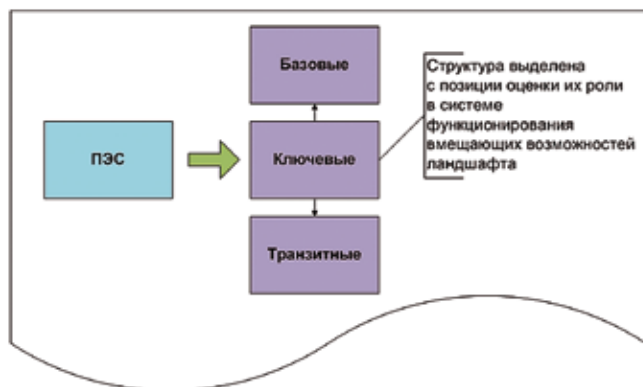


Рис. 3. Функциональная структура ПЭК с включением в него ПЭС

среднем за последние годы составила 0,03 USD/кВт·ч при стоимости в том же году энергии на ГЭС — 0,035, ТЭС — 0,054 и АЭС — 0,042 USD /кВт·ч. Причем тенденция разрыва стоимости в пользу ПЭС со временем будет только увеличиваться.

Природно-экологические аспекты размещения приливных электростанций

Успешное решение проблем по переработке электроэнергии, получаемой на ПЭС, неразрывно связано с обеспечением устойчивого развития территории, где она функционирует. Очевидно, что без учета природно-экологических территориальных систем в процессе планирования развития территории невозможно достичь формирования комфортной и благоприятной среды для жизни людей. Поэтому принятие экономически целесообразных, экологически допустимых и социально обоснованных решений по использованию того или иного источника энергообеспечения территории невозможно без разработки природно-экологического каркаса (ПЭК) [2].

Природно-экологический каркас представляет собой сложную соподчиненную систему взаимосвязанных природных компонентов, дающих систематизированную аналитическую информацию о качестве и значимости природных территориальных комплексов. Проект ПЭК представляет собой инструмент принятия решений при территориальном планировании.

Основные элементы ПЭК с учетом строительства ПЭС, представленные на рис. 3, включают три типа: базовые, ключевые и транзитные. Базовые элементы представляют собой средообразующие территории, которые выполняют водорегулирующие, водо- и почвозащитные функции и обеспечивают поддержание экологического баланса за счет сохранения необходимых качественных параметров региональных природно-территориальных комплексов (ПТК). Ключевые элементы — это территории, сохранившие уникальные экологические сообщества, являющиеся точками экологической активности. Они выполняют функции охраны и воспроизводства ПТК и поддерживают биоразнообразие на уровне района. Ключевые территории могут быть как частями базовых элементов, так и самостоятельными образованиями. Транзитные элементы — это территории, обеспечивающие взаимосвязь базовых и ключевых элементов ПЭК. Они способствуют функционированию потоковых систем, миграции животных, распространению растительных формаций, развитию и обогащению базовых и ключевых ПТК.

С целью повышения эффективности использования приливной энергии при разработке ПЭК и схем территориального планирования необходимо учитывать особенности функционирования энергосистемы с учетом работы ПЭС. Оценка размещения ПЭС в ПЭК представляет собой систему, дающую аналитическую информацию о

качестве и значимости проектных решений в природных и природоподобных комплексах и являет собой инструмент принятия решений при комплексном территориальном планировании. Для возможности использования результатов оценки размещения ПЭС в практике территориального планирования ПЭК территории и акватории должен включать энергетический объект как неотъемлемый элемент своей структуры, в связи с чем предложения по размещению инфраструктуры ПЭС должны учитывать следующие основные принципы [2]:

1. Принцип территориальной целостности (неразрывности) элементов природно-экологического каркаса территории и акватории.

2. Принцип геоэкологической и акваэкологической репрезентативности, ландшафтного и биологического разнообразия.

3. Принцип иерархической соподчиненности элементов природно-экологического каркаса и ПЭС.

Важно отметить, что комплексное представление о структуре и функционировании природных экосистем на прибрежной территории и акватории при размещении ПЭС дает оценку значимости элементов природной среды, и природно-энергетического потенциала при планировании стратегического развития территориального образования, а главное, позволяет эффективно использовать ресурсный потенциал доступной энергии приливов.

Выводы

В России сейчас функционирует единственная ПЭС — Кислогубская мощностью 400 кВт. После модернизации в 2009 г. ее мощность доведена до 1,7 МВт. По оценкам специалистов, за счет использования энергии приливов в России можно получать ежегодно около 270 млрд. кВт·ч электроэнергии. К 2020 г. планируется создание трех мощных ПЭС: в Белом море (Мезенская ПЭС, 8 МВт), в Охотском море (Тугурская ПЭС, 8 МВт), а так же в губе Долгая-Восточная на Кольском полуострове (Северная ПЭС, 12 МВт). В Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 года, которая одобрена распоряжением Правительства РФ от 22 февраля 2008 г. №215-р, отмечено, что «в период до 2020 г. в соответствии с основными направлениями развития энергетики переход к крупным энергообъектам, использующим возобновляемые энергоисточники, возможен путем строительства крупных приливных электростанций». В настоящее время разрабатывается нормативно-техническая документация по реализации Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 г. года. В рамках реализации этой схемы ведутся работы по предпроектной подготовке документации для строительства новых ПЭС, где представляется крайне важным предусмотреть не только будущую эффективную утилизацию, получаемой электроэнергии, но и взять на вооружение рассмотренный в настоящей работе новый подход к проектированию природно-экологического каркаса территории. Это, без сомнения, даст возможность многократно повысить экономическую эффективность ПЭС и использования других возобновляемых источников энергии при территориальном планировании.

Ключевые слова: энергия приливов, ВИЭ, строительство ПЭС, природно-экологический каркас.

Список литературы

- Исаева В.Н., Булекова С.Н. Опреснение воды: электрические и комбинированные системы // Сантехника. 2007. № 2.
- Гриднев Д.З. Проектирование природно-экологического каркаса в составе градостроительной документации // Проблемы региональной экологии 2009. № 6. С. 18–25.

В издательстве «Стройматериалы» Вы можете приобрести специальную литературу

Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Рассмотрены основные методы отбора проб, испытаний сырьевых материалов, контроля и исследования технологических процессов, а также определения свойств готовой продукции, применяемые в керамической, огнеупорной и смежных отраслях промышленности. Пособие может быть использовано не только как учебное, но и в качестве полезного руководства для инженеров заводских и научно-исследовательских лабораторий.

Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики.

Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные пигменты.

Монография «Пестроцветные глины Гжельского месторождения»

Авторы – Русович-Югай Н.С., Логинов В.М.

Под редакцией д-ра техн. наук Г.Н. Масленниковой

Монография посвящена изучению глин Гжельского месторождения с целью их использования в производствах тонкой керамики, майолики, народных промыслах, а также в архитектурной и художественной керамике. Представлены результаты геолого-разведочных работ. Показана структура и свойства глин, влияние гранулометрического, химического и минерального составов, структуры и текстуры на пластичность, пористость, огнеупорность. Изложены результаты исследования влияния различных технологических факторов и добавок на поведение различных глин Гжельского месторождения, предложена классификация глин.

Книга «Сухие строительные смеси. Состав, свойства»

Авторы – Корнеев В.И., Зозуля П.В.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах. Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.

Книга «Сырьевые материалы, шихта и стекловарение»

Авторы – Маневич В.Е., Субботин К.Ю., Ефременков В.В.

В книге подробно рассмотрены сырьевые материалы для производства стекла различного назначения, влияние технологических факторов на качество шихты и варку стекла, приведены последние разработки в области автоматизации производства стекольной шихты и других многокомпонентных смесей. Представлено различное оборудование, разработанное ЗАО «Стромизмеритель», которое успешно работает не только в России, но и в других странах СНГ и дальнего зарубежья.

Книга «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки»

Автор – Ищук М.К.

Обобщен отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. Показана история проектирования и строительства таких зданий. На конкретных примерах зданий, возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены и др.

Книга «Бетоноведение: лексикон»

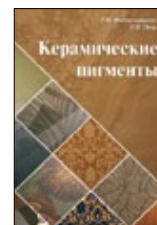
Автор – д-р техн. наук, профессор Ушеров-Маршак А.В.

Издание подготовлено в виде толкового словаря, ориентированного на формирование понятийно-терминологического аппарата бетоноведения. Учтены тенденции международной интеграции науки о бетоне и его технологии. Особенность издания состоит в насыщенности информацией физико- и коллоидно-химического характера в связи с возрастающей ролью этих знаний при обосновании составов, структур, свойств, технологических процессов получения и службы бетона.

Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, д-р техн. наук Ковальчук Л.М.

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



Подробнее на www.rifsm.ru

Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru

А.Н. ПУЗАНКОВ, магистр техники и технологии (cscpr443@yandex.ru),
 Д.Л. ШЕГОЛЕВ, канд. техн. наук (sdl77@mail.ru),
 Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Исследование влияния краевого демпфирования светопрозрачных ограждений на их звукопроницаемость

В связи с постоянно повышающимся уровнем транспортного и промышленного шума на территории крупных городов особенно остро стоит задача повышения звукоизоляции наружных ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. Наиболее уязвимыми к шумовому воздействию среди подобных ограждений являются окна и другие светопрозрачные конструкции. Существует несколько возможных способов повышения звукоизоляции окон, среди которых: увеличение толщины и количества стекол, увеличение ширины воздушного промежутка (промежутков), разрезка плоскости окна оконными переплетами, дополнительное вибродемпфирование остекления.

Вибродемпфирование – искусственное подавление колебаний пластины путем повышения диссипативных потерь (потери колебательной энергии при переходе ее в тепловую энергию частиц материала). Можно утверждать, что при увеличении количества поглощенной звуковой энергии увеличивается звукоизоляция конструкции.

В настоящее время существует достаточно большой спектр материалов, позволяющих повысить диссипативные потери в ограждении. К сожалению, большинство из них, в особенности те, которые обладают наиболее высокими демпфирующими свойствами, являются непрозрачными, что существенно ограничивает возможности их применения в светопрозрачных конструкциях. Демпфирование поверхности стекол светопрозрачными демпфирующими материалами имеет относительно низкую эффективность в связи с малой толщиной демпфирующего материала, а также достаточно дорого относительно стоимости стекла. Поэтому предлагается производить частичное (краевое) демпфирование конструкции по периметру светопрозрачной части

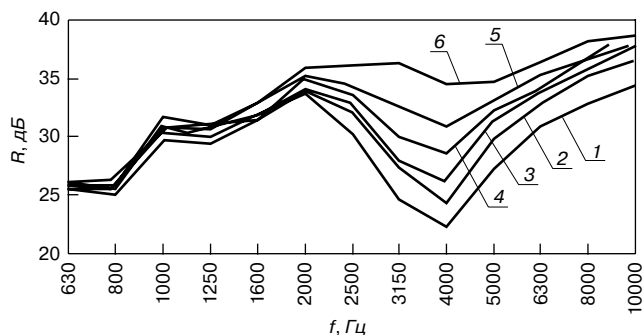


Рис. 1. Сравнение частотных характеристик звукоизоляции образца из силикатного стекла толщиной 4 мм с различной степенью оклейки его поверхности вибродемпфирующим материалом «БиМаст Бомб». Частотная характеристика звукоизоляции стекла: 1 – без вибродемпфирующего материала (0%); 2 – с оклейкой по периметру полосой вибродемпфирующего материала шириной 20 мм (11,4%); 3 – с оклейкой по периметру полосой вибродемпфирующего материала шириной 40 мм (22,3%); 4 – с оклейкой по периметру полосой вибродемпфирующего материала шириной 80 мм (43%); 5 – с оклейкой по периметру полосой вибродемпфирующего материала шириной 140 мм (71,15%); 6 – с полным оклеиванием поверхности стекла вибродемпфирующим материалом (100%)

ограждения путем нанесения на поверхность полосы самоклеющегося непрозрачного материала.

В лаборатории акустики ННГАСУ были проведены исследования влияния краевого демпфирования на звукоизоляцию светопрозрачных конструкций. Для проведения исследований был изготовлен образец из силикатного стекла толщиной 4 мм размерами 1,03×0,505 м. Для вибродемпфирования был использован специализированный материал «БиМаст Бомб». Производилась оклейка плоскости образца материалом с постепенным увеличением ширины полосы по периметру до полного покрытия поверхности образца. Исследования проводились в малых реверберационных камерах лаборатории акустики ННГАСУ объемом 1,33 и 1,73 м³ (граничные частоты диффузности камер 630 и 588 Гц).

После проведения измерений были построены частотные характеристики звукоизоляции исследуемой конструкции с различной степенью оклейки демпфирующим материалом (рис. 1).

Анализируя полученные данные можно заключить, что применение краевого демпфирования позволяет значительно повысить звукоизоляцию конструкции в диапазоне средних и высоких частот. Следует отметить, что при большой ширине полосы материала происходит довольно значительное повышение общей массы конструкции (таблица). Следовательно, можно сделать вывод, что повышение звукоизоляции для конструкций с большой шириной полосы обусловлено не только демпфирующими свойствами материала, но и увеличением ее массы. На рис. 1 приведена частотная характеристика в диапазоне $f > 630$ Гц, так как эта частота соответствует граничной частоте диффузности камер, однако ранее проводившиеся исследования с материалом «ВВД-1» в больших реверберационных камерах

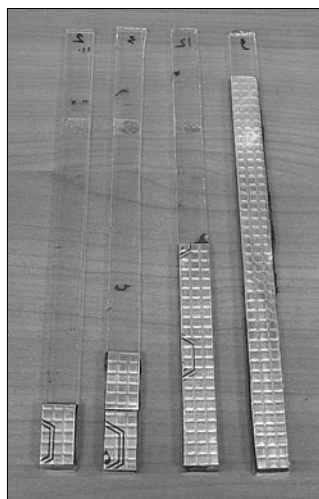


Рис. 2. Образцы для измерения коэффициента потерь по методу Оберста (различная площадь оклейки демпфирующим материалом)

лаборатории акустики ННГАСУ показали эффективность краевого демпфирования уже начиная с частоты 315 Гц [1].

Очевидно, что эффективность может быть получена при такой ширине полосы материала, при которой достигается приток значений звукоизоляции за счет повышения внутренних потерь, но не происходит значительного снижения площади светопрозрачной части конструкции и повышения ее массы. Анализ результатов измерений позволяет сделать вывод, что применение полос вибродемпфирующего материала

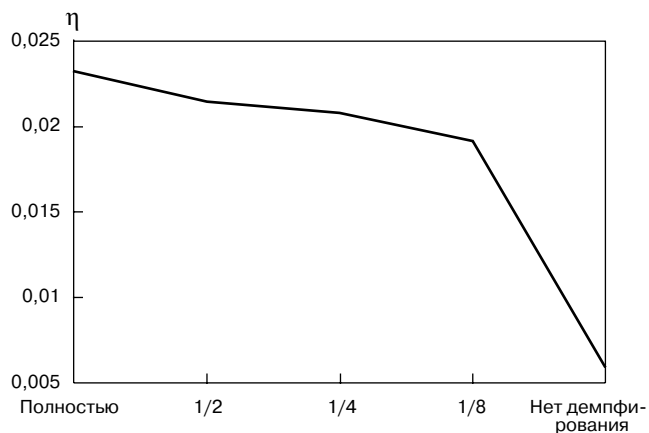


Рис. 3. Сравнение результатов измерений коэффициента потерь силикатного стекла толщиной 4 мм с различной степенью демпфирования

ла шире 40 мм (более 22%) нецелесообразно (рис. 1, таблица).

Для теоретической оценки влияния краевого демпфирования на звукоизоляцию стекла целесообразно исследовать коэффициент потерь конструкции (η), который характеризует количество энергии, рассеиваемой в материале ограждения.

В лаборатории акустики ННГАСУ были проведены экспериментальные измерения коэффициента потерь. Данный показатель был определен по методу Оберста для образцов из силикатного стекла толщиной 4 мм без демпфирования и с демпфированием различной степени оклейки образца демпфирующим материалом (1/8, 1/4, 1/2, полная оклейка (рис. 2)). В каждом случае был измерен коэффициент потерь для пяти образцов, полученные результаты были усреднены и округлены, в результате чего были получены следующие значения коэффициента потерь:

- для образца без демпфирования $\eta=0,006$;
- для образца с демпфированием 1/8 поверхности (27,5 мм) $\eta=0,0191$;
- для образца с демпфированием 1/4 поверхности (55 мм) $\eta=0,021$;
- для образца с демпфированием 1/2 поверхности (110 мм) $\eta=0,0215$;
- для образца с демпфированием всей поверхности (220 мм) $\eta=0,0231$.

Сравнение результатов показывает, что применение оклейки поверхности вибродемпфирующим материалом 1/8 площади значительно повышает коэффициент потерь конструкции (примерно в три раза). Дальнейшее увеличение площади оклейки вызывает увеличение коэффициента потерь конструкции, однако прирост его

Изменение массы образца и площади его светопрозрачной части при оклейке вибродемпфирующим материалом

Ширина полосы демпфирующего материала, мм	Площадь демпфирующего материала, м ²	Площадь образца, занятая демпфирующим материалом, %	Масса демпфирующего материала, кг	Увеличение массы образца за счет демпфирующего материала, %
20	0,0597	11,4	0,358	6,9
40	0,116	22,3	0,696	13,4
80	0,22	43	1,32	25,3
140	0,37	71,15	2,22	42,7
Полностью	0,52	100	3,12	60

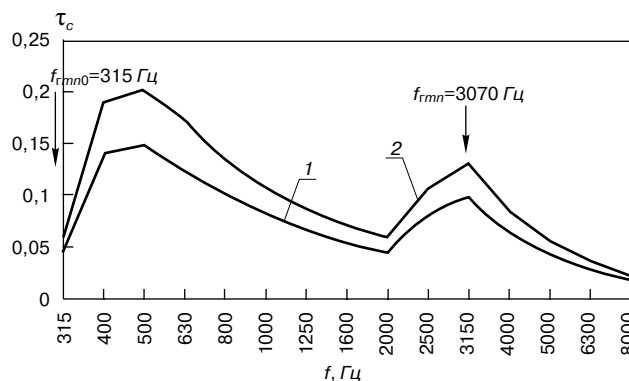


Рис. 4. Сравнение частотных характеристик коэффициента резонансного прохождения звука. Частотная характеристика коэффициента резонансного прохождения звука для конструкции: 1 – без демпфирования; 2 – с частичным демпфированием полосой 20 мм (11,4%)

невелик и не будет оказывать значительного влияния на звукоизоляцию конструкции. Таким образом, подтверждается, что при оклеивании поверхности широкой полосой демпфирующего материала на звукоизоляцию начинает оказывать влияние увеличение общей массы конструкции.

На рис. 4 представлены частотные характеристики коэффициента резонансного прохождения звука для конструкций без демпфирования и с демпфированием по периметру шириной полосы 20 мм (11,4%). Коэффициент резонансного прохождения вычислен по формуле [2]:

$$\tau_c = \frac{1}{\frac{1,15\pi^5}{8\rho_0^2 c_0^2 A_0^4} m' \eta f^2 \cos^2 \theta_{cp} + 1}$$

где A_0 – характеристика самосогласования конструкции; m' – поверхностная плотность конструкции, кг/м²; η – коэффициент потерь конструкции; f – среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц; θ_{cp} – средний угол падения звуковой волны на поверхность ограждения, рад.; $\rho_0 c_0$ – характеристический импеданс среды, кг/м²·с.

На основе полученных данных ведется разработка метода расчета звукоизоляции светопрозрачных ограждающих конструкций с частичным демпфированием, основанного на теории самосогласования волновых полей (СВП) [2], разработанной школой профессора М.С. Седова. Теория СВП учитывает не только резонансное, но и инерционное прохождение звука, а также реальные размеры ограждения. Это позволит более точно прогнозировать эффект повышения звукоизоляции светопрозрачных ограждающих конструкций за счет частичного (краевого) демпфирования, а значит, использовать разработанный метод расчета при проектировании наружных и внутренних светопрозрачных звукоизолирующих конструкций зданий и сооружений.

Ключевые слова: современные оконные конструкции, вибродемпфирование, коэффициент потерь ограждения.

Список литературы

1. Пузанков А.Н. Исследования влияния вибродемпфирования на звукоизоляцию светопрозрачных конструкций // Труды конгресса «XIII Международный научно-промышленный форум «Великие реки-2011». Т. 1. Н. Новгород: ННГАСУ, 2011. С. 169–172.
2. Осипов Г.Л., Бобылев В.Н. и др. Звукоизоляция и звукопоглощение. М.: АСТ–Астрель, 2004. 450 с.

А.А. КОЧКИН, канд. техн. наук (pgs@vstu.edu.ru),
Вологодский государственный технический университет

Звукоизоляция слоистых вибродемпфированных элементов светопрозрачных ограждающих конструкций

Звукоизоляционные характеристики светопрозрачных конструкций из однослойных стекол и пути повышения их качества исследованы достаточно подробно [1, 2]. В настоящее время начинают также использовать слоистые элементы, состоящие из стекол, соединенных между собой различными светопрозрачными материалами. Целью применения таких элементов является в основном повышение прочности светопрозрачных конструкций и безопасности их эксплуатации, а также уменьшение прохождения теплового потока через ограждение. В то же время они могут использоваться и как более эффективные звукоизолирующие элементы. Анализ этих элементов и выполненных из них конструкций указывает на значительные резервы возможного повышения звукоизоляции за счет их целенаправленного проектирования путем соответствующего подбора параметров слоистых элементов и физико-механических характеристик материалов, входящих в их состав. Весьма эффективными слоистыми конструкциями являются ограждения из стекол, соединенных между собой светопрозрачными вибродемпфирующими материалами (СП ВДМ). Звукоизолирующая способность таких листовых элементов существенным образом зависит от динамического модуля упругости и коэффициента потерь СП ВДМ. На их звукоизоляцию может оказывать влияние также толщина листов стекол и толщина СП ВДМ.

Исследование влияния коэффициента потерь и динамического модуля упругости СП ВДМ слоистого элемента на его звукоизоляцию производилось на слоистых вибродемпфированных элементах (СВДЭ) из стекол толщиной 2,5; 3 и 4 мм со СП ВДМ из поливинилбутирала и нафталана с толщиной слоев 0,6 и 1 мм.

Установлено, что частотные характеристики коэффициента потерь СВДЭ в значительной мере зависят от коэффициента потерь и динамического модуля упругости СП ВДМ [3]. Величина их влияния во многом определяется соотношением характеристик СП ВДМ и стекол в составе элемента. По сравнению с вибродемпфирующими материалами стекло имеет коэффициент потерь на порядок ниже. В то же время модуль упругости его значительно выше, поэтому соединение стекол с помощью СП ВДМ существенно повышает звукоизолирующую способность СВДЭ. Звукоизоляция СВДЭ по сравнению с обычным стеклом возрастает на 5–10 дБ начиная с граничной частоты волнового совпадения и выше (рис. 1). Видно, что СП ВДМ улучшает звукоизоляционные качества СВДЭ особенно в зонах с граничной частотой волнового совпадения.

В процессе эксплуатации коэффициент потерь и динамический модуль упругости вибродемпфирующего материала могут менять свои значения под воздействием ультрафиолетового облучения. Их изменение

оказывает негативное влияние на звукоизоляцию СВДЭ. Для оценки степени этого влияния проведен эксперимент на элементах, состоящих из двух листов силикатного стекла толщиной 3 и 4 мм и прослойки из нафталана толщиной 1 мм. Измерения звукоизоляции проводили с разницей во времени в 5 лет (в 2005 и 2010 гг.). В этот период элементы подвергались природному ультрафиолетовому воздействию (рис. 1). При облучении произошло снижение коэффициента потерь и повышение динамического модуля упругости нафталана. Это привело к снижению звукоизоляционных качеств конструкций и к смещению граничной частоты волнового совпадения в область более низких частот. Для элемента, состоящего из двух листов силикатного стекла толщиной 3 мм и прослойки из нафталана толщиной 1 мм, за 5 лет динамический модуль упругости нафталана увеличился с $3,3 \times 10^7$ до $6,7 \times 10^7$ Па; граничная частота волнового совпадения снизилась с 3777 Гц до 3508 Гц.

Указанные изменения характеристик привели к снижению звукоизоляции на величину в пределах 1–2 дБ, что оказалось весьма несущественным для звукоизоляции элемента в целом. Следовательно, СВДЭ в обычных условиях природной среды могут эксплуатироваться достаточно продолжительное время без значительного снижения их звукоизоляции.

Оценка влияния толщины СП ВДМ на звукоизоляцию СВДЭ проводилась по результатам исследований светопрозрачных конструкций с толщиной стекол по 3 и 4 мм и толщиной нафталана 1, 2 и 4 мм. Анализ изменений частотных характеристик звукоизоляции показал, что увеличение толщины СП ВДМ элемента не дает существенного улучшения звукоизоляции по

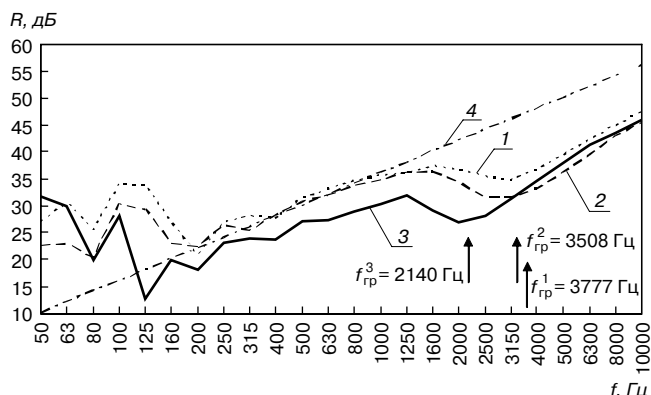


Рис. 1. Частотные характеристики звукоизоляции ограждения, состоящего из двух наружных листов силикатного стекла толщиной 3 мм и прослойки из нафталана толщиной 1 мм: 1 – измеренные в 2005 г., $R_w=34$ дБ; 2 – измеренные в 2010 г., $R_w=33$ дБ; 3 – стекло толщиной 6 мм, $R_w=28$ дБ; 4 – закон массы

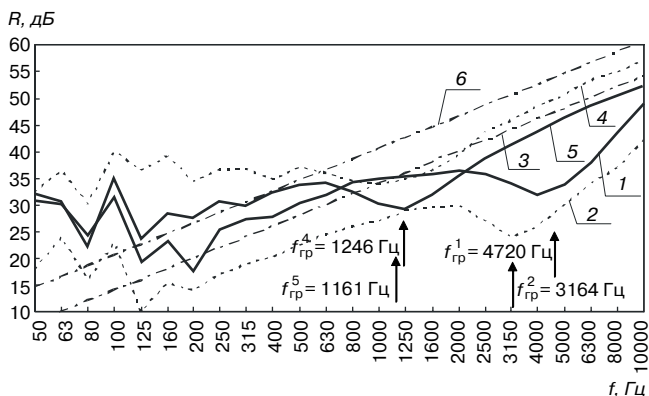


Рис. 2. Частотные характеристики звукоизоляции ограждений: 1 – трехслойное, состоящее из двух наружных листов силикатного стекла толщиной по 2 мм и прослойки из нафталана толщиной 1 мм, $\mu=12,01 \text{ кг/м}^2$, $R_W=33 \text{ дБ}$; 2 – силикатное стекло толщиной 4 мм, $\mu=11,6 \text{ кг/м}^2$, $R_W=25 \text{ дБ}$; 3 – закон массы для 1 и 2; 4 – трехслойное, состоящее из двух наружных листов силикатного стекла толщиной по 5 мм и прослойки из нафталана толщиной 1 мм, $\mu=25,6 \text{ кг/м}^2$, $R_W=38 \text{ дБ}$; 5 – силикатное стекло толщиной 10 мм, $\mu=24,4 \text{ кг/м}^2$, $R_W=34 \text{ дБ}$; 6 – закон массы для 4 и 5

сравнению с толщиной СП ВДМ, определяемой конструктивным решением и равной 0,6–1 мм. При увеличении толщины более чем на 1 мм звукоизоляция практически не возрастает, хотя при этом происходит смещение граничной частоты волнового совпадения в сторону более высоких частот. Так, увеличение толщины нафталана с 1 до 2 мм в СВДЭ со стеклами толщиной 3 мм приводит к смещению граничной частоты волнового совпадения с 3867 Гц до 4066 Гц. Следовательно, исходя из того что расход материалов на СП ВДМ возрастает, а звукоизоляция практически не увеличивается, увеличение толщины СП ВДМ нецелесообразно. При этом следует также отметить, что увеличение толщины СП ВДМ ведет к ухудшению конструктивных решений светопрозрачных элементов.

Исследование влияния толщины листов стекол в трехслойном элементе на его звукоизоляцию производилось при изменении толщины листов стекла от 2 до 5 мм. При этом толщина прослойки из нафталана оставалась постоянной – 1 мм (рис. 2).

На графиках приведены частотные характеристики звукоизоляции сплошных элементов из стекла с толщиной, равной толщине двух слоев стекла. Разница в звукоизоляции элемента из силикатного стекла и звукоизоляции слоистого элемента достаточно существенна и достигает 8 дБ для элемента из стекол толщиной 2 мм. При увеличении толщины стекол эффект влияния вибродемпфирующего слоя снижается и составляет при толщине стекол слоистого ограждения 5 мм только 4 дБ. Следовательно, вибродемпфирование наиболее эффективно в слоистых ограждениях с тонкими листовыми материалами. При увеличении толщины стекол, что достаточно часто необходимо при больших площадях проемов, эффективность применения слоистых элементов снижается и в то же время составляет величину не менее 4 дБ, что также является весьма существенным вкладом в звукоизоляцию светопрозрачных ограждений.

Выводы.

1. Светопрозрачные ограждающие конструкции из вибродемпфированных элементов имеют звукоизолирующие характеристики, значительно превышающие характеристики светопрозрачных ограждений с обычными стеклами. Следовательно, необходимо их более широкое применение в практике устройства оконных заполнений, особенно на территориях с повышенным уровнем шума.

2. Звукоизоляция слоистых светопрозрачных элементов существенно зависит от коэффициента потерь и от динамического модуля упругости вибродемпфирующего слоя и динамического модуля упругости несущих слоев. В этой связи при проектировании таких конструкций необходимо производить целенаправленный подбор вибродемпфирующих материалов и несущих светопрозрачных слоев по их физико-механическим характеристикам и по соотношениям толщин вибродемпфирующих и несущих слоев элементов.

Ключевые слова: светопрозрачные элементы, вибродемпфирующие слои, звукоизоляция.

Список литературы

1. *Мурыгин Д.В.* Способы повышения звукоизоляции светопрозрачных ограждающих конструкций без значительного увеличения массы // Приволжский научный журнал. 2009. № 1. С. 25–28.
2. *Бобылев В.Н., Тишков В.А., Шеголев Д.Л., Мурыгин Д.В.* Снижение транспортного шума как основа благоприятной акустической среды жилища современных городов // ACADEMIA. Строительство и архитектура. 2009. № 5. С. 120–127.
3. *Кочкин А.А., Шашкова Л.Э.* Исследование коэффициента потерь материалов и конструкций легких ограждений // Вестник МГСУ. 2011. Т. 1. № 3. С. 366–370.

7-9 АВГУСТА ЧЕЛЯБИНСК

СТРОИТЕЛЬСТВО
2012 **ВЫСТАВКА-ФОРУМ**

Выставка-форум «Строительство-2012» продемонстрирует достижения всех участников строительного процесса - от научных разработок до их внедрения, от проектных решений, производства строительных материалов до готовых объектов.

Разделы выставки:

- Современные технологии в строительстве	- Инженерные сети: водо-, тепло-, газо-, электроснабжение
- Строительные конструкции, изделия	- Вентиляция, кондиционирование
- Промышленное строительство	- Оборудование зданий и сооружений
- Гражданское строительство	- Дорожное строительство
- Объекты недвижимости	- Строительно-дорожная техника
- Малоэтажное строительство	- Современные ресурсосберегающие технологии и материалы в строительстве
- Строительные материалы и оборудование для их производства	- Экология в строительстве
- Строительные комплексы, машины и механизмы	- Автоматизация в строительстве и эксплуатации жилья
- Наука в строительстве	- Инвестиционные и инновационные проекты
	- Зодчество и архитектура

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ:
КРУГЛЫЕ СТОЛЫ, КОНФЕРЕНЦИИ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ ОТРАСЛИ
ТОРЖЕСТВЕННЫЙ ПРИЕМ В ЧЕСТЬ
ДНЯ СТРОИТЕЛЯ

Организатор:
1 Региональное отделение Общероссийского союза строителей Челябинск

ДС «Юность», Свердловский пр., 51
Тел.: (351) 215-88-77, 231-37-41 www.pvo74.ru

С.Н. ОВСЯННИКОВ, д-р техн. наук (ovssn@tsuab.ru), А.С. САМОХВАЛОВ, инженер (tomsk117@mail.ru), Томский государственный архитектурно-строительный университет

Окна в раздельных переплетах с высокой теплозвукоизоляцией

К окнам жилых и общественных зданий предъявляются требования по тепловой защите, звукоизоляции, светопропусканию и воздухообмену. Эти требования вступают друг с другом в противоречия [1], поэтому современные окна должны стать достаточно сложной инженерной конструкцией, обеспечивающей высокое качество внутренней среды и энергоэффективность здания в целом.

Нормами СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» для жилых зданий в климатических условиях юга Западной Сибири установлено нормативное сопротивление теплопередаче окон $R_0 = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Достижение высокого класса энергоэффективности зданий при стандартных окнах представляет собой трудно решаемую задачу. Нормируется и воздухопроницаемость окон не более $G_n = 5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, обеспечиваемая герметичностью притворов фрагм окон. В действительности окна с двумя или тремя притворами имеют воздухопроницаемость значительно ниже нормативной, что наряду с герметичными входными и балконными дверями закупоривает помещения, нарушает естественную вентиляцию, что приводит к выпадению конденсата.

Звукоизоляция окон регламентируется СП 51.13330.2011 (СНиП 23-03–2003) «Защита от шума» в зависимости от уровней шума перед фасадами зданий. Требуемая звукоизоляция окон $R_{\text{Атран}}^{\text{ДР}}$ назначается для режима естественного воздухообмена, т. е. при открытых форточках, фрагмах или специальных воздухообменных элементах. При шумовой характеристике городских магистралей до 80–85 дБА требуемая звукоизоляция окон составляет более 35 дБА, что может быть обеспечено только применением специальных шумозащитных конструкций окон с числом стекол более трех, герметичными притворами и воздухообменными клапанами. Регулирование воздухообмена с использованием клапанов позволяет обеспечить качественный микроклимат и снижение тепловых потерь зданием.

Высокие теплоукоизоляционные характеристики окон достигаются увеличением числа стекол и применением теплоотражающих покрытий на них. Светопропускание окон при этом снижается, что приводит к увеличению площади светопроемов. Решение данной проблемы следует искать путем совершенствования и согласования нормативов, поскольку в северных районах в зимнее время года и наиболее морозные месяцы при коротком световом дне бессмысленно обеспечивать нормативный КЕО.

Конструкции теплоукоизоляционных окон для условий холодного климата должны принципиально отличаться от конструкций для европейских стран и южных районов России. Поэтому в концепции разработки теплоукоизоляционных окон использованы следующие технические требования и решения:

- сопротивление теплопередаче должно быть существенно выше $1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- воздухопроницаемость окон должна быть ниже $5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;
- в составе окна или в откосе проема должен быть интегрирован каналный, а не щелевой воздухообмен-

ный клапан, обеспечивающий нормативный воздухообмен помещения;

- индекс снижения транспортного шума в режиме проветривания должен быть не менее 35 дБА;
- коэффициент светопропускания должен быть не менее 0,3.

Высокое сопротивление теплопередаче достигается двумя путями. Первый и уже получивший распространение вариант: применение одинарных многокамерных переплетов с трехкамерными стеклопакетами с двумя теплоотражающими покрытиями и заполнение инертными газами; переплеты имеют вкладыши из теплоизоляционных материалов без металлических сердечников. Данный вариант может обеспечить сопротивление теплопередаче



Общий вид теплоукоизоляционного окна с воздухообменным клапаном и термограмма внутренней поверхности окна

Конструкция окна	Формула остекления	R_o^{np} , м ² ·°С/Вт	τ_o
Наружные трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами (обычные стекла), внутренние трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами с ТОП, воздушный промежуток между стеклопакетами 200 мм	4М1-16-4М1 – 200 – 4М1-16-И4	1,16	0,342
Наружные трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами с ТОП, внутренние трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами с ТОП, воздушный промежуток между стеклопакетами 200 мм	4М1-16-И4 – 200 – 4М1-16-И4	1,4	0,312
Наружные трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами с ТОП, внутренние трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами с ТОП, посередине воздушного промежутка между стеклопакетами (200 мм) расположена пленка с ТОП	4М1-16- И4 – 100 – И – 100 – 4М1-16-И4	1,65	0,265
Наружные трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами (обычные стекла), внутренние пятикамерные переплеты 70 мм с двухкамерными стеклопакетами с ТОП, воздушный промежуток между стеклопакетами 200 мм	4М1-16-4М1 – 200 – 4М1-14-4М1-14-И4	1,34	0,314
Наружные трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами с ТОП, внутренние пятикамерные переплеты 70 мм с двухкамерными стеклопакетами с ТОП, воздушный промежуток между стеклопакетами 200 мм	4М1-16-И4 – 200 – 4М1-14-4М1-14-И4	1,6	0,282
Наружные трехкамерные переплеты 58 мм с однокамерными стеклопакетами с ТОП, внутренние пятикамерные переплеты 70 мм с двухкамерными стеклопакетами с ТОП, посередине воздушного промежутка между стеклопакетами (200 мм) расположена пленка с ТОП	4М1-16-И4 – 100 – И – 100 – 4М1-14-4М1-14-И4	2	0,234
Примечание. В формуле остекления в соответствии с ГОСТ 24866–99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения» использованы обозначения: 4М1 – стекло листовое толщиной 4 мм; И4 – стекло толщиной 4 мм с мягким низкоэмиссионным теплоотражающим покрытием; И – лавсановая пленка с мягким низкоэмиссионным теплоотражающим покрытием.			

окна не более 1,15 м²·°С/Вт. Звукоизоляция таких окон достигается за счет применения толстых стекол, что делает стеклопакеты чрезмерно массивными [2].

Второй вариант основан на использовании конструкций окон в раздельных переплетах. При этом профили переплетов могут быть самыми простыми и дешевыми с толщиной профиля до 60 мм, в качестве стеклопакетов могут быть использованы однокамерные изделия с теплоотражающими покрытиями. Конструктивно наружные и внутренние переплеты объединены таким образом, чтобы, с одной стороны, не создавать мостиков холода, а с другой – утеплить откосы оконного проема и минимизировать теплопотери по контуру проема. Откосы оконных проемов могут при этом быть использованы для размещения воздухообменных элементов, а сама конструкция окна имеет открывающиеся фрамуги только для их промывки, но не для проветривания. В воздушном промежутке между переплетами могут устанавливаться сезонные светопрозрачные рамки с пленками, имеющими теплоотражающее покрытие. При таком подходе достигаются высокие функциональные характеристики окон и решается задача минимизации стоимости 1 м² площади остекления.

В Томском ГАСУ были разработаны технические решения, изготовлены и испытаны в климатических камерах опытные образцы некоторых вариантов теплозвукоизоляционных окон (рисунок). На представленной термограмме внутренней поверхности окна видно, что при температуре наружного воздуха -25°С и внутреннего +26°С температура на внутренней поверхности составляет +24°С в верхней зоне и +20°С в нижней зоне окна.

Испытания звукоизоляции окна показали, что при закрытом клапане $R_{Атран}$ = 43 дБА; $\Delta L_{Аок}$ = 48 дБА. Окно с открытым клапаном показало $R_{Атран}$ = 34 дБА; $\Delta L_{Аок}$ = 39 дБА. Окно с двухкамерным стеклопакетом во внутреннем переплете при закрытом клапане обеспечивает звукоизоляцию $R_{Атран}$ = 44 дБА; $\Delta L_{Аок}$ = 49 дБА. Такие окна обеспечивают акустический комфорт в помещениях практически при любых уровнях шума перед фасадами зданий [3].

В таблице представлены результаты измерения приведенного сопротивления теплопередаче (R_o^{np}) и коэффициента светопропускания окон (τ_o) при различных вариантах стеклопакетов и заполнения воздушного промежутка.

Приведенные данные показывают, что возможно достижение высоких значений сопротивления теплопередаче окон с раздельными переплетами. Дополнительная установка в воздушном промежутке сезонных (на период сильных морозов) рамок с пленками, имеющими теплоотражающее покрытие, позволяет обеспечить сопротивление теплопередаче окна до 1,65–2 м²·°С/Вт, что приближается по теплозащитным свойствам к стеновым конструкциям, имеющим в своем составе эффективный утеплитель. Использование сезонных рамок с пленками с ТОП в межстекольном пространстве или на внутренней плоскости оконных конструкций с одинарными переплетами является наиболее эффективным способом усиления теплозащиты эксплуатируемых окон [4].

Применение разработанных конструкций теплозвукоизоляционных окон позволяет достичь высокого класса энергоэффективности зданий, теплового и акустического комфорта помещений, однако при их использовании следует учитывать светотехнические нормативы для соответствующего функционального назначения помещений.

Ключевые слова: окна в раздельных переплетах, сопротивление теплопередаче, звукоизоляция, воздухообмен, коэффициент светопропускания.

Список литературы

1. Савин В.К. Строительная физика: энергоперенос, энергоэффективность, энергосбережение. М.: Лазурь, 2005. 432 с.
2. Анжелов В.Л., Анжелов Л.В., Любокова Е.Н. Защита от транспортного шума // АСADEMIA. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 135–139.
3. Овсянников С.Н. Защита жилой застройки от шума при реконструкции транспортных магистралей г. Томска // АСADEMIA. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 128–131.
4. Самохвалов А.С., Овсянников С.Н. Энергоэффективные окна в раздельных переплетах // Проблемы и пути развития энергосбережения и защиты от шума в строительстве и ЖКХ. Материалы XV международной научно-практической конференции. Москва–Будва, 2011. С. 90–95.

А.А. ВЕРХОВСКИЙ, канд. техн. наук, зав. лабораторией «Ограждающие конструкции высотных и уникальных зданий»; И.И. НАНАСОВ, инженер, Е.В. ЕЛИЗАРОВА, инженер, НИИСФ РААСН; Д.И. ГАЛЬЦЕВ, инженер, ООО «Алюотerra СК»; В.В. ЩЕРЕДИН, нач. технического отдела «Гардиан Стекло Рязань» (Рязань)

Мультифункциональное стекло как фактор энергосбережения

Вопрос энергоэффективности жилых и общественных зданий в настоящее время в России является предметом постоянных дискуссий, идет непрерывная разработка документов в обеспечение Федерального закона РФ № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В связи с этим возникает потребность комплексного рассмотрения всех параметров проектирования и эксплуатации современных зданий в климатических условиях РФ. Комплексный подход подразумевает всестороннее рассмотрение всех аспектов энергосбережения здания, одним из которых является энергосбережение в летний период, в частности, экономия на кондиционировании.

Целью данной статьи является описание современного метода изготовления светопрозрачных конструкций с использованием стекол с покрытиями, нанесенными магнетронно-вакуумным способом, и оценка выгоды от практического применения подобных конструкций на практике.

Практическое применение солнцезащитных стекол в составе остекления здания во всем мире имеет широкое распространение. Это обусловлено как наличием подробной методической и нормативной базы, так и государственными директивами (Directive of the European Parliament and of the Council of the energy performance of buildings, the draft has adopted by the Council of the Energy Ministers of 4 December 2002 – Директива по энергетической эффективности зданий).

Требования к солнцезащите фасадов зданий напрямую закладываются еще на стадии проектирования [1]. Далее мы рассмотрим технологию изготовления данных стекол и методику расчета их эффективности на практике.

Наибольшее количество современных солнцезащитных, энергосберегающих и особенно мультифункциональных

стекол производится при помощи нанесения на стекло нанослоев покрытия магнетронным методом в вакууме (magnetron sputter deposition). Для начала вкратце рассмотрим конструкцию оборудования и физику самого процесса нанесения покрытия на стекло.

Линия по нанесению покрытий на стекло магнетронно-вакуумным методом представляет собой череду (обычно от четырех до пятнадцати) камер, где создается высокая степень вакуума, соединенных внутри роликовым конвейером, по которому движется стекло. На входе данного аппарата расположена мойка, на выходе – высокотехнологичная система контроля качества (рис. 1).

Необходимость использования большого количества камер обусловлена тем, что все покрытия, нанесенные данным методом, состоят из нескольких слоев.

Рассмотрим физику нанесения данного покрытия. На рис. 2 представлена схема физических процессов, происходящих в отдельно взятой вакуумной камере. Внизу камеры проходит конвейер, по которому движутся листы стекла (субстрат). В верхней части камеры находится катод, перед которым расположена мишень, – это и есть тот материал, который будет напыляться в данной камере.

Вначале из самой камеры откачивается воздух, затем в нее подается газ, а также напряжение (рис. 2). Происходит ионизация газа, после чего под влиянием электромагнитного поля положительно заряженные ионы газа ускоряются по направлению к мишени. В результате столкновения заряженных ионов с мишенью происходит эмиссия материала мишени с последующим осаждением материала (конденсацией) на субстрате (стекле) [2].

Тщательно регулируя подачу газа, напряжение и скорость движения стекла в камере, можно получать слои различной толщины.



Рис. 1. Линия по нанесению покрытий методом магнетронного напыления

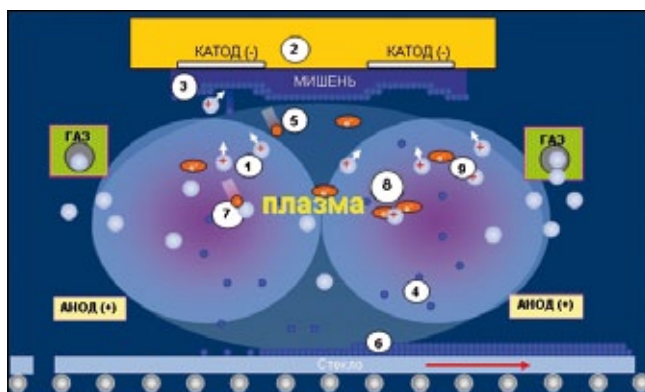


Рис. 2. Схема процесса нанесения покрытия на стекло: 1 – положительные ионы (+) разгоняются, получая энергию, в сторону катода и ударяют в мишень; 2 – отрицательно заряженный катод; 3 – мишень; 4 – частицы металла из мишени; 5 – электроны (e-); 6 – однородная «нанопленка» на поверхности стекла сформированная из молекул металла; 7 – высокоэнергетичные электроны, способствуют дальнейшей ионизации газа; 8 – свободные электроны; 9 – ионы газа

Верхний и нижний слой: В частности оксиды или нитриды— оказывает влияние на отражение и пропускание света, цвет покрытия.

Функциональный слой: В частности серебро (Ag) или хром (Cr) — отражение длинноволнового и коротковолнового ИК излучения

Защитные слои: Защита функциональных слоев от повреждений, выцветания и т. д.

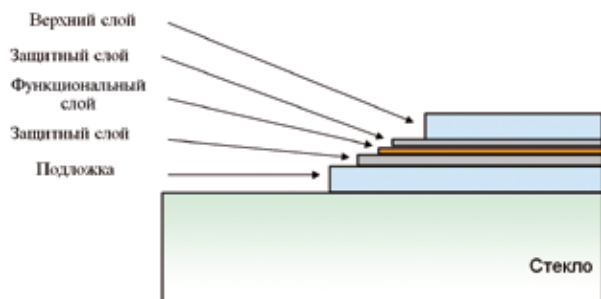


Рис. 3. Схема магнетронного покрытия на стекле

В процессе напыления используются как инертные (неактивные) газы, например аргон, так и другие (активные) — азот, кислород и т. д. Различие между данными газами состоит в следующем: в том случае, если требуется получить слой чистого материала с самой мишени, например серебро, используется аргон. Являясь инертным газом, он не вступает в реакцию в процессе, в результате чего получается нанослой материала мишени. Ионы активных газов вступают в реакцию в процессе самого напыления, что в результате приводит к осаждению на стекле оксидов либо нитридов напыляемого материала. Так наносятся слои нитрида кремния (SiN_x) и диоксида титана (TiO_2) [3].

На рис. 3 представлена схема полученного этим способом покрытия с описанием функциональности слоев. Покрытия, полученные при помощи данного метода нанесения являются чрезвычайно высокотехнологичным продуктом использования нанотехнологий в современном строительстве. Все стекла с покрытиями находятся в процессе постоянного совершенствования как в плане характеристик (улучшение теплосбережения и солнцезащиты), так и в производственном плане (простота переработки, стойкость покрытия к физическим и химическим воздействиям и т. д.).

Далее рассмотрим, каким образом использование данных покрытий помогает решить проблему солнцезащиты и экономии энергии на кондиционировании в летний период.

Для анализа поступления солнечной энергии через светопрозрачные конструкции вначале необходимо рассмотреть распределение по длинам волн. До поверхности Земли от Солнца доходит излучение в диапазоне от 280 нм до 2500 нм, распределяясь следующим образом: 280–380 нм — ультрафиолет, данная часть солнечного спектра несет 2% солнечной энергии; 380–780 нм — видимый свет, данная часть солнечного спектра несет 49% солнечной энергии; 780–2500 нм — ближний инфракрасный спектр излучения, данная часть солнечного спектра несет 49% солнечной энергии.

Как видно из данного распределения почти половина солнечной энергии приходится на ближний инфракрасный спектр излучения (СЕС 400–2005 Nonresidence Compliance Manual. Building envelope. 2005).

Поскольку в жилых и общественных зданиях необходимо поддерживать комфортные условия жизнедеятельности при естественном освещении, в целях обеспечения солнцезащиты наиболее целесообразно бороться с теплом, поступающим именно в данном диапазоне.

Современные технологии позволяют использовать в качестве остекления стеклопакеты с солнцезащитными стеклами, из которых наиболее эффективны так называемые селективные стекла с покрытиями, изготовленными методом вакуумно-магнетронного напыления. Рассмотрим принцип работы. На рис. 4 показано, что пропускание трех–шести миллиметрового стекла примерно одинаково как в видимой, так и в ближней инфракрасной области солнечного излучения.

Рассмотрим далее диаграммы солнцезащитных стекол с мультислойными функциональными, т. е. солнцезащитными и энергосберегающими, вакуумно-магнетронным покрытием. Данные покрытия позволяют отражать большую часть солнечного излучения в ближнем ИК-спектре.

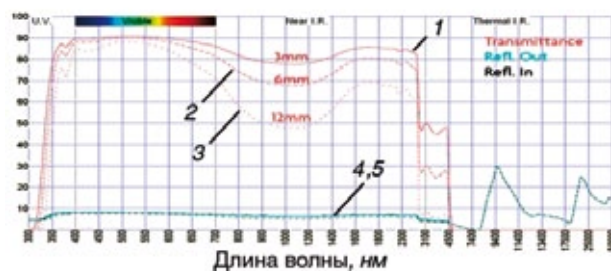


Рис. 4. Диаграмма пропускания (1, 2, 3) и отражения (4, 5) солнечного излучения прозрачными стеклами толщиной 3,6,12 мм

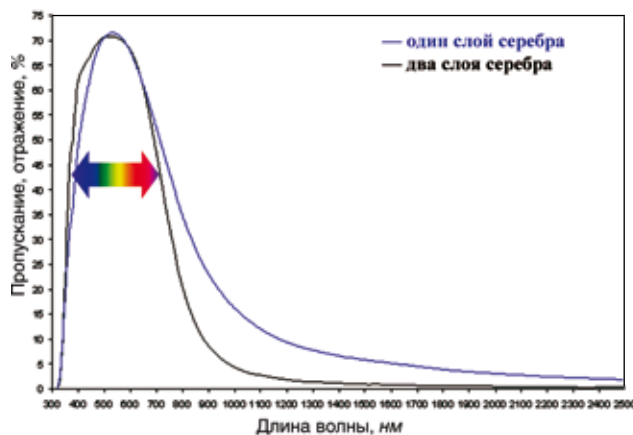


Рис. 5. Диаграмма пропускания и отражения солнечного излучения для стекол с покрытиями включающими один и два слоя серебра

Одним из материалов покрытия, который в первую очередь обеспечивает характеристики стекла, является серебро; на рис. 5 показано, что использование стекол с подобными покрытиями позволяет значительно сократить поступление тепла от солнечного излучения избирательно отсекая ближний инфракрасный спектр, при этом практически не уменьшая поступление солнечного света.

Процент солнечного тепла, проходящий через остекление, называется коэффициентом общего пропускания солнечной энергии g (падающее на вертикальную поверхность солнечное излучение принимаем за 100%) и, согласно ГОСТ Р 54164–2010 (ИСО 9050:2003): представляет собой сумму коэффициента прямого пропускания солнечной энергии τ_c и коэффициента вторичной теплопередачи внутрь помещения q_f , характеризующего теплопередачу за счет конвекции и длинноволнового инфракрасного излучения части солнечной энергии, которая была поглощена остеклением.

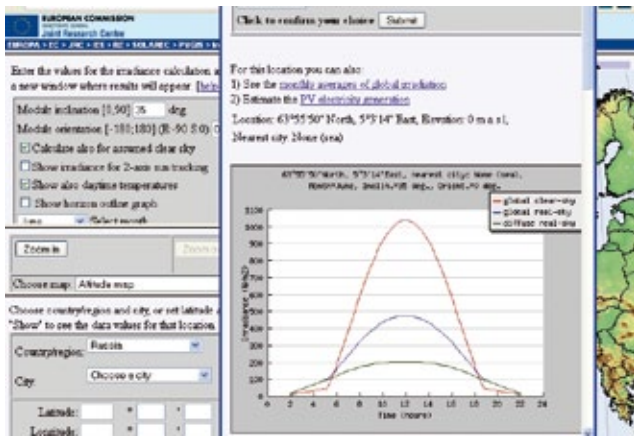


Рис. 6. Пример экрана с данными для климатических условий Москвы

Подробная методика определения коэффициента общего пропускания солнечной энергии g изложена в ГОСТ Р 54164—2010 (ИСО 9050:2003) «Стекло и изделия из него. Методы определения оптических характеристик. Определение световых и солнечных характеристик».

В приложении к высотным зданиям для расчета теплопоступлений от Солнца через светопрозрачные ограждающие конструкции в требуемый период времени необходимо знать следующие параметры:

- ориентация фасада здания по сторонам света (для начала возьмем расчет для одного определенно ориентированного фасада);
- площадь фасада здания S , m^2 ;
- угол наклона фасада здания от вертикали α , град.;
- степень остекления фасада здания (в процентах от общей площади фасада), k_f , %;
- количество солнечной энергии $E_{сол}$, Дж, падающей на единицу площади фасада здания за требуемый период времени T , дней;
- коэффициента общего пропускания солнечной энергии g , %.

Параметры ориентация фасада здания; S ; α и k_f берутся из проектной документация на данное здание. Коэффициент g рассчитывается согласно ГОСТ Р 54164—2010 (ИСО 9050:2003) на расчетной программе компании-изготовителя стекол, либо берется из протоколов испытаний на выбранный стеклопакет, в случае если подобные испытания проводились.

Значение солнечной энергии $E_{сол}$ можно взять из нескольких источников. В СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» (табл. 5 «Суммарная солнечная радиация (прямая и рассеяная) на вертикальную поверхность при безоблачном небе, $MДж/m^2$ ») можно найти данное значение в зависимости от географической широты расположения объекта (с шагом в 4°), ориентации фасада здания и конкретного месяца в году. Это значение может быть использовано при оценочных расчетах.

Для получения точных значений необходимо обратиться к более подробным данным, которые представлены, в частности, на официальном европейском сайте www.eurogora.eu, где имеется раздел с подробными данными метеорологических наблюдений. Более подробная ссылка: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radday.php?lang=en&map=eurore> (рис. 7) содержит данные по количеству солнечной энергии $E_{сол}$ [$Вт \cdot ч/m^2/день$] в зависимости от угла наклона освещаемой плоскости, среднесуточной температуры воздуха, усредненной дневной температуры воздуха и другим климатическим параметрам.

Этот источник данных более удобен, поскольку позволяет получать наиболее полную информацию о ко-

Month	H(90)	D/G	T _p	T _{24h}
Jan	1030	0.71	-6.3	-6.8
Feb	2290	0.58	-6.4	-6.9
Mar	3080	0.53	-1.1	-1.8
Apr	2770	0.38	8.0	6.8
May	3320	0.48	13.9	12.5
Jun	2930	0.54	18.2	16.9
Jul	3030	0.53	20.7	19.5
Aug	3060	0.54	18.1	17.0
Sep	2480	0.60	12.6	11.6
Oct	1730	0.66	6.4	5.8
Nov	854	0.73	-0.9	-1.3
Dec	744	0.76	-3.6	-6.0
Year	2280	0.55	6.5	5.6

Рис. 7. Распределение излучения по месяцам

личестве солнечного излучения в зависимости от точных географических координат; угла наклона плоскости облучения; детализированных климатических данных.

Располагая всеми вышеуказанными параметрами возможно рассчитать полное поступление солнечной энергии $E_{полн}$ через светопрозрачный проем площадью S за период T . Допустим, что значение $E_{сол}$ было взято с данного сайта (рис. 7), причем в таблице ежедневное поступление солнечного излучения обозначено как $H(90)Вт \cdot ч/m^2/день$.

Таким образом, для расчета поступления энергии через вертикальный фасад здания площадью S , за временной период T , дн. степенью остекления k_f и с коэффициентом общего пропускания солнечной энергии g следует использовать формулу:

$$E_{полн} = \frac{H(90) \cdot T \cdot g \cdot S \cdot k_f}{1000} \quad (1)$$

В том случае, если данные берутся из СНиП 23-01-99* формула приобретает следующий вид:

$$E_{полн} = \frac{(E_{сол}/d) \cdot T \cdot g \cdot S \cdot k_f}{3,6} \quad (2)$$

где d — количество дней в определенном месяце.

Следует учитывать, что в СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» значение падающей энергии $E_{сол}$ указано в $MДж/m^2/мес$.

Полученное таким образом значение полной проходящей через остекление энергии $E_{сол}$ [$кВт \cdot ч$] за определенный период времени позволяет оценить теплопоступления в здание от солнечного излучения за определенный период времени. Это в сочетании с трансмиссионными поступлениями через остекление позволяет рассчитать гораздо более точный энергетический баланс строения, нагрузку и энергопотребление на кондиционирование здания, а также сравнить различные варианты фасадного остекления с точки зрения солнцезащиты и экономии энергии.

Авторы статьи продолжают работать над комплексным методом оценки энергоэффективности жилых и общественных зданий с учетом климатических условий в течение всего года. Представленная в статье методика поможет комплексной оценке энергетического баланса здания.

Ключевые слова: мягкое покрытие, солнцезащита, магнетронное напыление, солнечный фактор, энергосберегающий фасад, магнетронно-вакуумное покрытие, мультифункциональное стекло, пропускание солнечной энергии.

Список литературы

1. Бродяч М.М., Шилкин Н.В. Многоэтажное энергоэффективное жилое здание в Нью-Йорке // АВОК. 2003. № 4.
2. H.J. Gläser. Large Area Glass Coating. Von Ardenne Anlagentechnik GmbH, Dresden (Germany); Union Druckerei Dresden GmbH, 2000. P.75–109.
3. H. Frey, G. Kienel (Eds.). Dünnschichttechnologie. Dusseldorf (Germany): VDI Verlag GmbH. 1987.



Материалы для дорожного строительства

IV научно-практическая конференция

29 ноября 2012 г.

Москва

Тематика конференции:

Материалы для устройства оснований автомобильных дорог

Бетоны для строительства дорог

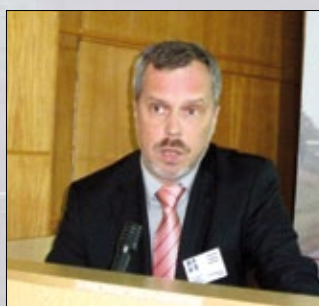
Геосинтетические материалы, георешетки

Асфальтобетоны (вяжущие, наполнители, добавки, модификаторы)

Материалы для обустройства, эксплуатации и ремонта дорог
(материалы для дорожной разметки, материалы для устройства слоев
износа, противогололедные реагенты и др.)

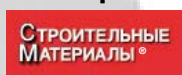
Технологическое оборудование для производства дорожно-
строительных материалов

Проблемы и перспективы дорожного строительства



К проведению конференции будет выпущен тематический номер журнала «Строительные материалы»[®] №10–2012, включающий пленарные доклады. Предоставление текстов докладов и иллюстраций до 01.10.2012

Организаторы конференции:



Федеральное дорожное агентство «РОСАВТОДОР»

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

журнал «Строительные материалы»[®]

Научный руководитель проекта – Козина Виктория Леонидовна

Менеджеры проекта – Миронова Екатерина Николаевна, Абакумова Тамара Алексеевна

Телефон/факс: (499) 976-22-08, 976-20-36, телефон: (916) 390-71-41, (926) 574-04-31

E-mail: mail@rifsm.ru, dorsm@bk.ru <http://www.rifsm.ru>

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

Л.В. ЯНКОВСКИЙ, канд. техн. наук,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Полнофакторный эксперимент по оптимизации параметров геоимплантатных конструкций

Известен способ усиления основания ленточных фундаментов при реконструкции зданий и сооружений (рис. 1), при котором под подошвой фундамента создается геоимплантатная конструкция (ГИК) [1]. Проведенные экспериментальные и численные исследования говорят об увеличении несущей способности грунтового основания сооружений, закрепленного усиленным слоем грунта, состоящим из армирующих элементов (геоимплантатов) [2, 3].

По форме геоимплантаты могут быть любые – наклонные, криволинейные, горизонтальные и вертикальные, в зависимости от задач по закреплению грунтового массива. Обычно это металлическая или пластиковая труба, заполненная цементобетоном.

Данные конструкции можно изготавливать с помощью мощной малогабаритной техники, такой как пневмопробойники, домкраты-гидроцилиндры и современные машины горизонтального и горизонтально направленного бурения (ГНБ) (рис. 2).

В настоящее время стоит вопрос, как подобрать параметры цементно-бетонных ГИК (длина, сечение, расстояние между геоимплантатами) для определенных грунтовых условий, так чтобы затраты на изготовление были минимальными, а эффект максимальным.

Объект исследования можно представить следующей схемой (рис. 3).

Переменные X_1, X_2, \dots, X_n называют входными независимыми переменными (факторами), переменные Y_1, Y_2, \dots, Y_m – функциями отклика или функциями оптимизации. Математическая модель – уравнение регрессии с ограничениями, накладываемыми на варьируемые факторы X_i , когда $i = 1, 2, \dots, n$.

В нашем случае используем модель в виде алгебраического полинома 2-й степени:

$$Y = \sum_{j=0}^n B_j \cdot X_j + \sum_{i+j=1}^n B_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + \sum_{j=1}^n B_{ij} \cdot X_j^2, \quad (1)$$

где n – количество факторов; B_0, B_{ij}, B_{ij} – коэффициенты модели.

Формально целью эксперимента является определение численных значений коэффициентов уравнения регрессии, а для определения оптимальных условий протекания процессов находим значения факторов X_1, X_2, \dots, X_n , соответствующих экстремуму полученной функции.

Параметром оптимизации выбираем значение осадки фундамента $f(x)=S$, в общем виде $f(x)=S/b$, где b – ширина фундамента. Основными факторами, описывающими усиленный слой, являются: f – вылет слоя

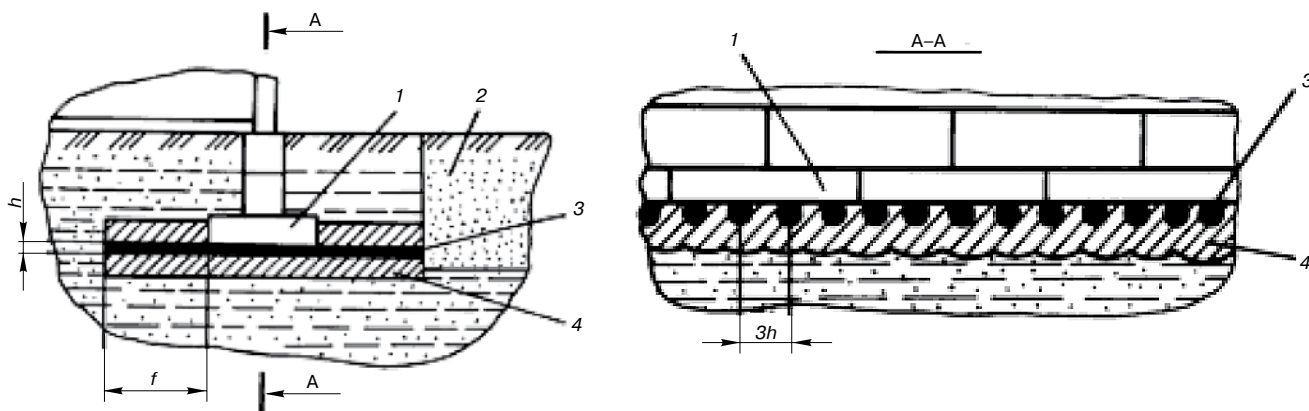


Рис. 1. Способ усиления основания ленточных фундаментов с помощью создания под подошвой ГИК: 1 – фундамент; 2 – технологический приямок; 3 – геоимплантат; 4 – зона уплотненного грунта



Рис. 2. Примеры машин для бестраншейной прокладки скважин: а – домкрат-гидроцилиндр; б – пневмопробойник; в – машина горизонтального бурения; г – машина ГНБ



Рис. 3. Схема объекта исследования

за обрез фундамента; h – высота слоя или диаметр армирующего элемента. Для описания грунтовых условий выбираем модуль деформации E . Предполагаем, что воздействие каждого из этих факторов может быть описано параболой второго порядка.

По данным численного эксперимента построены графики нагрузка–осадка, по которым, в частности, можно судить о влиянии того или иного фактора на осадку (рис. 4, 5, 6). Для этого были созданы три конечно-элементные сетки размером $4b \times 6b$ для каждой толщины h слоя усиления. Решение проводили для фундамента шириной $b=2$ м. Расстояние между центрами армоэлементов всегда $3h$.

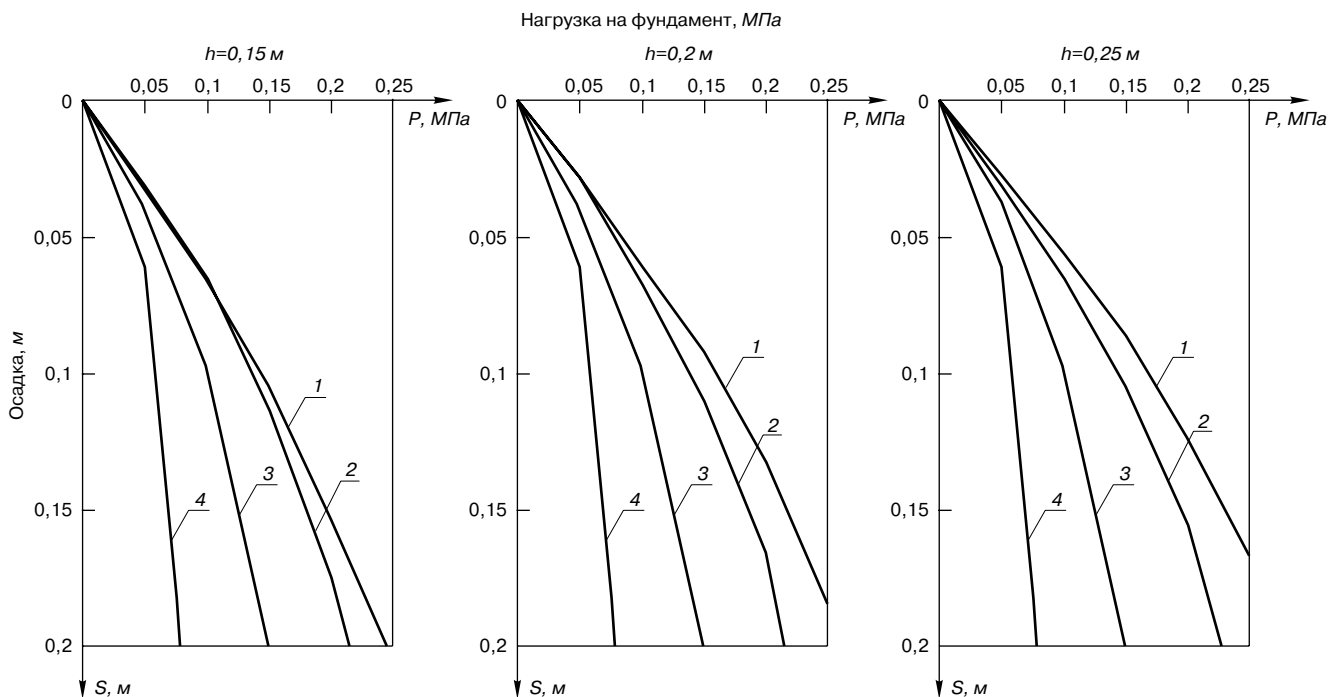


Рис. 4. Графики осадки фундамента при $E = 5$ МПа: 1 – $f = 3$ м; 2 – $f = 2$ м; 3 – $f = 1$ м; 4 – без усиления

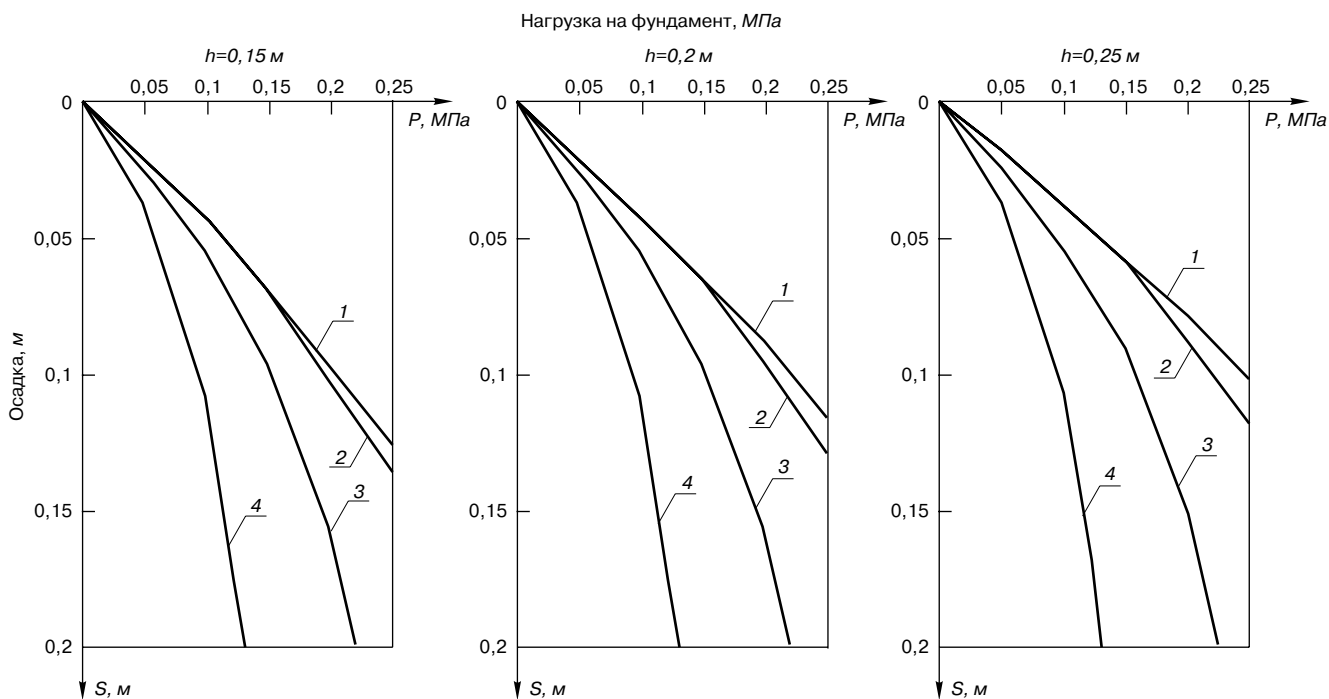


Рис. 5. Графики осадки фундамента при $E = 7,5$ МПа: 1 – $f = 3$ м; 2 – $f = 2$ м; 3 – $f = 1$ м; 4 – без усиления

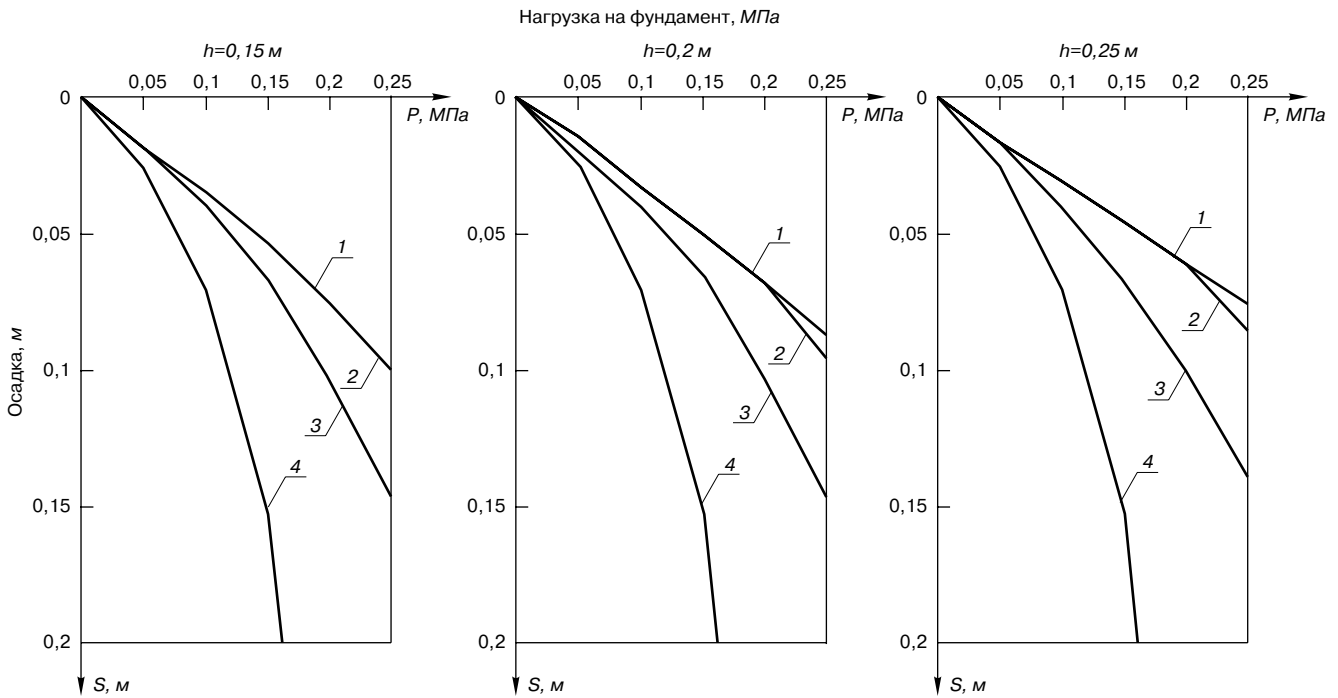


Рис. 6. Графики осадки фундамента при $E = 10$ МПа: 1 – $f = 3$ м; 2 – $f = 2$ м; 3 – $f = 1$ м; 4 – без усиления

Для того чтобы выбрать оптимальные геометрические размеры усиления, нужно выбрать параметр оптимизации. На затраты по устройству усиленного слоя грунта в основном влияют два параметра: число скважин для образования армирующих элементов на единицу длины фундамента и объем цементного раствора на единицу длины фундамента. Если взять один параметр постоянным, например объем цементного раствора на единицу длины фундамента, то легко выбрать необходимую толщину слоя (диаметр скважины) по минимальному количеству необходимых для его создания скважин. Таким образом, можно выбрать параметры усиления при создании слоя непосредственно, например пневмопробойником.

В грунтах, где необходимо создавать усиленный слой укладкой готового армоэлемента, например трубой, параметром оптимизации является также и длина геоимплантата. Это сказывается на ширине технологического приемка, которая должна быть возможно минимальной. Если принять постоянным объем цементного раствора на единицу длины фундамента, то для создания слоя нужно взять слой с минимальным вылетом за обрез фундамента. Напомним, что условием выбора параметров усиления при реконструкции является отсутствие увеличения осадки после нагрузки. Поэтому ось осадки фундаментов без усиления S и ось осадки усиленных фундаментов S_y необходимо совместить. Для расчетов надо учитывать коэффициент запаса $K_3 = 0,85$, который страхует от неточной глубины заложения слоя:

$$S_y = K_3 \cdot S. \quad (2)$$

Учитывая сказанное выше, графики полнофакторного эксперимента (рис. 4, 5, 6), были построены номограммы для определения оптимальных параметров усиленного слоя в зависимости от модуля деформации E при ширине фундамента $b = 2$ м. Пример одной такой номограммы приведен на рис. 7.

Анализ результатов полнофакторного эксперимента показывает, что минимум функции отклика происходит при максимальных уровнях факторов. Параметры усиления необходимо оптимизировать в зависимости

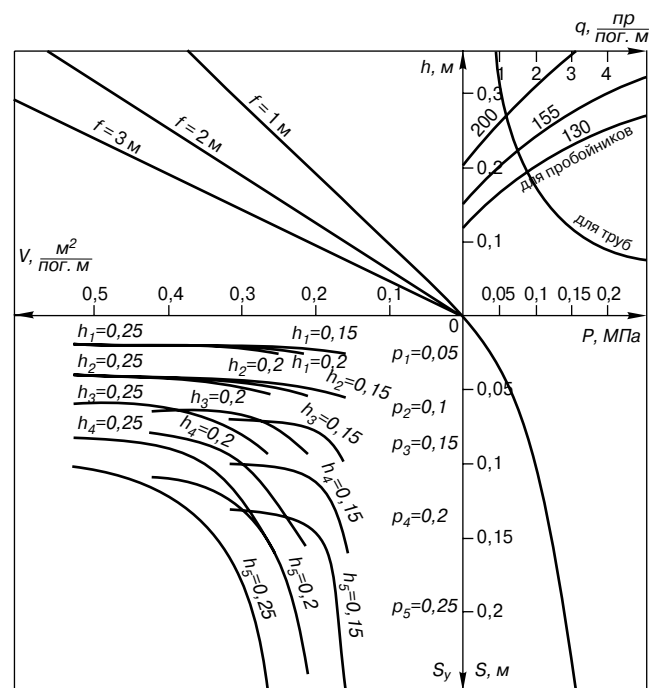


Рис. 7. Номограмма для определения параметров армирующего слоя в основании фундамента (ГИК) при $E = 7,5$ МПа и $b = 2$ м

от технологии изготовления геоимплантатов при минимальном объеме цементного раствора на единицу длины фундамента. При проходке скважин пробойниками параметром оптимизации будет минимальное число проходок на единицу длины, а при укладке (вдавливании) готовых геоимплантат – минимальный вылет за обрез фундамента. Во всех случаях критерием выбора параметров усиленного слоя является условие – отсутствие увеличения осадки фундаментов после реконструкции.

Разработанные номограммы можно использовать только для грунтов в диапазоне от модуля деформации

5–10 МПа и при нагрузке p до 0,25 МПа; также надо стремиться выбирать значение вылета f в диапазоне 0,5 b –1,5 b , а толщину слоя h – 0,075 b –0,125 b . Инженерный расчет, проведенный по номограммам для усредненных грунтовых условий, дает завышенные результаты. Для точного решения с учетом реального напластования грунтов необходим дополнительный уточняющий расчет по программе МКЭ [4, 5].

Ключевые слова: геоимплантат, геоимплантатная конструкция, закрепление оснований, реконструкция.

Список литературы

1. Патент 2032024. Способ усиления основания ленточных фундаментов при реконструкции зданий и сооружений / А.А. Бартоломей, Л.В. Янковский. Бюл. № 9, 27.03.95.

2. Янковский Л.В. Классификация геоимплантатных конструкций, используемых при строительстве и ремонте транспортных объектов // Строительные материалы. 2011. № 7. С. 51–53.
 3. Янковский Л.В. Крупномасштабный эксперимент по проверке модели основание–геоимплантат–фундамент // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 81–83.
 4. Янковский Л.В. Описание модели геосреды основания, усиленного геоимплантатной конструкцией // Охрана окружающей среды. Транспорт. Безопасность жизнедеятельности: Вестник ПГТУ. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т. 2011. № 1. С. 75–81.
 5. Янковский Л.В. Моделирование системы основание – геоимплантат – фундамент // Охрана окружающей среды. Транспорт. Безопасность жизнедеятельности: Вестник ПГТУ. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т. 2011. № 1. С. 90–98.



18. **ibausil**

12–15.09.2012

Weimar



г. Веймар
конгресс-центр «neue Weimarahalle»

Институт строительных материалов им. Ф.А. Фингера (FIB) университета Bauhaus-Universität г. Веймар (Германия) организует 18-й Международный конгресс по строительным материалам

IBAUSIL

г. Веймар (Германия)

12–15 сентября 2012 г.

Международный конгресс по строительным материалам IBAUSIL проводится в г. Веймаре с 1964 г., и за это время стал авторитетным форумом для научного обмена между исследователями университетов и промышленных предприятий с востока и запада.

На 18-й конгресс будет представлено более 300 докладов по секциям:

- Неорганические вяжущие вещества;
- Бетоны и долговечность бетонов;
- Стеновые строительные материалы (строительство, эксплуатация, переработка и утилизация отходов).

Официальные языки конференции – немецкий, английский

Впервые в рамках конгресса состоится воркшоп на русском языке по теме «Инъекционные технологии с применением инновационных строительных материалов в подземном строительстве стран СНГ».

Участникам из стран СНГ предоставляются льготные условия для участия в конгрессе при регистрации до 31 июля 2012 г. – 400 Евро.

Программа конгресса и регистрационная форма размещены на сайте

www.ibausil.de

Секретарь оргкомитета доктор-инженер Ханс Бертрам Фишер +49 (0) 3643 58 47 12

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, канд. техн. наук, А.В. ЛИБЕНКО, д-р техн. наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ); М.Н. АЛЕХИНА, инженер (m-alekhina@yandex.ru), Н.В. МОТИН, канд. техн. наук, ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ» (Москва)

Особенности последовательно-параллельного способа циклического связанного дозирования компонентов строительных смесей

Для повышения производительности дозирочно-смесительного оборудования, а также для повышения качества приготовления бетона и других строительных смесей предложен последовательно-параллельный способ дозирования [1, 2], при котором дозаторы компонентов обеспечивают загрузку не двух смесителей, как это имеет место на заводах с циклической технологией, а четырех.

Циклограммы работы оборудования для такой схемы дозирования на рис. 1. Там же показаны циклограммы работы оборудования при последовательном и традиционном (параллельном) способах дозирования. Работа дозаторов на циклограммах обозначена прямоугольниками, внутри которых приведены последовательно но-

мер замеса; X – масса компонента; индекс при X – номер компонента. Работа смесителей обозначена в виде усеченных пирамид (рис. 1, а, б) и квадратов (рис. 1, в).

С ростом количества загружаемых компонентов увеличивается число ступенек пирамид. Для сравнения интенсивности работы оборудования временная ось дана в условных единицах.

Из сопоставления циклограмм можно заключить, что только при последовательно-параллельном способе дозирования обеспечивается максимальная загрузка оборудования. При последовательном способе дозирования обеспечивается не более 2, при параллельном – 6 и при последовательно-параллельном – 8 замесов за условный промежуток времени.

Последовательно-параллельный способ дозирования обладает своими преимуществами и недостатками. К преимуществам способа следует отнести уменьшение разности между объемами готового замеса и загружаемого материала по сравнению с параллельным способом дозирования, а также возможность реализовать практически любую форму связанного дозирования.

Недостатком способа является необходимость установки дополнительных смесителей, что возможно только для вновь сооружаемых заводов с соответствующей переработкой типовых проектов. Последовательно-параллельный способ дозирования может быть применен без установки дополнительных смесителей, например в случае, когда завод работает на выдачу смеси в автомиксеры. Отсюда следует, что последовательно-параллельный способ в том виде, в котором он разработан в [1, 2], имеет ограниченную область применения. Необходимо предложить метод ее расширения.



Рис. 1. Циклограммы работы дозаторов и смесителей при различных способах дозирования компонентов бетонной смеси: а – последовательное дозирование; б – последовательно-параллельное дозирование; в – параллельное дозирование; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – номер замеса; X_1, X_2, X_3, X_4 – масса и номер компонента

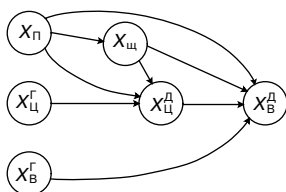


Рис. 2. Граф связанного дозирования с использованием режима досыпки: X_p – исходная масса песка; $X_{щ}$ – исходная масса щебня; X_c^r – граф исходной массы цемента; X_b^r – граф исходной массы воды; $X_{п}^A$ – скорректированная масса цемента; $X_{щ}^A$ – скорректированная масса воды

Самый дорогой компонент бетонной смеси – цемент. Это ставит перед разработчиками систем управления дозированием задачу экономии цемента, решения которой можно достичь за счет модернизации весодозирующего оборудования и изменения режимов управления процессом дозирования.

Предложен способ последовательно-параллельного дозирования компонентов четырехкомпонентной бетонной смеси (рис. 2, 3), отличающийся от описанного в [1, 2] тем, что, уступая ему в производительности, он не требует установки дополнительных смесителей.

Способ обладает рядом достоинств, главный из них – возможность организации связанного дозирования, минимизирующего отклонения долевого содержания компонентов в готовой смеси и исключающего из режима досыпки дозаторы песка и щебня. Цикл приготовления смеси, как это видно из рис. 3, не увеличивается, а поочередная загрузка смесителя обеспечивает более качественное перемешивание компонентов.

Из анализа структуры графа (рис. 2) следует, что для организации связанного дозирования с применением режима досыпки необходимо располагать информацией о дозируемых массах компонентов только в цикле приготовления смеси, причем запоминания информации об отдозированных компонентах не требуется. Количество связей графа определяется видом условия, минимизирующего погрешности дозирования.

Для данного способа разработан комплексный критерий коррекции с учетом оптимизации водоцементного отношения. Применение двухэтапного алгоритма дозирования компонентов смеси может повести к снижению объема готового замеса, если величина установки датчика дозатора воды корректируется с учетом влагосодержания щебня, песка и активности цемента, без учета заданной результирующей массы смеси.

Перед дозированием воды корректировку датчика ее дозатора вычисляют с учетом не только заданного коэффициента водоцементного отношения $\gamma_{в/ц}$, но и с учетом заданной результирующей массы смеси $V_{р0}$.

После дозирования компонентов X_1 , X_2 и X_3 (цемент, песок и щебень) их массы равны: $X_1(U_1)$, $X_2(U_2)$ и $X_3(U_3)$. Если известны коэффициенты влагосодержания a_1 , a_2 , а a_3 – коэффициент, отражающий активность цемента $R_{ц}$, то количество воды, находящейся в смеси, будет:

$$X_{4\Sigma} = a_1 \cdot X_1(U_1) + a_2 \cdot X_2(U_2) + a_3 \cdot X_3(U_3). \quad (1)$$

Количество отдозированного компонента с учетом a_i определим в виде:

$$X_i(U_i)' = (1-a_i) \cdot X_i(U_i); \quad i = 1, 2, 3. \quad (2)$$

Если учитывать только обеспечение заданного водоцементного отношения, то величина установки U_4 датчика дозатора воды будет равна:

$$U_4 = \gamma_{в/ц} \cdot (1-a_1) \cdot X_1(U_1) - [a_2 \cdot X_2(U_2) + a_3 \cdot X_3(U_3)] = \gamma_{в/ц} \cdot X_1(U_1)' - [a_2 \cdot X_2(U_2) + a_3 \cdot X_3(U_3)]. \quad (3)$$

После дозирования воды появится погрешность (ошибка ΔX_4), обусловленная неточностью работы дозатора, которая и будет определять величину отклонения $\Delta \gamma_{в/ц}$ фактически полученного водоцементного отношения от заданного. При несвязном дозировании $\Delta \gamma_{в/ц}$ обусловлена погрешностью как ΔX_1 , так и ΔX_4 и принимает максимальное значение разных знаков при $\Delta X_{1,4}$.

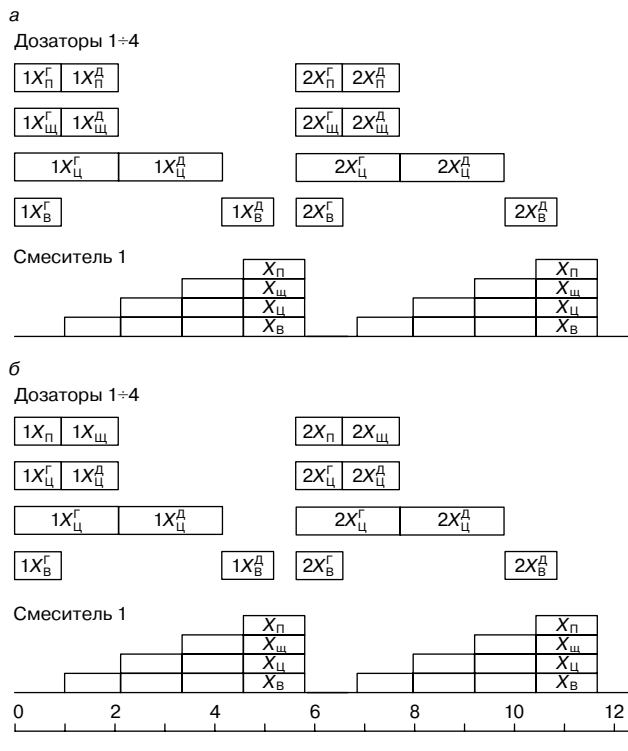


Рис. 3. Циклограммы работы дозаторов и смесителей: а – несвязное дозирование; б – связанное дозирование в режиме досыпки; 1, 2 – номер замеса; X_p – масса песка; $X_{щ}$ – масса щебня; X_c – масса цемента; X_b – масса воды; X_c^r – граф исходной массы цемента; X_b^r – граф исходной массы воды; $X_{п}^A$ – граф исходной массы щебня; $X_{щ}^A$ – скорректированная масса цемента; $X_{в}^A$ – скорректированная масса воды; $X_{п}^A$ – скорректированная масса песка; $X_{щ}^A$ – скорректированная масса щебня

Учитывая (2) и (3), величина результирующей массы V_p после дозирования компонента X_4 будет равна:

$$V_p = X_4(U_4) + \sum_{i=1}^3 (1-a_i) \cdot X_i(U_i); \quad i = 1, 2, 3, \quad (4)$$

где $X_4(U_4) = U_4 \pm \Delta X_4$ – фактически полученная доза воды.

Из (4) следует, что значение V_p при отдозированных без погрешностей ($\Delta X_i = 0$) компонентах X_1 , X_2 , X_3 и X_4 будет отличаться от заданной $V_{р0}$ на величину (1). Для обеспечения заданных водоцементного отношения и величины $V_{р0}$ необходимо сначала произвести досыпку компонентов X_1 , X_2 , X_3 и только после этого определять величину установки датчика дозатора воды U_4 .

Разработанный последовательно-параллельный способ дозирования компонентов бетонной смеси позволяет повысить производительность дозирочно-смесительного оборудования введением в типовую схему дозирочно-смесительных установок дополнительных смесителей. Комплексный критерий коррекции с учетом оптимизации в/ц отношения позволяет реализовать связанный принцип дозирования компонентов бетонной смеси без установки дополнительных смесителей.

Ключевые слова: способ дозирования, дозатор, смеситель, циклограмма, оборудование.

Список литературы

1. Барский Р.Г., Ермаков В.В. Оптимизация процесса дозирования многокомпонентной смеси при минимаксном критерии качества // Автоматика и телемеханика. 1982. № 4. С. 119–127.
2. Барский Р.Г. Синтез оптимальной системы управления процессом дискретного дозирования многокомпонентных смесей // Изв. вузов. Строительство и архитектура. Новосибирск. 1982. № 7. С. 84–89.

Г.А. ТКАЧЕНКО, канд. техн. наук, В.П. ЕРОФЕЕВ, инженер (vitek_stv@mail.ru),
А.П. ЕРОФЕЕВ, инженер, Ростовский государственный строительный университет
(Ростов-на-Дону)

Повышение адгезии бетона и предварительно напряженной арматуры в струнобетонных шпалах

Сборные преднапряженные ЖБК в покрытиях автодорог, взлетно-посадочных полос, аэродромов, в верхнем полотне железных дорог зачастую не обладают достаточной долговечностью. Это связано не только с ростом интенсивности их эксплуатации при увеличении скоростей движения современного транспорта, но и со значительным влиянием на бетон периодических динамических и климатических воздействий. Можно привести целый ряд примеров недостаточной долговечности перечисленных конструкций, в том числе в южных регионах Российской Федерации [1].

Предварительно напряженные конструкции транспортного назначения отличаются тем, что их повышенная трещиностойкость создается путем передачи напряжений с заранее натянутой стержневой или проволочной арматуры на бетон. Надежное сцепление препятствует их взаимному смещению, и именно оно является основным фактором, обеспечивающим их совместную работу в конструкции и позволяющим ей служить как единому монолитному телу. Отсутствие надлежащего сцепления ведет к проскальзыванию арматуры в зонах анкеровки, что снижает трещиностойкость и приводит к появлению продольных трещин, их дальнейшему раскрытию при эксплуатации, особенно под воздействием динамических нагрузок.

Известно, что надежное сцепление арматуры с бетоном обеспечивается тремя основными факторами:

- сопротивлением бетона усилиям смятия и среза, обусловленным впадинами холоднодеформированной и горячекатаной арматуры и другими неровностями ее поверхности, то есть механическим зацеплением арматуры в бетоне;

- силами трения, возникающими на поверхности арматуры благодаря обжатию арматурных стержней бетоном при его усадке;
- склеиванием (адгезией) бетона с поверхностью арматуры благодаря коллоидной массе цементного геля.

Наибольшее влияние на сцепление арматуры с бетоном оказывает механическое зацепление, обеспечивающее 75% от его общей величины. При передаче усилия с натянутой арматуры на бетон наибольшие напряжения в нем возникают в области заделки и постепенно затухают по длине. Обеспечение надежности сцепления бетона с арматурой является важным элементом повышения долговечности предварительных железобетонных кон-

струкций, особенно армированных проволочной арматурой, например струнобетонных шпал железных дорог.

С целью повышения эксплуатационной надежности струнобетонных шпал предложено в их производстве использовать модифицированный бетон с введением в состав бетонной смеси определенной доли пористого компонента и эффективной химической добавки [2]. В результате оптимизации содержания этих компонентов в комплексной добавке был получен состав бетона с расходом керамзитового песка фракции 1,25–5 мм в количестве 5% от массы заполнителей и 0,5% от массы цемента пластифицирующей добавки отечественного производителя. Составы используемых бетонных смесей и свойства пропаренных бетонов в возрасте 28 сут приведены в табл. 1.

Дальнейшие исследования бетонов приведенных составов были направлены на изучение их совместной работы с проволочной арматурой диаметром 3 мм класса В1300. Оценку сцепления проводили на специально сконструированной установке, подвергая испытанию на вырыв арматуры из образцов-призм размером 7×7×7 см (если заделка арматуры привышает 7 см, то при вырыве происходит разрыв арматуры). Изготовленные две партии образцов были пропарены по заводскому режиму, а затем твердели в нормальных условиях до проектного возраста 28 сут. Результаты испытаний образцов приведены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показывает значительный (более чем в 2 раза) рост прочности сцепления проволочной арматуры с модифицированным бетоном по сравнению с равнопрочным обычным бетоном. Такой положительный эффект использования модифицированного бетона связан как с повышением его прочности на растяжение при раскалывании, что подтверждают результаты специального опыта, приведенные ниже, так и с улучшением податливости заделки арматуры в бетоне, роль которой хорошо описана в работах Ю.А. Мамонтова и его учеников [3]. Приведенные ими теоретические и экспериментальные исследования позволили определить возможности улучшения податливости системы арматура–бетон несколькими путями, в том числе путем использования композиционного эффекта, основанного на внедрении в жесткую матрицу бетона равномерно распределенных компонентов с высоким демпфирующим эффектом (пористого песка,

Таблица 1

Вид бетона	Расход материалов на 1 м ³						В/Ц	Жесткость смеси, с	Плотность смеси, кг/м ³	Свойства бетонов	
	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	Вода, л	Керамзитовый песок, кг	Добавка, л				Средняя плотность, кг/м ³	Средняя прочность, МПа
Контрольный	460	610	1260	170	–	–	0,36	24–27	2475	2460	57
С комплексной добавкой	460	560	1160	140	86	7,3	0,33	24–27	2375	2365	56,9

Таблица 2

Площадь поверхности заделанного стержня, см ²	Усилие вырыва, Н	Прочность сцепления и ее вариация			Относительный прирост прочности сцепления, %
		Отдельного образца, МПа	Средняя в серии, МПа	Вариация, V _c , %	
Контрольный состав					
6,6	3870	5,96	7,94	24	-
6,7	6830	10,95			
6,6	6570	9,95			
6,7	4680	7,1			
6,6	4170	6,32			
Состав с комплексной добавкой					
6,5	10270	15,8	17,62	10,8	+122
6,6	11000	16,7			
6,6	13370	20,2			
6,6	10760	16,3			
6,7	12780	19,1			

Таблица 3

Вид бетона	Прочность при сжатии, МПа	Прочность на растяжение при раскалывании		Предельная деформация при раскалывании, ε _{pp} × 10 ⁻⁵
		МПа	Вариация, V, %	
Контрольный	56,9	6,5	9,6	1,28
С комплексной добавкой	56,4	9,2	8,3	2,06

Таблица 4

Вид бетона	Кубиковая прочность R _b , МПа	Призменная прочность R _{пр} , МПа	Модуль упругости E _b , МПа	Предельная сжимаемость ε × 10 ⁻³	Изменение свойств, %	
					E ₀	ε
Контрольный (без добавки)	57	50,9	45818	1,41	-	-
С комплексной модифицированной добавкой	56,9	55	34588	1,73	-24,5	+22,7

равномерно распределенных пузырьков вовлеченного воздуха и др.).

В проведенных опытах этот метод улучшения податливости заделки арматуры в бетоне, приводящий к снижению внутренних растягивающих напряжений в зоне анкеровки арматуры, подтвердился экспериментально, и его эффективность оказалась значительной.

Существенный рост прочности на растяжение при раскалывании модифицированного бетона получен при постановке специального опыта. Испытания проводились с помощью изготовленного приспособления, позволяющего фиксировать поперечные деформации образцов диаметром 10 см и длиной 20 см по ГОСТ 10180–90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Результаты этих испытаний в обобщенном виде приведены в табл. 3.

Кроме роста предела прочности на растяжение при раскалывании модифицированного бетона следует отметить и увеличение его предельной растяжимости.

Возможности улучшения податливости арматуры в зоне ее анкеровки в конструкции косвенно подтверждают и результаты оценки упругопластических свойств модифицированного бетона, выполненные при испытаниях образцов-призм по ГОСТ 10180–90 и 24452–80 «Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона», которые в обработанном виде предоставлены в табл. 4.

При равной кубиковой прочности можно отметить рост призменной прочности и предельной сжимаемости модифицированного бетона, а также снижение его модуля упругости по сравнению с бетоном без добавок.

Полученные результаты испытаний модифицированного пропаренного бетона хорошо коррелируют

с результатами исследований В.Н. Мохова, выполненными под руководством В.В. Бабкова [4]. Ими исследована широкая номенклатура тяжелых бетонов с разнообразными пористыми добавками. Результаты таких исследований подтверждают важную роль демпфирующих добавок в бетонах, положительно влияющих на повышение выносливости модифицированных бетонов. Демпфирующая роль пористых частиц отмечается и в исследованиях других авторов. Существенный рост пластичности таких бетонов не вызывает сомнений, и этот факт может положительно сказаться на повышении эксплуатационной надежности струнбетонных шпал.

Ключевые слова: трещиностойкость, демпфирующие добавки, дорожные изделия.

Список литературы

1. Салл М., Рыбинцева Е.С., Ткаченко Г.А., Мелкозернистые бетоны с органоминеральной добавкой для дорожного строительства // Строительные материалы. 2009. № 7. С. 2–4.
2. Ткаченко Г.А., Ерофеев В.П., Ерофеев А.П. Бетоны повышенной трещиностойкости для изготовления дорожных изделий // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 57–59.
3. Мамонтов Ю.А., Сузев Н.А. Трещиностойкость предварительно напряженного железобетона. Алмата: Издательство Kitap, 2006. 110 с.
4. Бабков В.В., Мохов В.Н., Давлетишин М.Б., Парфенов А.В., Чуйкин А.Е. Модифицированные бетоны повышенной ударной выносливости // Строительные материалы. 2002. № 5. С. 48–52.

А.Б. ЛИПИЛИН, генеральный директор, М.В. ВЕКСЛЕР, технический директор, Н.В. КОРЕНЮГИНА, главный технолог, завод «ТЕХПРИБОР»;
А.М. МОРОЗОВ, канд. техн. наук, научный консультант ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ» (Тульская обл.)

Тонкий помол и кинетическая сушка растительного сырья в комбинированной мельнице-нагревателе

Одним из перспективных направлений совершенствования технологии переработки растительного сырья являются методы, основанные на физических эффектах использования внутренних и внешних источников энергии. Соответствующее аппаратное оформление открывает широкие возможности повышения экономичности переработки природных материалов, в том числе органических отходов, за счет уменьшения его энерго- и металлоемкости, а также увеличения КПД оборудования, основанное на совмещении нескольких процессов в одном.

Принцип действия комбинированной мельницы-нагревателя (рис.1) основан на том, что аппарат реализует метод дискретного многофакторного энергетического воздействия на обрабатываемое сырье, а также на использовании пульсаций давления в локальных объемах камеры помола и высоких сдвиговых усилий, возникающих при относительном движении сред и фаз. Для комбинированной мельницы-нагревателя характерны ярко выраженные трибофизические эффекты.

Комплексное воздействие, оказываемое комбинированной мельницей-нагревателем на перерабатываемые материалы, не может быть приписано отдельным физическим эффектам без учета их взаимодополняющего, а иногда и кумулятивного действия. Однако для лучшего понимания данных процессов методически допустимо их раздельное описание.

В ряду технологий переработки растительного сырья естественной влажности особый интерес представляет высокая эффективность комбинированной мельницы-нагревателя в получении сухих порошков, преобладающий размер частиц которых составляет десятки микрон. Несмотря на относительно невысокую электрическую мощность и отсутствие внешних источников тепла, комбинированная мельница-нагреватель способна удалить из влажного материала больше воды, чем можно было ожидать, рассматривая процесс сушки исключительно с позиции нагрева-испарения жидкости.

На первый взгляд такое утверждение нарушает закон сохранения энергии, однако никакого противоречия в данном случае нет: основная часть свободной влаги удаляется за счет ее центробежного отжима и «кинетического» съема влаги с поверхности частиц измельчаемого материала, что исключает затраты энергии на испарение.

Более экономичным по сравнению с нагревом и последующим испарением жидкости является ее механический отжим, который широко используется в различных областях техники. Достаточно вспомнить отжимные шнековые прессы [1] или обычную стиральную машину с центрифугой. Нечто подобное происходит и в быстроходных измельчителях ударного действия, например, молотковых дробилках. Однако в отличие от шнек-прессов или центрифуг, где отделение жидкости от твердой фазы происходит на перфорированной по-

верхности корпуса, быстроходные мельницы не имеют подобного механизма сепарации, из-за чего не выведенная из процесса влага повторно оседает на поверхности частиц, что не позволяет добиться заметного проявления эффекта «кинетического» осушения.

Для экономичной сушки растительного сырья одновременно с его тонким помолом было необходимо интенсифицировать процесс образования новых поверхностей, чтобы связанная влага из внутренних слоев оказывалась на вновь образованных поверхностях доступной для «кинетического» съема, а также обеспечить эффективное отделение воздушно-капельной дисперсии от твердой фазы без ее повторного увлажнения.

Если первое требование связано в основном с количественными и качественными показателями (сколько энергии подведено к объекту и насколько полно она использована для его разрушения), то второе относится к созданию максимальной разности температур и давлений в разных областях камеры помола.

Для нагрева воздуха в комбинированной мельнице-нагревателе используется принцип температурного раз-



Рис. 1. Мельница-нагреватель для переработки растительного сырья

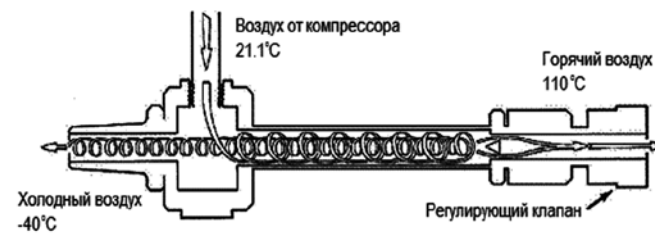


Рис. 2. Схема вихревой трубки Ранка

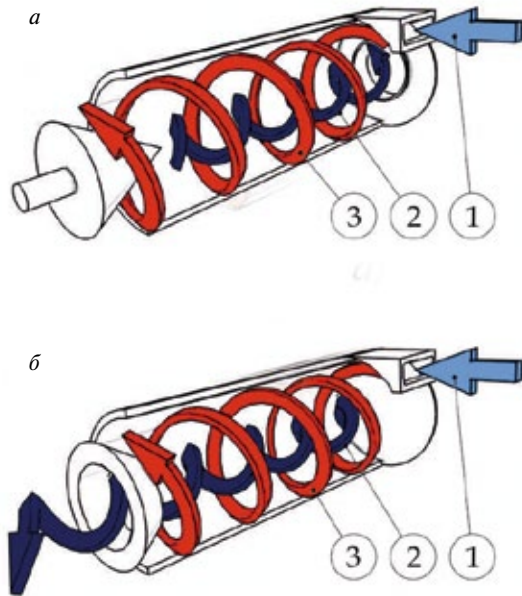


Рис. 3. Схема вихревого холодильно-нагревательного аппарата: а – противоточного типа; б – прямоточного типа; 1 – воздух от компрессора; 2 – холодный воздух; 3 – горячий воздух

деления потоков, аналогичный эффекту Ранка, который заключается в том, что в вихревой трубе достаточной простой геометрической формы (рис. 2) происходит разделение потока воздуха на два: один имеет температуру выше температуры исходного воздуха, а второй – ниже.

Хотя эффект температурного разделения газов был обнаружен французским инженером Жозефом Ранком еще в 1931 г., однозначного научного объяснения данному объективному явлению не существует и в настоящее время. По мнению ведущих специалистов по аэродинамике вихревых течений, эффект Ранка является «неожиданным явлением», природа которого «до сих пор недостаточно изучена» [2]. Несмотря на это, вихревые холодильно-нагревательные аппараты как противоточного, так и прямоточного типов (рис. 3) широко используются в различных отраслях промышленности, в том числе для фазового разделения газожидкостных смесей в химико-технологических процессах, подогрева пара в паротурбинных энергоустановках, энергетической сепарации доменных газов и др. [3]. Именно конструкция вихревых трубок-энергоразделителей дает наиболее полное представление о реализованной в комбинированной мельнице-нагревателе модели осушения растительного сырья.

В энергетическом сепараторе, схема которого приведена на рис. 4, горячий доменный газ через улитку соплового входа 1 подается в вихревую трубу 2, где приобретает интенсивное круговое движение и разделяется на два потока: внутренний, более холодный 3, не участвующий в дальнейшем процессе (может быть утилизирован); внешний 4, температура которого выше, чем у входящего газа, через дроссельный клапан 5 направляемый в воздухонагреватель доменного дутья. Экономический эффект выражается в снижении расхода топлива за счет использования тепла перегретого газа.

Аналогичная схема температурного разделения применена и в комбинированной мельнице-нагревателе с той разницей, что для генерации вихрей использован вращающийся ротор-импеллер, а горячий воздух внешнего вихря после выхода из кольцевого зазора дросселя повторно поступает на вход камеры помола. Таким образом, комбинированную мельницу-нагреватель можно

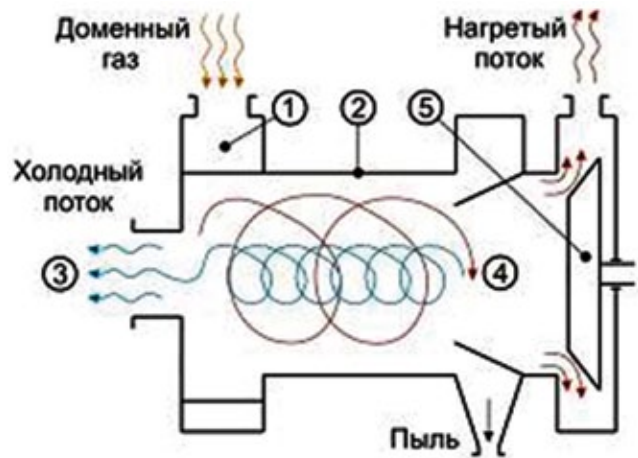


Рис. 4. Схема энергетического сепаратора: 1 – улитка соплового входа; 2 – вихревая трубка; 3 – внутренний холодный поток; 4 – внешний нагретый поток; 5 – дроссельный клапан

рассматривать как частный случай прямоточной вихревой трубы с замкнутым горячим контуром и открытым холодным (рис. 5).

Несмотря на внешнюю простоту устройства, комбинированная мельница-нагреватель имеет высокую термодинамическую эффективность, что объясняется рециркуляцией горячего воздуха внешнего вихря через загрузочный патрубко-теплообменник, в котором входящий воздух интенсивно перемешивается с нагретым.

В отдельных случаях при измельчении сухих материалов в условиях высокой температуры окружающей среды комбинированная мельница-нагреватель, работающая в режиме рециркуляции горячего воздуха, вырабатывает такое количество излишнего тепла, что это может привести даже к тлению материала в камере помола. Для борьбы с чрезмерным нагревом аппарат оснащается водяной рубашкой охлаждения и устройством регулирования границы терморазделения путем изменения радиального зазора в дроссельном клапане (рис. 6).

Если механизмы «кинетического» удаления свободной влаги с поверхности частиц растительных материалов и испарения внутренней капиллярной влаги в комбинированной мельнице-нагревателе достаточно хорошо понятны, то эффект, обнаруженный в ходе отработки данной конструкции мельницы, представляется более сложным многофакторным процессом, оптимизация которого происходила в ходе испытаний аппарата. Насколько известно авторам данной работы, в настоящее время не существует общепринятой теории, способной обосновать аномально низкий расход энергии, затрачиваемой комбинированной мельницей-нагревателем на измельчение и сушку растительного сырья.

Согласно данным, приведенным в монографии д-ра физ.-мат. наук профессора Г.С. Ходакова «Тонкое измельчение строительных материалов» [4], расход энергии на получение древесной муки с размерами частиц ≤ 100 мкм у вибрационных мельниц составляет 1000–1200 кВт·ч на 1 т. При этом одним из обязательных условий применения вибромельниц является предварительное дробление сырья, а также его сушка до влажности $\leq 4\%$, что еще больше увеличивает энергозатраты на получение порошков. Эксперименты с воздушоструйными мельницами также не увенчались успехом из-за плохой по сравнению с минеральными веществами (кварц, известняк) измельчаемости древесины. Эти агрегаты оказались не приспособлены для производства тонких марок древесной муки.

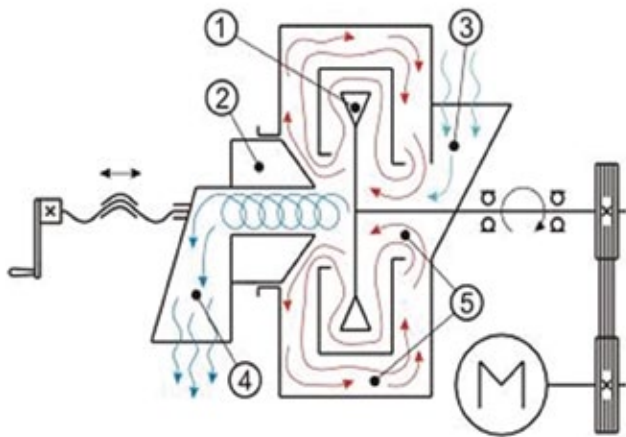


Рис. 5. Принципиальная схема комбинированной мельницы-нагревателя: 1 – ротор-импеллер; 2 – дроссельный клапан и механизм его осевого перемещения; 3 – наружный воздух; 4 – холодный поток; 5 – горячий поток

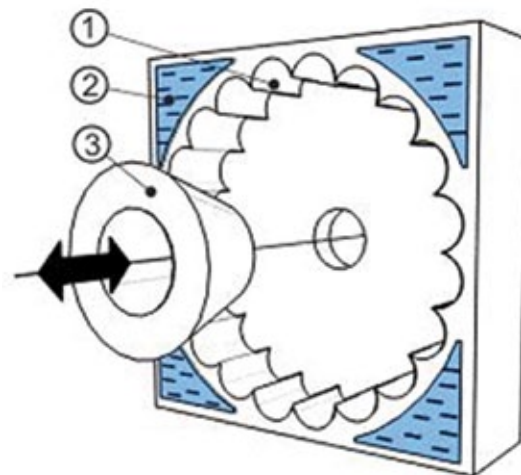


Рис. 6. Схема охлаждения комбинированной мельницы нагревателя: 1 – профилированная камера помола с 20 пульсационными камерами; 2 – рубашка охлаждения; 3 – дроссельный клапан

Комбинированная мельница-нагреватель на получение 1 т древесной муки указанных марок из неподготовленного влажного сырья затрачивает в среднем 300 кВт·ч электроэнергии, что в 3,3–4 раза меньше энергозатрат традиционно используемых для этих целей мельниц.

Очевидно, что для получения таких впечатляющих результатов модель разрушения частиц растительного сырья в комбинированной мельнице-нагревателе должна серьезно отличаться от моделей, реализуемых в измельчителях других типов (молотковых дробилках, ножевых размалывающих машинах, вибрационных и воздушоструйных мельницах и др.). К сожалению, на сегодняшний день ни одна из классических теорий измельчения не позволяет установить четкую количественную связь между затратами энергии и размерами начальных и конечных частиц измельчаемого материала, особенно если эти размеры находятся в диапазоне десятков микрон. Теории измельчения Реттингера, Кирпичева-Кикка, Стендлера подходят для расчета грубого помола хрупких материалов, однако они в недостаточной степени учитывают потери энергии на трение частиц о рабочие поверхности мельниц и упругую деформацию исходного материала, не приводящих к его разрушению. При этом разница между расчетным и фактическим энергозатратам мельниц тонкого помола может превышать 500% [5].

Необычно высокая степень помола ($DS > 200$) растительного сырья в комбинированной мельнице-нагревателе тем более труднообъяснима с позиции механического измельчения, если учесть, что конструктивно аппарат не имеет рабочих органов, предназначенных непосредственно для прямого воздействия на частицы измельчаемого материала.

Для того чтобы обосновать полученный эффект, авторы были вынуждены обратиться к относительно молодому разделу науки – механохимии, изучающей изменение свойств веществ в результате интенсивного механического воздействия при их деформировании.

По мнению В.В. Болдырева [6], а также ряда других исследователей [7], существуют два основных физических процесса, которые возбуждают механохимические реакции в твердых телах: деформация кристаллов (для растительного сырья, очевидно, волокон) и их излом. В ходе этих процессов выделяется тепло, возникают сдвиговые напряжения, обычно сопровождающиеся локальным подъемом температуры и давлением, разрывом хи-

мических связей на вновь образованных поверхностях, и формирование вследствие этого центров с повышенной активностью. Аналогичные выводы были сделаны Е.Г. Аввакумовым и для высокомолекулярных органических соединений на основе данных о механодеструкции целлюлозы при ее помоле [7]. Результаты исследований по механохимии полимеров и высокомолекулярных соединений обобщены в обзорных работах А.А. Берлина [8], Н.К. Барамбойма [9].

Большинство исследователей механохимии твердых тел в качестве первоочередной задачи признают определение запаса избыточной энергии и установление вида, концентрации и характера распределения дефектов. При этом наибольшее количество дефектов структуры материала может быть получено в измельчительных аппаратах, обеспечивающих импульсное воздействие на частицы, что является в ряде случаев объяснением кинетического характера протекания механохимических реакций [10].

На основании вышеизложенного, а также обширного экспериментального материала, полученного в ходе разработки и отладки аппарата, можно сделать предположение о физике процесса измельчения растительного сырья в комбинированной мельнице-нагревателе. Большая часть введенной в объем камеры помола энергии, вероятно, не расходуется на немедленное образование новых поверхностей, а накапливается в частицах в виде структурных дефектов. Таким образом, характер измельчения имеет ярко выраженную цикличность: сначала происходит накопление дефектов «отложенного измельчения», а по достижении критических значений – взрывное разрушение частиц.

Подобное предположение не противоречит существующей теории измельчения. Л.Б. Левенсон, основываясь на теории Кирпичева – Кикка, предложил следующий упрощенный путь определения энергии, затрачиваемой на измельчение материала

$$A = \frac{\sigma^2 \nu}{2E} = \frac{\sigma^2 G}{2Er}$$

где σ – механическое напряжение; ν – объем измельчаемого материала; E – модуль Юнга; G – модуль сдвига; r – плотность материала.

Если вместо напряжения в выражении работы упругой деформации подставить разрушающее напряжение (предел прочности материала), может быть получена работа, затраченная на разрушение всего деформируемого



Рис. 7. Электронно-микроскопическое изображение древесной муки, полученной на комбинированной мельнице-нагревателе с 20 пульсационными камерами (увеличение 1000х, размерная шкала 130 мкм)

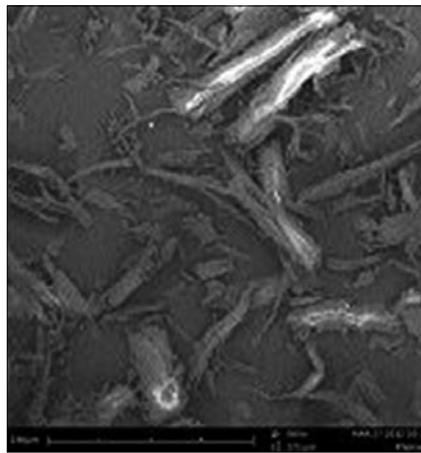


Рис. 8. Электронно-микроскопическое изображение древесной муки, полученной на комбинированной мельнице-нагревателе с 50 пульсационными камерами статора (увеличение 980х, размерная шкала 130 мкм)

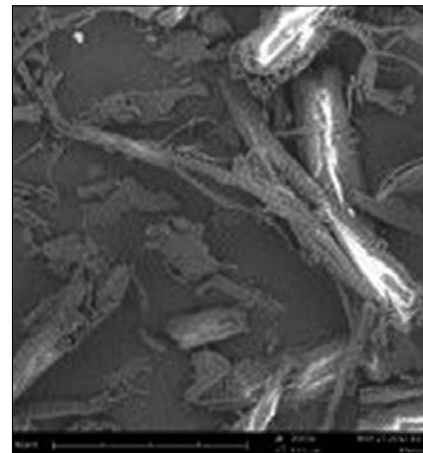


Рис. 9. Электронно-микроскопическое изображение древесной муки, полученной на комбинированной мельнице-нагревателе с 50 пульсационными камерами статора (увеличение 2000х, размерная шкала 60 мкм)

материала до продукта с частицами минимальных размеров. При этом степень измельчения теоретически достигает бесконечности.

Обоснованная Л.Б. Левенсоном возможность «взрывного» разрушения всего объема измельчаемого материала подтверждается результатами экспериментов по тонкому помолу опилок хвойных пород древесины в комбинированной мельнице-нагревателе.

При исследовании микрофотографий, сделанных на сканирующем электронном микроскопе Phenom G2, образцов древесной муки, полученной при разных режимах работы экспериментального аппарата, конструкция которого предусматривала возможность установки статоров с разным количеством пульсационных камер, были отмечены существенные отличия формы и структуры поверхности частиц (данная работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного контракта № 16.522.12.2010, заключенного между Министерством образования и науки РФ и ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ» по мероприятию 2.2 федеральной целевой программы: «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2013 годы»).

Древесная мука, полученная на средних режимах работы аппарата с 20 пульсационными камерами статора, имеет достаточно равномерный гранулометрический состав, представлена частицами чешуйчатой формы без явных следов отделения волокон (рис. 7).

Частицы древесной муки, полученной в аппарате с 50 пульсационными камерами статора, выглядят совершенно иначе. Помимо большого количества мелких фрагментов наблюдается отделение волокон, а сами частицы выглядят более рыхлыми (рис. 8, 9).

Полученные порошки существенно отличались и по внешнему виду. В первом случае продукт помола представлял собой хорошо сыпучую массу цвета исходной древесины (рис. 10), во втором – это была рыхлая, «ватная» масса серо-бурого цвета (рис. 11). Возможность загрязнения образцов другими материалами полностью исключалась: после обратной установки статора с 20 пульсационными камерами из разгрузочного окна комбинированной мельницы-нагревателя снова выходила древесная мука светлых тонов. Температурный режим аппарата также был постоянным в обоих случаях, что исключает вероятность изменения цвета в результате обугливания образцов.

Наиболее вероятной причиной изменения цвета, формы и структуры поверхности частиц древесины является локальное повышение давления, вызванное быстрым вскипанием внутренней влаги материала или «парового взрыва». Пусковым механизмом данного процесса могут являться скачки давления, которые приводят к срыву пленки пара, что резко интенсифицирует теплообмен, вызывая «микровзрывы» частиц органики. В ходе последующих экспериментов было установлено критическое число оборотов ротора-импеллера, количество и объем пульсационных камер статора, при которых достигался устойчивый эффект, по своему действию напоминающий «паровой взрыв».

В целом гипотеза об изменении цвета образцов вследствие локального «парового взрыва» дополняет высказанные ранее предположения о причинах аномально высокой размольной мощности комбинированной мельницы-нагревателя. Частичный разрыв (на критических режимах) или существенное ослабление (на рабочих режимах) связей между основными элементами растительного сырья – целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина значительно облегчает их дальнейшее измельчение, что и объясняет необычно высокую энергоэффективность комбинированной мельницы-нагревателя при получении сухих тонкодисперсных порошков органики.

Представленный материал является результатом работы специалистов завода «ТЕХПРИБОР» (г. Щекино, Тульской области), которые на протяжении последних пяти лет занимались созданием и отладкой принципиально нового аппарата комплексной переработки растительного сырья. За это время было изготовлено большое количество единиц экспериментального оборудования, позволяющего моделировать процессы и эффекты: «кинетического» осушения, вихревого нагрева воздуха, энергетического разделения, дискретно-непрерывного измельчения, «парового взрыва», а также их взаимодополняющего и кумулятивного действия. На конструкцию аппарата и его основные элементы получены патенты РФ на изобретение и полезные модели: № 2411082, № 80773, № 110661, № 109420.

Практическим результатом опытно-конструкторских работ стало создание промышленного аппарата и автоматизированного перерабатывающего комплекса на его основе, получивших названия комбинированная мельница-нагреватель «С.А.М.П.О.-2012» и компактная сушилка-измельчения растительного сырья «МИКРОКСИЛЕМА-ДМ».



Рис. 10. Древесная мука, полученная в аппарате с 20 пульсационными камерами статора



Рис. 11. Древесная мука, полученная в аппарате с 50 пульсационными камерами статора

В итоге комбинированная мельница-нагреватель «С.А.М.П.О.-2012» представляет собой сейчас относительно простую механическую конструкцию, своего рода симбиоз роторной мельницы-дезинтегратора и механической сирены, для изготовления которой в условиях современного механосборочного производства не требуется сложных технологий и специализированного оборудования. При этом аппарат надежен в эксплуатации и прост в обслуживании, а ресурс его основных изнашивающихся частей вполне сопоставим со сроками службы сменных пластин роторов молотковых мельниц, традиционно используемых для тонкого помола растительного сырья.

Список литературы

1. Геррман Х. Шнековые машины в технологии. Л.: Химия, 1975. 232 с.
2. Гольдштик М.А., Штерн В.Н., Яворский Н.И. Вязкие течения с парадоксальными свойствами. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. 336 с.
3. Сулов А.Д., Иванов С.В., Мурашкин А.В., Чижиков Ю.В. Вихревые аппараты, М.: Машиностроение, 1985, 256 с.
4. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. М.: Стройиздат, 1972. 240 с.
5. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1977. 368 с.
6. Болдырев В.В. О некоторых проблемах механохимии неорганических веществ. Изв. СО АН СССР. Серия хим. наук. Вып. 3. 1982, № 7. С. 3–8.
7. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов., 2-е изд., перераб. и доп., Новосибирск: Наука, 1986. 306 с.
8. Берлин А.А. Механохимические превращения и синтез полимеров. Успехи химии, 1958. Т. 27, 112 с.
9. Барамбойм Н. К. Механохимия высокомолекулярных соединений. М.: Химия, 1978. 384 с.
10. Ильген З. и др. Поглощение энергии твердыми телами при измельчении в калориметрической мельнице. Тезисы докладов VIII Всесоюзного симпозиума, Таллин, 1981. С. 155–15.

Автоматизированные линии сушки-измельчения для производства ДРЕВЕСНОЙ МУКИ ГОСТ 16361-87

- демонстрация работы
- пробные помолы
- обучение

1 300 000 рублей в базовой комплектации

Иновационная разработка - микронный помол и сушка без топлива!

www.tpribor.ru



ЗАВОД «ТЕХПРИБОР»
г. ЩЕКИНО, ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ



Реклама

ЗАВОД «ТЕХПРИБОР», РФ, Тульская обл., г. Щекино, ул. Пирогова д. 43; тел/факс: 8 (48751) 4-08-69; 4-87-27; e-mail: manager@tpribor.ru

Оборудование сертифицировано 

VI Международная научно-практическая конференция **Развитие производства силикатного кирпича в России**

СИЛИКАТЭКС

10–11 октября
2012 г.

Краснодар



Тематика конференции:

- Технологии и оборудование для производства силикатного кирпича
- Сырьевые материалы, подготовка, оптимизация составов
- Зарубежный опыт производства и применения
- Новые виды силикатных материалов, использование в строительстве
- Диверсификация заводов
- Нормативная база отрасли



Участники конференции посетят ОАО «Силикат» в г. Гулькевичи Краснодарского края

Организатор конференции: журнал «Строительные материалы»®:

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Генеральный спонсор конференции:



Спонсор конференции:



Оргкомитет:

Руководитель проекта – Юмашев Алексей Борисович Менеджер проекта – Горегляд Светлана Юрьевна

Телефон/факс: (499) 976-22-08, 976-20-36, (916) 123-98-29

silikatex@bk.ru mail@rifsm.ru www.silikatex.ru www.rifsm.ru

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3,
редакция журнала «Строительные материалы»®

И.В. РЕЗВАН, инженер (rezvan.pes@gmail.com),
Ростовский государственный строительный университет (Ростов-на-Дону)

Самоуплотняющийся высокопрочный напрягающий бетон для трубобетонных колонн

Трубобетонные несущие конструкции известны в строительной практике около 90 лет и в настоящее время достаточно широко применяются в качестве колонн в зданиях повышенной этажности. Основным преимуществом центрально-сжатых трубобетонных колонн перед железобетонными аналогами является прирост в несущей способности до 35% вследствие упрочнения бетонного ядра, обжатого оболочкой. Но из-за разницы в коэффициентах Пуассона стали и бетона (на начальных стадиях нагружения коэффициент Пуассона бетона $\nu=0,2$ меньше коэффициента Пуассона стали $\nu=0,3$) и усадки бетона даже в условиях замкнутого пространства трубы возможна ситуация, при которой еще до момента развития интенсивного трещинообразования в бетонном ядре оно работает независимо от стальной оболочки. При этом, во-первых, отсутствует эффект бокового обжатия, а соответственно упрочнения бетонного ядра; во-вторых, невозможно полностью использовать ресурс обжатия стальной оболочки в связи с наличием в ней продольных напряжений. Зачастую лишь до 30% запаса прочности стальной оболочки используется для создания усилий обжатия в бетонном ядре. К тому же существует возможность локальной потери устойчивости стальной оболочкой в случае малой относительно диаметра толщины стенки вблизи перехода в пластическую стадию и возникновения усилий обжатия – в таком случае несущая способность трубобетонного элемента резко снижается. Подобное явление отслоения или слабого контакта между ядром и оболочкой до начала интенсивного трещинообразования в бетоне и перехода стали в пластическую стадию известно как дилатационный эффект (рис. 1).

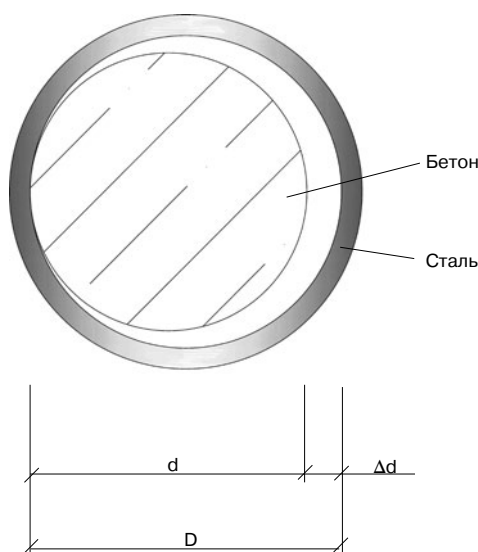


Рис. 1. Дилатационный эффект в трубобетоне

Способы борьбы с дилатационным эффектом в трубобетоне предусматривают конструктивные мероприятия с оболочкой, направленные на полное или частичное исключение передачи усилий в продольном направлении либо на создание предварительного распора в ядре механическим или химическим способом (применением напрягающих бетонов). Как наименее трудозатратный химический способ представляет определенный интерес. Учитывая специфику бетонирования трубобетонных колонн и условия работы бетона, можно констатировать целесообразность применения высокопрочного самоуплотняющегося бетона с высоким уровнем самонапряжения, получение которого требует высокоэнергоэффективного напрягающего цемента (НЦ), негативное влияние на свойства которого современных поликарбоксилатных гиперпластификаторов будет минимальным.

Для создания соответствующего НЦ и самоуплотняющихся напрягающих бетонов использовались следующие материалы:

- а) в качестве портландцементной составляющей – бездобавочный портландцемент завода «Пролетарий», удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10178–85. Химический и минералогический состав портландцемента представлен в табл. 1 и 2 соответственно.
- б) в качестве сульфатных компонентов расширяющей добавки (РД) применялись молотый гипсовый камень, а также промышленный семиводный сульфат магния;
- в) в качестве алюминатного компонента использовался глиноземистый цемент Isidac-40 производства компании CimSA, Турция. Химический состав глиноземистого цемента приведен в табл. 3;

Таблица 1

Вид цемента	Содержание оксидов, %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂
ПЦ 500 Д0 завода «Пролетарий»	21,03	4,37	4,16	64,81	0,78	2,8	0,35

Таблица 2

Вид цемента	Содержание минералов, %			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
ПЦ 500 Д0 завода «Пролетарий»	70,74	8,66	4,65	13,01

Таблица 3

Вид цемента	Содержание оксидов, %*						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂
Isidac-40, CimSA, Турция	2,2	40,7	17	38,2	0,8	0,02	2,1

* – приведены средние величины содержания оксидов.

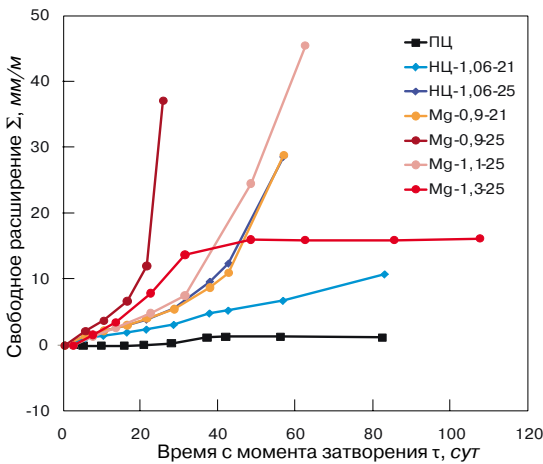


Рис. 2. Кинетика свободного расширения напрягающего цемента в водных условиях. ПЦ – эталонные образцы из портландцемента; НЦ – образцы из напрягающего цемента В.В. Михайлова (в состав расширяющей добавки входит глиноземистый цемент и молотый гипсовый камень, а так же 2% извести-пушонки); Mg – состав с сульфатом магния в составе РД; 1,06–1,3 – массовое соотношение алюминатного и сульфатного компонентов в составе РД; 21–25 – массовая доля РД в составе напрягающего цемента, %

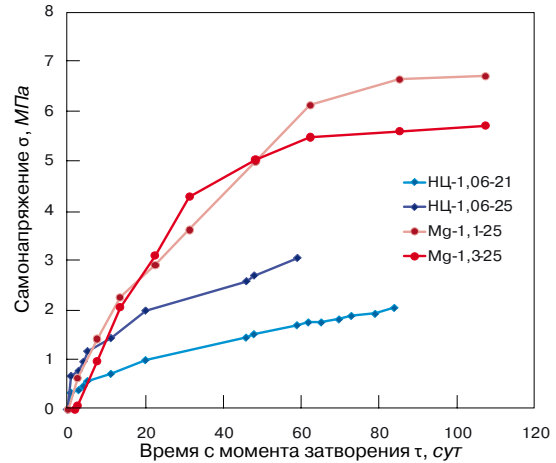


Рис. 3. Кинетика самонапряжения напрягающего цемента в водных условиях. σ – самонапряжение при относительном ограничении развития деформаций расширения; НЦ – образцы из напрягающего цемента В.В. Михайлова; Mg – состав с сульфатом магния в составе РД; 1,06–1,3 – массовое соотношение алюминатного и сульфатного компонентов в составе РД; 21–25 – массовая доля РД в составе напрягающего цемента в процентах от массы напрягающего цемента

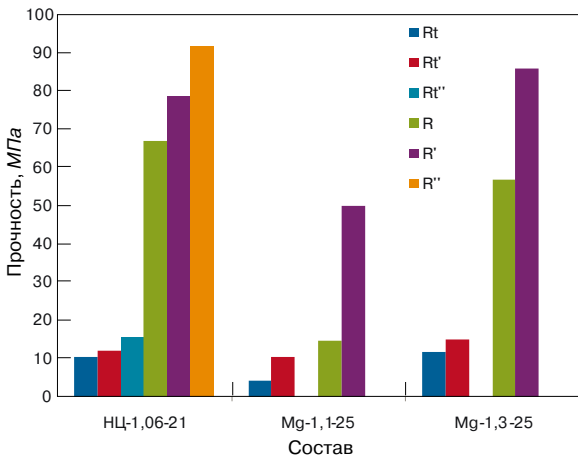


Рис. 4. Влияние процессов расширения и самонапряжения на прочность НЦ. Rt – прочность на растяжение при изгибе в условиях свободного расширения; Rt' – прочность на растяжение при изгибе в условиях одноосного ограничения расширения; Rt'' – прочность на растяжение при изгибе в условиях двухосного ограничения расширения; R – прочность на сжатие при свободном расширении; R' – прочность на сжатие при расширении в условиях одноосного ограничения; R'' – прочность на сжатие при расширении в условиях двухосного ограничения. Прочность образцов-балочек 160×40×40 мм измерена в возрасте 110 сут. Прочность эталонных образцов из портландцемента составила на сжатие 80 МПа, на растяжение 14 МПа. Образцы серий НЦ-1,06-25, Mg-0,9-21, Mg-0,9-25 разрушились до достижения возраста 70 сут.

г) в некоторые композиции вводилась известь-пушонка в количестве до 2%;

д) суперпластификаторы: СП1ВП производства ООО «Полипласт», а также Melflux 5581, Glenium-30 и Glenium-51 производства Германии.

Свойства вяжущего изучались на образцах из цементно-песчаной смеси 1:1. В качестве заполнителя использовался песок для строительных работ с модулем крупности $MK=2,5$ и насыпной плотностью 1350 кг/м^3 , соответствующий ГОСТ 8736–93.

При подборе состава НЦ для обеспечения требуемых значений самонапряжения и прочности [1–3] наряду с классическим составом расширяющей добавки В.В. Михайлова в качестве сульфатного компонента использовался семиводный технический сульфат магния. Применение сульфата магния вызвано необходимостью оптимизации кинетики расширения и самонапряжения

высокоэнергоэффективного НЦ в сторону ускорения этих процессов для достижения как минимум 80% проектных величин к возрасту 21 сут. Как известно, в коллоидных системах скорость химической реакции сильно зависит от размера зерен реагирующего вещества, т. е. скорость развития процессов расширения и самонапряжения тоже будет являться функцией размера зерна реагирующих компонентов.

При внесении сульфата магния с водой затворения будет иметь место следующая химическая реакция:



При этом сульфатный компонент, участвующий в образовании этtringита при взаимодействии с продуктами, быстро гидратирующихся алюминатов кальция, максимально равномерно распределяется в цементном геле, не образуя крупных зерен. Кинетика расширения и самонапряжения некоторых составов приведена на рис. 2 и 3 соответственно.

Очевиден критерий выбора оптимального соотношения алюминатного и сульфатного компонентов при подборе состава НЦ – изменение кривизны зависимости деформаций от времени с восходящей на затухающую (состав Mg–1,3–25). В этом случае процессы расширения не вызывают серьезных повреждений структуры цементного камня, соответственно оказывают минимальное негативное воздействие на его прочность, тогда как составы с восходящим характером кривой либо с течением времени разрушаются, либо теряют значительную долю прочности (рис. 4, 5).

Преимущество состава на сульфате магния заключается также в том, что составы с равным содержанием по массе сульфатного компонента дают большую величину свободного расширения (НЦ-1,06–21 и Mg-0,9–21). При оптимальной пропорции между сульфатным и алюминатным компонентом получаемые величины расширения и самонапряжения в проектом и двухмесячном возрасте выше, чем у классического НЦ с той же массовой долей РД (рис. 3).

Из рис. 4 на примере состава Mg-1,1-25 видно негативное воздействие нестабилизированных процессов расширения на прочность НЦ (см. также рис. 5). Однако на примере того же состава четко видно компенсирующее положительное воздействие ограничения развития деформаций. Очевидно, что в условиях трехосного ограничения расширения деформаций в трубобетонном элементе возможно применение высокоэнергоэффек-

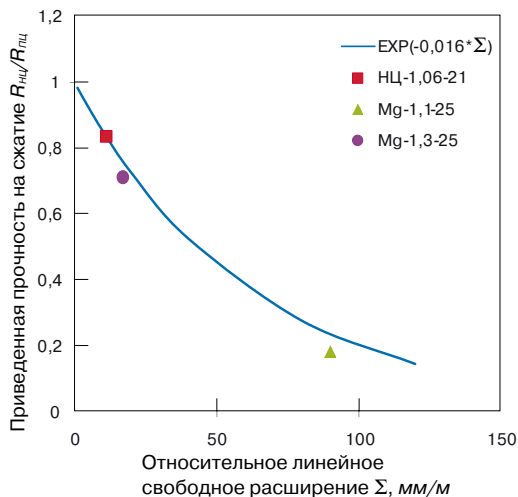


Рис. 5. Влияние величины свободного расширения на предел прочности на сжатие: $R_{HЦ}$ – прочность образцов, содержащих расширяющую добавку; $R_{ПЦ}$ – прочность образцов, не содержащих расширяющую добавку

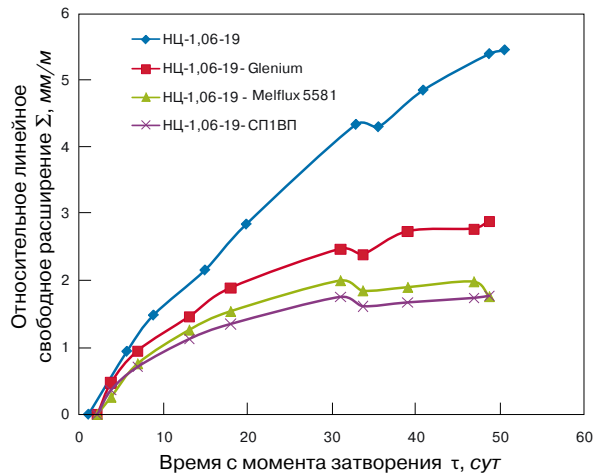


Рис. 6. Влияние суперпластификатора на величину линейного свободного расширения HЦ на примере HЦ-1,06-19

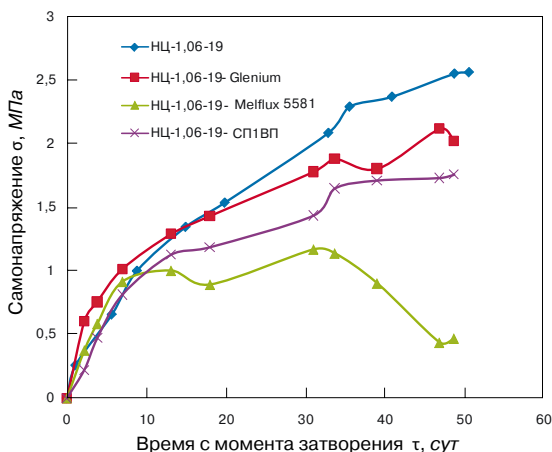


Рис. 7. Влияние суперпластификатора на величину самонапряжения напрягающего цемента на примере HЦ-1,06-19

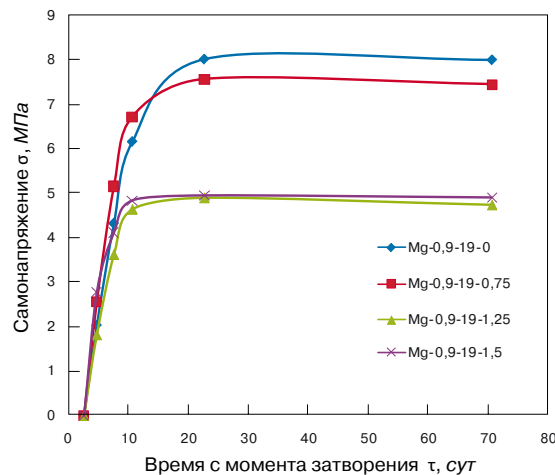


Рис. 8. Влияние концентрации суперпластификатора на величину линейного свободного расширения HЦ на примере Mg-0,9-21; 0–1,5 – концентрация суперпластификатора, % от массы цемента

тивных составов, твердение которых при свободном расширении приводит к значительному снижению прочности (рис. 5) и даже к разрушению образцов. Независимо от вида сульфатного компонента сохраняется общая закономерность [4] снижения прочности при твердении без ограничения деформаций с увеличением деформации расширения.

Необходимо отметить, что указанные параметры свободного расширения и самонапряжения получены с применением суперпластификаторов серии Glenium. Выбор суперпластификатора основан на оценке совместности по результатам анализа данных серии экспериментов по оценке влияния вида пластификатора на текучесть смесей в сочетании с минимальным снижением параметров расширения и самонапряжения бетона (рис. 6–8). В связи с высокой концентрацией сульфат-ионов в цементном геле магнезиального напрягающего цемента для достижения заметного пластифицирующего эффекта в некоторых составах потребовалось повышение концентрации суперпластификаторов серии Glenium, при этом обеспечить такой же эффект с другими добавками не удалось.

Таким образом, высокодисперсное распределение сульфатного компонента при внесении исходных материалов в растворимом виде способствует ускорению

химической реакции образования этtringита, что благоприятно влияет на формирование структуры и свойств цементного камня и бетона.

Ключевые слова: *трубобетон, дилатационный эффект, высокоэнергетически эффективный напрягающий цемент, суперпластификаторы.*

Список литературы

1. Красильников К.Г., Никитина Л.В., Скоблинская Н.Н. Физикохимия собственных деформаций цементного камня. М.: Стройиздат, 1980. 255 с.
2. Кузнецова Т.В. Алюминатные и сульфоалюминатные цементы. М.: Стройиздат, 1986. 208 с.
3. Михайлов В.В., Литвер С.Л. Расширяющиеся и напрягающие цементы и самонапряженные железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1974. 312 с.
4. Чмель Г.В., Налимова А.В. О расчете состава сульфоалюминатных расширяющихся цементов для бетонов с нормируемыми деформациями расширения // Материалы IV международной конференции «Бетон и железобетон в третьем тысячелетии». Ростов-на-Дону: РГСУ, 2006.

Влияние новой комплексной добавки на основные свойства цементных композиций

Повышение эффективности и качества бетона и железобетона является весьма актуальной задачей, которая не может быть успешно решена без использования в технологии бетона химических добавок, среди которых в настоящее время на первое место выходят комплексные добавки, обладающие специфическим воздействием на структуру и свойства бетонов [1].

В последнее время широкое распространение находят комплексные добавки на основе эфиров поликарбоксилатов. Применение данных комплексных добавок, основным компонентом которых являются высокоэффективные гиперпластификаторы на поликарбоксилатной основе, позволяет получить высокопрочные и высококачественные бетоны с низким водоцементным отношением и величиной капиллярной пористости. Однако недостаточно исследованными являются вопросы, связанные с изучением влияния комплексных добавок на основе поликарбоксилатов на особенности структурообразования, процессы гидратации цементных систем и на долговечность цементных бетонов. В связи с этим получение комплексных добавок на основе эфиров поликарбоксилатов и исследование особенностей их влияния на структурообразование цементных композиций является актуальным и перспек-

тивным направлением разработки эффективных технологий модифицированных бетонов, характеризующихся высокими эксплуатационными свойствами и долговечностью.

Путем проведения многочисленных лабораторных испытаний, сравнением технико-экономических показателей модифицирующих импортных и отечественных добавок [2, 3] получена комплексная добавка на основе гиперпластификатора Одолит-К (ООО «Сервис-Групп»), сульфата натрия (СН) и гидрофобизатора ФЭС-50 (ОАО «ХимПром»). Проведена оптимизация состава комплексной добавки математическим планированием эксперимента. Концентрация компонентов в составе комплексной добавки составила: Одолит-К – 38%; СН – 58%; ФЭС-50 – 4% [4].

Изучено влияние комплексной добавки и ее компонентов на изменение нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста на портландцементях Ульяновского (под чертой) и Вольского (над чертой) заводов ПЦ400 Д20 (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что наибольшее снижение водопотребности цементного теста наблюдается при введении комплексной добавки (на 31,5%) на портландцементе Вольского завода, отличающегося наименьшим содержанием трехкальциевого алюмината. При этом пластифицирующий эффект комплексной добавки выше, чем добавки Одолит-К, что обусловлено дополнительной пластификацией цементного теста гидрофобизатором.

Сроки схватывания цементного теста с комплексной добавкой незначительно отличаются от контрольного состава. Так, начало схватывания цементного теста наступает на 28–33 мин позднее состава без добавок, а конец схватывания – на 10–44 мин.

На рис. 1 приведены результаты определения pH жидкой фазы цементного теста в присутствии комплексной добавки и ее компонентов, из которых следует, что все исследуемые добавки, введенные в цементное тесто в оптимальных количествах, повышают pH жидкой фазы особенно интенсивно в течение первых 10 мин с момента затворения. Самые высокие значения pH во все сроки испытания наблюдаются в составе с ускорителем твердения. С увеличением продолжитель-

Таблица 1

Вид добавок	Содержание добавок, %	Нормальная густота ЦТ, %	Сроки схватывания, мин	
			начало	конец
Без добавок	–	0,27 0,28	173	342
			158	352
Одолит-К	1	0,19 0,215	266	438
			243	402
СН	1,5	0,26 0,27	87	155
			76	140
ФЭС-50	0,1	0,27 0,28	194	486
			166	431
Комплексная добавка	2,6	0,185 0,21	206	386
			186	362

Таблица 2

Содержание добавок, %			Средняя плотность раствора, кг/м ³	В/Ц	Прочность цементно-песчаного раствора (МПа) в возрасте, сут			
Одолит-К	СН	ФЭС-50			7		28	
					при изгибе	при сжатии	при изгибе	при сжатии
–	–	–	2330	0,42	4,05	23,56	4,96	29,54
			2330	0,425	3,98	23,26	4,98	28,94
1	–	–	2370	0,318	6,54	51,8	7,05	54,2
			2370	0,32	6,48	51,3	6,93	54,1
–	1,5	–	2336	0,42	4,56	25,87	5,06	31,76
			2338	0,425	4,28	24,32	5,01	30,24
–	–	0,1	2325	0,42	3,84	21,43	5,02	30,68
			2328	0,425	3,62	21,14	5,06	30,07
1	1,5	0,1	2376	0,3	6,86	54,6	7,46	56,8
			2374	0,315	6,69	53,1	7,21	52,4

Примечание. Над чертой приведены показатели раствора на портландцементе Вольского завода; под чертой – на портландцементе Ульяновского завода.

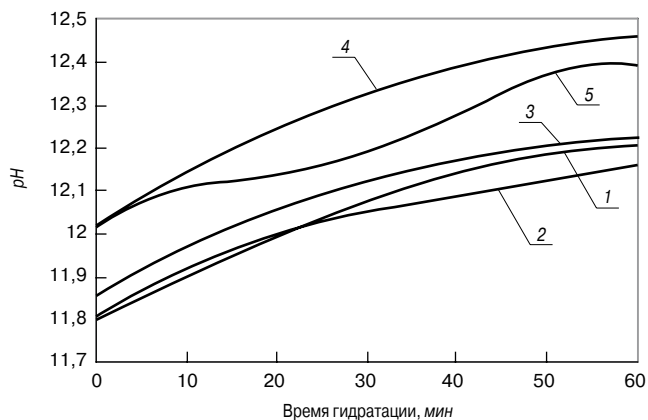


Рис. 1. Влияние комплексной добавки и ее компонентов на изменение pH жидкой фазы цементного теста: 1 – без добавок; 2 – 1% Одолит-К; 3 – 0,1% ФЭС; 4 – 1,5% СН; 5 – 2,6% комплексная добавка

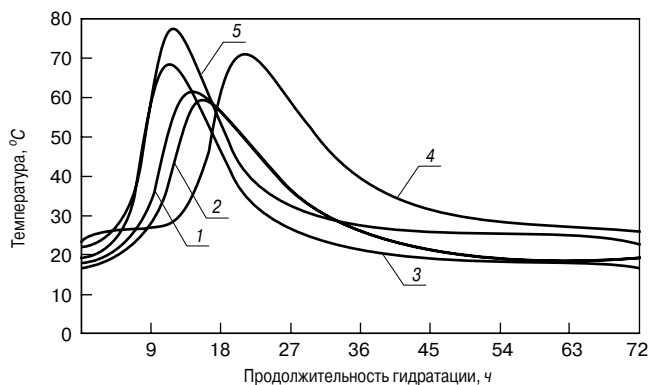


Рис. 2. Тепловыделение при гидратации вольского портландцемента: 1 – без добавки; 2 – Одолит-К; 3 – СН; 4 – ФЭС-50; 5 – комплексная добавка

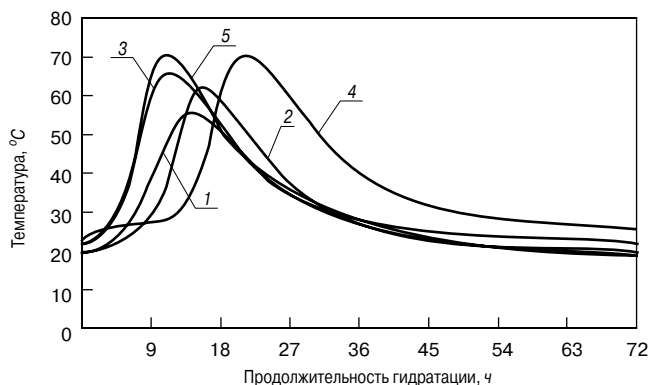


Рис. 3. Тепловыделение при гидратации ульяновского портландцемента: 1 – без добавки; 2 – Одолит-К; 3 – СН; 4 – ФЭС-50; 5 – комплексная добавка

ности гидратации цементного теста pH жидкой фазы с комплексной добавкой повышается до значений 12,3–12,4 и остается более высокой, чем в тесте без добавок.

Кинетика гидратации цемента в присутствии добавок изучалась методом термосной калориметрии с использованием измерительного комплекса «ТЕРМОХРОН DS1921». На рис. 2, 3 приведены температурные кривые гидратации цементного теста, из которых видно, что все добавки увеличивают температуру гидратации портландцемента, кроме добавки Одолит-К на вольском портландцементе. Время достижения температурного максимума с комплексной добавкой на 5–7 ч короче, чем состава без добавки, что говорит об ускорении процесса гидратации портландцемента. Увеличение температурного максимума с комплексной добавкой говорит о более полной степени гидратации портландцемента, чем состава без добавок.

Исследование влияния комплексной добавки и ее компонентов на физико-механические свойства цементных композиций выполнялось на составах равной подвижности.

В табл. 2 приведены результаты исследования влияния добавок на водопотребность равнопластичных растворов смесей (марка ПК1), а также на прочность при сжатии и изгибе цементного камня в возрасте 7 и 28 сут естественного твердения по ГОСТ 310.4–81.

Как видно из табл. 2, наибольшее снижение водоцементного отношения растворной смеси наблюдается в присутствии комплексной добавки (на 28% на портландцементе Вольского завода и на 26% на портландцементе Ульяновского завода).

Снижение водопотребности растворной смеси приводит и к повышению прочности раствора в возрасте 7 и 28 сут. При этом наилучшие показатели достигаются в присутствии комплексной добавки на обоих видах цемента. Так, прочность при изгибе и сжатии образцов на портландцементе Вольского завода в возрасте 7 сут в присутствии комплексной добавки увеличивается на 68 и 132% соответственно, в то время как с добавкой Одолит-К – на 61 и 123%; с добавкой СН – на 12 и 10%, а с добавкой ФЭС-50 наблюдается некоторое снижение прочности. На портландцементе Ульяновского завода в присутствии комплексной добавки прочность при изгибе и сжатии повышается на 64 и 127%; с добавкой Одолит-К – на 62 и 119%; с добавкой СН – на 7 и 5%; с добавкой ФЭС-50 наблюдается снижение прочности на 7 и 10% соответственно.

В возрасте 28 сут нормального твердения раствора на портландцементе Вольского завода прочность при изгибе и сжатии с добавкой Одолит-К увеличивается на 42 и 83%; с добавкой СН – на 2 и 7%; с комплексной добавкой – на 50 и 92% соответственно; с добавкой ФЭС-50 указанные параметры изменяются незначительно.

Таблица 3

Содержание добавок, %			Средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³	Прочность при сжатии (МПа) бетона в возрасте, сут			
Одолит-К	СН	ФЭС-50		1	3	7	28
–	–	–	2370	7,52 6,65	18,05 18,50	29,38 24,70	36,8 33,45
1	–	–	2475	12,44 11,04	28,25 28,67	44,51 37,8	54,93 51,4
–	1,5	–	2375	10,53 9,64	24,37 25,34	37,02 31,37	37,53 34,12
–	–	0,1	2370	7,31 6,23	17,25 17,86	28,45 24,3	38,4 34,75
1	1,5	0,1	2480	15,57 13,17	34,47 34,22	50,24 43,75	58,88 52,52

Примечание. Над чертой приведены показатели бетона на портландцементе Вольского завода; под чертой – на портландцементе Ульяновского завода.

На портландцементе Ульяновского завода в возрасте 28 сут прочность раствора при сжатии и изгибе с добавкой Одолит-К увеличивается на 38 и 87%; с добавкой СН — на 0,5 и 5%; с добавкой ФЭС-50 — на 2 и 4%; с комплексной добавкой — на 44 и 81% соответственно.

Из приведенных результатов следует, что наилучшие показатели цементных образцов с комплексной добавкой достигаются на портландцементе Вольского завода, отличающегося пониженным содержанием C_3A .

В табл. 3 приведены результаты влияния комплексной добавки и ее компонентов на физико-механические свойства тяжелого бетона в возрасте 1, 3, 7 и 28 сут нормального твердения.

Для эксперимента принят состав бетона марки М350 с осадкой конуса бетонной смеси 8–9 см с расходом цемента 450 кг/м^3 ; песка 595 кг/м^3 ; щебня 1140 кг/м^3 . Вода добавлялась в бетонную смесь до достижения равной подвижности (П2 по ГОСТ 7473–94).

Добавки вводились в бетонную смесь с водой затвердения. Водоцементное отношение состава без добавки составило 0,46; с добавкой Одолит-К и комплексной добавкой — 0,33. Таким образом, применение комплексной добавки позволит снизить водопотребность бетонной смеси на 29%. Контрольные образцы-кубы с размерами $10 \times 10 \times 10$ см сразу после изготовления в формах помещались в камеру нормального хранения и испытывались через 1, 3, 7, 28 сут. Результаты испытаний приведены в табл. 3, из которой видно, что все изучаемые добавки повышают прочность бетона во все сроки твердения, кроме добавки ФЭС-50. Однако наибольший прирост прочности в первые 3 сут твердения бетона обеспечивается при введении комплексной добавки на портландцементе Вольского завода (на 91–107%). В указанные сроки при введении добавки Одолит-К прочность бетона повышается на 57–65%; с добавкой

СН — на 35–40%. На портландцементе Ульяновского завода прочность при сжатии с добавкой Одолит-К повышается на 55–66%; с добавкой СН — на 37–45%, а с комплексной добавкой — на 84–98%.

В возрасте 28 сут нормального твердения прочность бетона при сжатии на портландцементе Вольского завода с добавкой Одолит-К повышается на 49%; с добавкой СН — на 2%; с добавкой ФЭС-50 — на 4%, а с комплексной добавкой — на 59%. На портландцементе Ульяновского завода прочность бетона при сжатии с добавкой Одолит-К повышается на 53%; с добавкой СН — на 2%; с добавкой ФЭС-50 — на 4%, а с комплексной добавкой — на 55%.

Исследования показали, что комплексная добавка существенно повышает плотность и прочность бетона и цементно-песчаного раствора, ускоряет набор прочности бетона в ранние сроки твердения, особенно на портландцементе Вольского завода.

Ключевые слова: комплексная добавка, модификация бетона, тяжелый бетон, добавки.

Список литературы

1. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. М.: Палеотип, 2006. 243 с.
2. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Влияние добавок ускорителей твердения на свойства тяжелого бетона // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 35–37.
3. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Влияние некоторых гиперпластификаторов на основные свойства цементных композиций // Строительные материалы. 2010. № 11. С. 14–17.
4. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Комплексная добавка для повышения долговечности тяжелого бетона // Бетон и железобетон. 2011. № 4. С. 14–16.

14-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ОСЕННИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

25-28 сентября

XIV-я специализированная выставка
ЖИЛИЩЕ

VI-я специализированная выставка
ИНЖЕНЕРНЫЕ КОММУНИКАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

2012
 КАЗАНЬ

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

А.Н. ГРИШИНА, канд. техн. наук,
Е.В. КОРОЛЕВ, д-р техн. наук,
Московский государственный строительный университет

Прочность жидкостекольных композитов, отвержденных ферроборовым шлаком

Строительные материалы на основе водных растворов силикатов натрия являются типичными композитами, в которых дисперсная фаза может выполнять функцию как инертного компонента – наполнителя или заполнителя, так и компонента, участвующего в процессе отверждения вяжущего. Такими химически активными компонентами являются неорганические соли, минеральные вяжущие, шламы, шлаки и др. [1–3]. Механизм их действия определяется химическим составом и растворимостью в воде. Так, малорастворимые отвердители, к которым относятся различные шлаки, кроме химического, оказывают физическое влияние на процесс структурообразования материала.

Первостепенным структурообразующим фактором является содержание дисперсной фазы (наполнителя), введение которой приводит к изменению прочности композитов. Зависимость прочности таких материалов от степени наполнения имеет, как правило, экстремальный характер (рис. 1). Причем чем больше дисперсность наполнителя (независимо от его химической активности), тем при меньшей степени наполнения достигается максимальная прочность материала.

В общем случае зависимости $R=R(v_f)$ могут быть представлены тремя характерными видами:

- а) симметричная (рис. 1, а);
- б) асимметричная тип I (рис. 1, б): повышение прочности композита с различной скоростью наблюдается до $v_{f,opt}$;
- в) асимметричная тип II (рис. 1, в): при начальном наполнении наблюдается снижение прочности материала, которое сменяется ее повышением до $v_{f,opt}$.

Показателями для анализа зависимостей $R=R(v_f)$ являются:

- 1) коэффициент симметричности k_s , вычисляемый по формуле:

$$k_s = \frac{\Delta v_f'}{\Delta v_f''} \text{ или } k_s = \frac{tg(\alpha_d)}{tg(\alpha_k)}, \quad (1)$$

где $\Delta v_f'$, $\Delta v_f''$, α_d , α_k определяются по графику $R=R(v_f)$.

При $k_s > 1$ ($\Delta v_f' > \Delta v_f''$) преобладают конструктивные процессы, а при $k_s < 1$ ($\Delta v_f' < \Delta v_f''$) – деструктивные;

2) коэффициент активности конструктивных процессов ΔR_{st} (рис. 1);

3) кинетический коэффициент конструктивного и деструктивного процессов, равный:

$$k_\phi = \frac{\alpha_k}{\alpha_d}. \quad (2)$$

Симметричная зависимость указывает на отсутствие в композите структурных преобразований: влияние границы раздела фаз дисперсная фаза – вяжущее вещество отсутствует или минимально. В этом случае зависимость свойств композита от содержания дисперсной фазы подчиняется закону аддитивности (правилу смесей). Снижение прочности материала при $v_f > v_{f,opt}$ связано с изменением вида наполнителя, то есть дополнительной дисперсной фазой является вовлекаемый воздух.

Наличие на концентрационных зависимостях прочности композита (рис. 1, б, в) точки P_{st} свидетельствует о качественных структурных преобразованиях: образовании разветвленного граничного слоя вяжущего (получившего название «пленочная фаза» [4]), имеющего повышенные показатели свойств.

В общем случае восходящая ветвь зависимости $R=R(v_f)$ от характеристик и содержания наполнителя имеет вид [5]:

$$R_{cm} = \sigma_p(1 - v_n) - \sigma_p v_f (1 - \rho_f S_{уд} h_o (k_m - 1)) + \sigma_f v_f, \quad (3)$$

где R_{cm} – предел прочности при сжатии; v_n – пористость композита; σ_p – коэффициент, характеризующий прочность объемной фазы вяжущего; v_f – объемная степень наполнения материала; ρ_f , $S_{уд}$ – соответственно средняя плотность материала наполнителя и его удельная поверхность; h_o – усредненная толщина прослойки вяжущего, рассчитываемая для оптимальных составов; k_m – коэффициент заполнения вяжущего; σ_f – коэффициент, характеризующий влияние наполнителя.

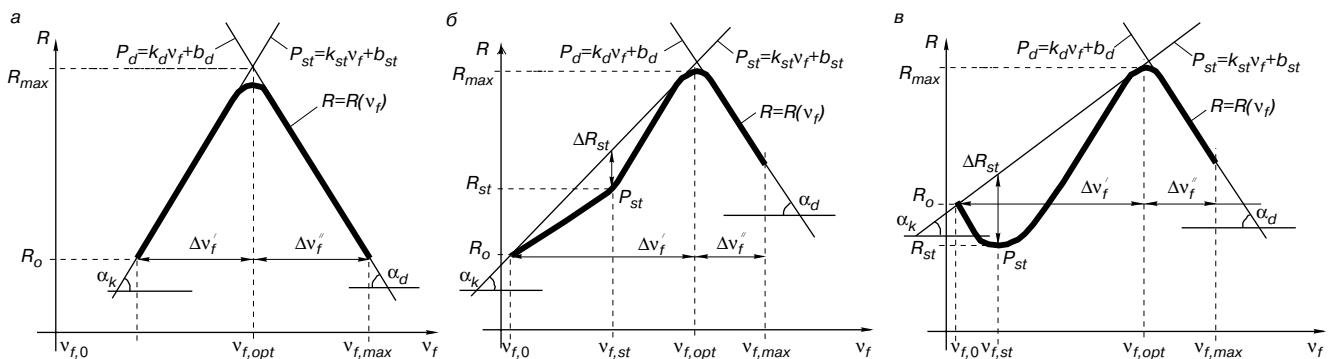


Рис. 1. Типичные зависимости $R=R(v_f)$



Рис. 2. Зависимость прочности жидкостеклового материала от объемной степени наполнения: □ – $S_{уд}=350 \text{ м}^2/\text{кг}$; ○ – $S_{уд}=240 \text{ м}^2/\text{кг}$; △ – $S_{уд}=150 \text{ м}^2/\text{кг}$; ◇ – $S_{уд}=65 \text{ м}^2/\text{кг}$; ○ – $S_{уд}=55 \text{ м}^2/\text{кг}$

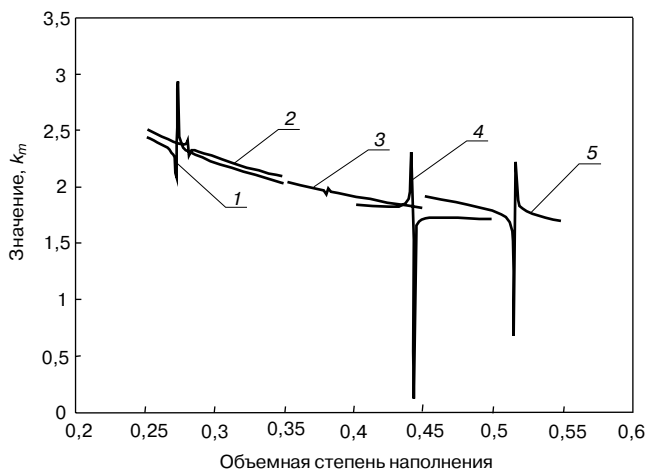


Рис. 3. Зависимость значения k_m от степени наполнения жидкостеклового композита и удельной поверхности ферроборового шлака: 1 – при $S_{уд}=350 \text{ м}^2/\text{кг}$; 2 – при $S_{уд}=240 \text{ м}^2/\text{кг}$; 3 – при $S_{уд}=150 \text{ м}^2/\text{кг}$; 4 – при $S_{уд}=70 \text{ м}^2/\text{кг}$; 5 – при $S_{уд}=55 \text{ м}^2/\text{кг}$

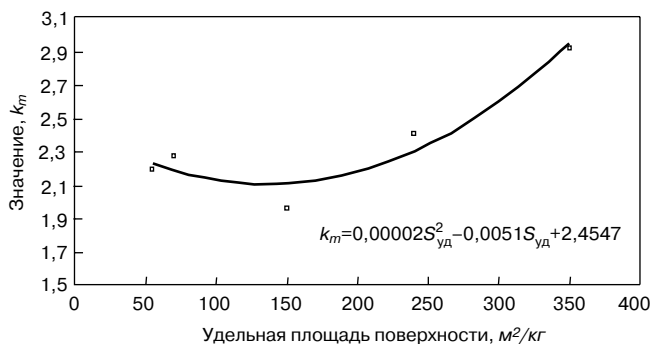


Рис. 4. Зависимость изменения k_m от удельной поверхности ферроборового шлака

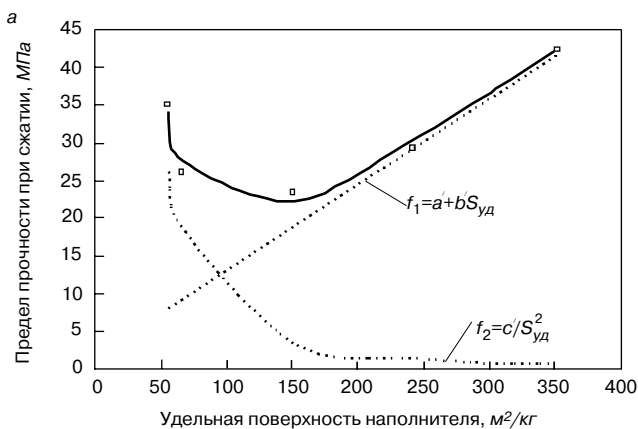


Рис. 5. Зависимости $R=f(S_{уд})$ и $\varphi=f(S_{уд})$ [8]

$S_{уд}, \text{ м}^2/\text{кг}$	Значения эмпирических коэффициентов			
	$a, \text{ МПа}$	$b, \text{ МПа}$	c	d
55	6,11	-10,47	-3,41	2,92
65	6,43	-12,11	-3,58	3,22
150	6,32	-10,97	-3,74	3,67
240	6,45	-5,78	-4,51	5,95
350	6,55	-15,67	-5,69	8,16

Указанную зависимость можно преобразовать к виду:

$$R_{см} = K_{см} v_f + B_{см}, \quad (4)$$

где $K_{см} = \sigma'_f - \sigma_p \left(1 - \frac{h_o}{d_f} (k_m - 1)\right)$; $B_{см} = \sigma_p (1 - v_{п.})$.

Значение h_o/d_f равно:

$$\frac{h_o}{d_f} = \sqrt[3]{\frac{\eta_f}{v_{f,opt}}} - 1. \quad (5)$$

Коэффициенты $k_{см}$ и $B_{см}$ вычисляются по $R=R(v_f)$ для каждого интервала изменения степени наполнения $[v_{f,i}, v_{f,i+1}]$. Значения коэффициентов σ'_f , σ_p и k_m можно вычислить по формулам:

$$\sigma_{p,i} = \frac{B_{см,i}}{1 - v_{п,i}}; \quad (6)$$

$$\sigma'_{f,i} = \frac{K_{см,i} - K_{см,i+1} \frac{\sigma_{p,i}}{\sigma_{p,i+1}}}{1 - \frac{\sigma_{p,i}}{\sigma_{p,i+1}}}; \quad (7)$$

$$k_{m,i} = 1 + \frac{\sigma'_{f,i} - K_{см,i}}{6 \sigma_{p,i} \frac{h_o}{d_f}}. \quad (8)$$

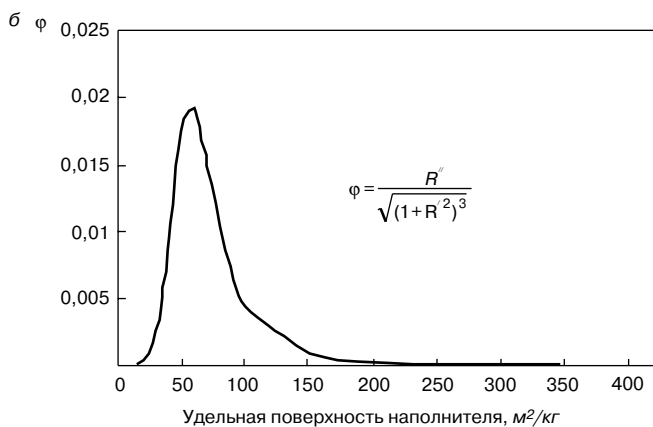
К дисперсным фазам, активно участвующим как в физическом, так и в химическом структурообразовании, относится ферроборовый шлак Липецкого металлургического комбината [6, 7] (рис. 2).

В общем случае зависимости, представленные на рис. 2, можно отнести по классификации к асимметричному типу I, то есть повышение прочности композита с различной скоростью наблюдается до $v_{f,opt}$ (рис. 1, б).

Математическая обработка экспериментальных данных рис. 2 показывает, что $R=R(v_f)$ адекватно описывается функцией вида:

$$R = \frac{a + b v_f}{1 + c v_f + d v_f^2}, \quad (9)$$

где v_f – объемная доля ферроборового шлака; a, b, c, d – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в таблице.



Зависимость k_m от степени наполнения для композитов на основе водных растворов силикатов натрия (жидкого стекла), отвержденных ферроборовым шлаком с различной удельной поверхностью, представлена на рис. 3 (расчет k_m проведен по вышепредставленной методике).

Из рис. 3 видно, что при определенных степенях наполнения наблюдаются существенные изменения коэффициента упрочнения вяжущего вещества. Отклонение значений ординат свидетельствует о влиянии внутреннего напряженного состояния на прочность и другие показатели качества композита.

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 3, показывает, что в целом наблюдается снижение значений k_m при уменьшении удельной поверхности наполнителя (рис. 4). Наиболее интенсивно k_m изменяется при отверждении шлаком с $S_{уд} = 350; 70$ и $55 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Удельная поверхность наполнителя, при которой вклад в прочность материала химического фактора преобладает над физическим (аргумент точки перегиба функции $R=f(S_{уд})$, рис. 5, а), равна $60 \text{ м}^2/\text{кг}$ (рис. 5, б). Аналогично изменение значения $k_m=f(S_{уд})$ (рис. 4).

Относительное повышение предела прочности и изменение абсциссы k_m при степени наполнения $v_f=0,53$ при использовании ферроборового шлака с $S_{уд}=55 \text{ м}^2/\text{кг}$ объясняются формированием из частиц наполнителя каркаса, а при $S_{уд}=350 \text{ м}^2/\text{кг}$ и степени наполнения 0,27 (рис. 3) – образованием достаточно большого количества продуктов взаимодействия на границе раздела фаз.

Таким образом, установлено, что для получения высокопрочного композита на основе гидросиликатов натрия необходимо использовать ферроборовый шлак с удельной поверхностью более $60 \text{ м}^2/\text{кг}$. С учетом $\Delta\alpha = \alpha_f - \alpha_m$ (где α – коэффициент термического расширения; индекс «f» относится к дисперсной фазе; индекс «m» – к вяжущему веществу), которая по абсолютному значению возрастает с уменьшением дисперсности наполнителя (это будет оказывать очевидное негативное влияние при циклическом воздействии эксплуатационной среды), целесообразно организовать доминирование фактора, характеризующегося высокими значения-

ми величины $k_m \rightarrow \max$. Установить характерные степени наполнения, параметры конструктивных и деструктивных процессов, а также интенсивность влияния дисперсных фаз на прочность вяжущего в граничном слое (интенсивность граничных взаимодействий) позволяет предложенная методика анализа концентрационной зависимости прочности композита $R=R(v_f)$.

Ключевые слова: прочность, структурообразование, жидкое стекло, композиты.

Список литературы

1. Корнеев В.И., Данилов В.В. Производство и применение растворимого стекла. Жидкое стекло. Л.: Стройиздат. Ленингр. отд., 1991. 176 с.
2. Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло (получение, свойства и применение). М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1956. 443 с.
3. Субботкин М.И., Курицына Ю.С. Кислотоупорные бетоны и растворы на основе жидкого стекла М.: Стройиздат, 1967. 135 с.
4. Бобрышев А.Н., Козомазов В.Н., Бабин Л.О., Соломатов В.И. Синергетика композиционных материалов, 1994. Липецк: НПО Ориус, 151 с.
5. Королев Е.В., Баженов Ю.М., Альбакасов А.И. Радиационно-защитные и химически стойкие серные строительные материалы. Пенза–Оренбург, 2010. 364 с.
6. Королев Е.В., Гришина А.Н. Прочность радиационно-защитных композиционных материалов на основе жидкого стекла // Материалы международного конгресса: Наука и инновации в строительстве: современные проблемы строительного материаловедения и технологии. Воронеж: ВГАСУ, 2008. Т. 1. С. 123–127.
7. Королев Е.В., Тарасов Р.В., Сомкин А.С. Выбор шлака для радиационно-защитных композитов на шлакощелочном вяжущем // Региональная архитектура и строительство. Пенза: ПГУАС, 2011. № 2. С. 30–35.
8. Выготский М.Я. Справочник по высшей математике. М: Джангар, Большая медведица, 1998.

25-28 СЕНТЯБРЯ УФА-2012

ФОРУМ ХХII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

УРАЛСТРОЙИНДУСТРИЯ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

МАЛОЭТАЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

БАШКИРСКАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ
тел.: (347) 253 14 33, 253 38 00, 241 74 19, e-mail stroy@bvkepo.ru

www.bvkepo.ru

В.Г. ЖИГУШКИН, канд. техн. наук (Краснодар)

Достоверность расчетов деревянных элементов цельного сечения

Расчет деревянных элементов (конструкций) сводится в конечном итоге к сравнению напряжений с расчетным сопротивлением древесины и расчетного прогиба с допустимым. «Расчетные сопротивления древесины сосны, ели и лиственницы европейской с влажностью 12%... приведены в табл. 3. Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливаются путем умножения величин, приведенных в табл. 3, на переходные коэффициенты m_n , указанные в табл. 5» [1].

Для определения жесткости изгибаемого элемента необходимо знание модуля упругости древесины. Согласно п. 5.3 [1] «модуль упругости древесины... при расчете по предельным состояниям второй группы следует принимать равным: вдоль волокон $E=10000$ МПа».

Расчетные сопротивления получены исходя из физико-механических свойств, определенных испытаниями в начале прошлого века (ГОСТ 4631–49 «Древесина. Показатели физико-механических свойств»), когда государство обладало «необозримой зеленой фабрикой». В результате такого богатства были приняты усредненные величины прочности пород древесины, мало зависящие от условий произрастания дерева.

Свойства деревьев, даже одной породы, значительно колеблются в зависимости от области их произрастания [2]. Обработка данных прочностных свойств на сжатие, растяжение вдоль волокон и поперечный изгиб [ГОСТ 4631–49, 2, 3] подтверждает это. Переходные коэффициенты m_n для расчетных сопротивлений на сжатие и растяжение вдоль волокон, поперечный изгиб получаются для отдельных пород древесины на территории РФ отличные от значений [1]: пихта кавказская, осина европейская – 0,9; дуб и бук европейской части – 1,2.

Неясно, где, в каких местах по высоте и радиусу ствола брали образцы для испытаний. Как показывают исследования, прочностные характеристики древесины колеблются в пределах до 15%, что зависит от участка ствола дерева [4].

При назначении расчетного сопротивления изменение прочности древесины от длительного действия нагрузки учитывается коэффициентом $m_{дл} < 1$. Разрушение древесины объясняется на основе кинетической теории прочности твердых тел развивающимся во времени накоплением повреждений на молекулярном уровне [3]. Теоретические формулы, сводящиеся к повреждению, а тем самым к накоплению напряжений в древесине, требуют уточнения продолжительными (10 и более лет) испытаниями в натуральных условиях с изучением режима воздействия нагрузок (длительности и повторяемости). Проведенные испытания клефанерных конструкций покрытия в натуральных условиях первого снегового района не подтвердили ожидаемого теоретического снижения несущей способности [5]. Обследования автором деревянных конструкций (стропильных систем, деревянных ферм, балок чердачных перекрытий), срок эксплуатации которых доходил до 40 лет, не выявили заметной разницы в прочности древесины (на сжатие вдоль волокон) напряженных и опорных участков.

Снижение прочности происходит не только от длительного нагружения древесины, но также от элементарного ее старения.

Отдельные результаты исследований косвенно подкрепляют мысль о старении срубленной древесины без признаков гниения. Испытания костей человека [6] на растяжение показали величину среднего значения прочности 90,5–124 МПа, т. е. практически такую же, что и для древесины, однако «прочность кости 14-летнего мальчика выше прочности костей взрослых».

Расчет изгибаемых элементов, защищенных от потери устойчивости плоской формой при деформировании, на прочность по нормальным напряжениям производится согласно [1] по формуле:

$$\frac{M}{W_{расч}} \leq R_n, \quad (1)$$

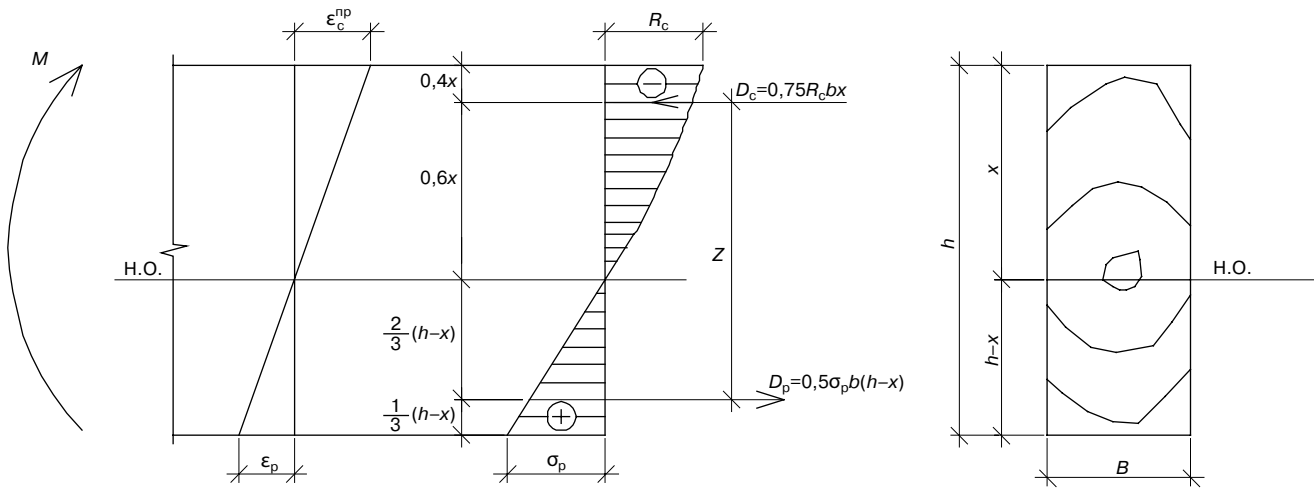
где M – расчетный изгибающий момент; $W_{расч}$ – расчетный момент сопротивления (при условии отсутствия ослаблений для прямоугольного сечения);

$$W_{расч} = W = \frac{bh^2}{6} = 0,167bh^2,$$

где b , h – соответственно ширина и высота поперечного сечения балки).

Момент сопротивления W определяется для упругой стадии работы древесины. При изгибе происходит растяжение одной зоны элемента и сжатие другой. При растяжении вдоль волокон напряжения и деформации находятся в прямой зависимости почти до момента разрушения, которое наступает при относительной деформации $\epsilon_p^{np} = 0,0075$. В сжатой зоне пропорциональности между напряжениями и деформациями не наблюдается. Диаграмма сжатия древесины вдоль волокон только до напряжений, составляющих около 40–50% от предела прочности, близка к прямой линии. При больших напряжениях диаграмма криволинейна, характеризует пластическую работу древесины. По отношению к предельному состоянию относительные деформации при сжатии вдоль волокон составляют $\epsilon_p^{np} = 0,0055$.

Как показывают испытания [7], при поперечном изгибе деревянного элемента перед разрушением в сжатой зоне появляются вначале незначительные поперечные линии, переходящие в складки с изломом сжатых волокон от продольного изгиба. При этом нейтральная ось смещается в сторону растянутой зоны с быстрым ростом напряжений. При достижении предела прочности растягивающих напряжений в крайних волокнах наступает разрушение. Картина разрушения показывает, что предельное состояние изгибаемого элемента наступает с разрушением сжатых волокон древесины. Последнее дает основание определять расчетную несущую способность изгибаемого элемента с учетом неупругой работы древесины при сжатии вдоль волокон. В основу решения задачи определения прочности балки для стадии упруго-пластической работы древесины положены следующие гипотезы и предпосылки [8]:



Расчетная схема усилий в деревянной балке прямоугольного сечения

- сохраняется гипотеза плоских сечений;
- форма эпюры напряжений в сжатой зоне криволинейного очертания, выражаемой аналитически параболой третьей степени с максимальными напряжениями в крайнем сжатом волокне, равными прочностями древесины на сжатие вдоль волокон;
- форма эпюры напряжений в растянутой зоне треугольная (рисунок).

Предельные относительные деформации: $\epsilon_c^{np}=0,0055$; $\epsilon_p^{np}=0,0075$. Модуль упругости древесины согласно [1] – $E=10000$ МПа. Минимальный предел прочности для древесины сосны и ели при кратковременных испытаниях: растяжение вдоль волокон – $R_p^h=55$ МПа; сжатие вдоль волокон – $R_c^h=28,4$ МПа [7]. Относительные деформации растяжения можно определить из эпюры относительных деформаций (рисунок):

$$\epsilon_p = \epsilon_c^{np} \left(\frac{h}{x} - 1 \right) = 0,0055 \left(\frac{h}{x} - 1 \right) \quad (2)$$

Напряжения:

$$\sigma_p = \epsilon_p E = 55 \left(\frac{h}{x} - 1 \right), \text{ МПа} \quad (3)$$

Плечо внутренней пары сил:

$$Z = 0,67h - 0,07x.$$

Из уравнения равенства усилий в сжатой и растянутой зонах балки:

$$0,55 \cdot 55 \cdot (h/x - 1) \cdot b \cdot (h - x) = 0,75 R_c b x$$

из расчетов получаем $R_c x^2 = 36,7 (h - x)^2$. (4)

В предельном состоянии при $R_c^h=28,4$ МПа уравнение (4) запишется:

$$28,4x^2 = 36,7 (h - x)^2,$$

а $x=0,53h$. Тогда момент, воспринимаемый поперечным сечением балки при неупругих деформациях древесины сжатой зоны, будет равен:

$$M_n = 0,75 R_c \cdot b \cdot 0,53h (0,67h - 0,07 \cdot 0,53h) = 0,252 \sigma_p b h^2. \quad (5)$$

Отношение $C^H = \frac{M_n}{M} = \frac{0,252 \sigma_p b h^2}{0,167 \sigma_p b h^2} = 1,5$. Это коэффициент, учитывающий развитие неупругих деформаций в сечении цельного изгибаемого элемента. Коэффициент C^H определен для стадии предельного состояния. При переходе к расчетному предельному состоянию учитываем коэффициент надежности γ_m [1] (приложение В):

$$\gamma_m = \frac{1 - \eta_n V}{1 - \eta_p V} = \frac{1 - 1,64 \cdot 0,16}{1 - 2,33 \cdot 0,16} = 1,18,$$

где η_n, η_p – квантили для обеспеченности 0,95 для нормативного и 0,99 – расчетного сопротивления древесины; V – коэффициент вариации (16%) [9, табл. 3.2]. Тогда:

$$C = \frac{C^H}{\gamma_m} = \frac{1,5}{1,18} = 1,27. \quad (6)$$

Анализ напряженного состояния цельного изгибаемого прямоугольного сечения элемента из сосны или ели показывает, что учет неупругих деформаций в сжатой зоне позволяет определять расчетный изгибающий момент по формуле:

$$M = C W_{нт} R_c, \quad (7)$$

где $W_{нт}$ – упругий момент сопротивления сечения; R_c – расчетное сопротивление древесины сосны или ели сжатию вдоль волокон; $C = 1,25$ – коэффициент, учитывающий развитие неупругих деформаций в сечении.

Как было отмечено, численное значение модуля упругости E принято нормами равным 10000 МПа. Считается, что модуль упругости древесины при кратковременных испытаниях находится в пределах 11000–14000 МПа, а 10000 МПа принимается с учетом длительного действия нагрузки. Испытания древесины сосны, поступавшей для изготовления клефанерных конструкций в течение 1972–1986 гг., показали, что модуль упругости в направлении вдоль волокон колеблется в пределах от 13700 МПа (сосна европейская) до 11000 МПа (сосна сибирская) [10]. Анализ численного значения модуля упругости при изгибе пород древесины, выросших в разных регионах России, дал следующие предварительные результаты: для ели Урало-Сибирского региона $E=10000$ МПа. Для некоторых других пород модуль упругости получается умножением E на переходный коэффициент m_E : сосна европейской части – 1,2; пихта кавказская, осина – 1; лиственница – 1,3; береза, бук кавказский – 1,2.

При расчете деформаций исходят из методов расчета по упругой стадии. Однако при длительной нагрузке к упругим деформациям добавляются еще зависящие от времени (пластические). Полные деформации превышают упругие до двух раз. Т. е. неучет фактического модуля упругости и длительных деформаций древесины чреват значительными прогибами изгибаемых конструкций при эксплуатации, превышающими допустимыми.

мые нормами до 1,5 раз. Поэтому предлагается определять значение прогибов по формулам:

$$\text{среднее} - f = f_k + C f_g; \quad (8)$$

$$\text{вероятное наибольшее} - f_{max} = 1,4f, \quad (9)$$

где f_k – прогиб от кратковременной нагрузки; f_g – кратковременный прогиб от длительной нагрузки; C – коэффициент, учитывающий длительность действия нагрузки, принимаемый равным 1,4; он учитывает возможно минимальное значение модуля упругости.

Таким образом, достоверность расчетов деревянных конструкций может быть достигнута за счет уточнения механических и упругих свойств пород древесины нижней и средней частей по высоте ствола дифференцированно по регионам России. Древесина (бревна, пиломатериалы), поставляемая на рынок, должна иметь сертификат с основными данными физико-механических свойств (прочность на сжатие, модуль упругости вдоль волокон) при фактической или стандартной (12%) влажности.

Проведение такой работы необходимо потому, что используются данные механических свойств древесины лесов, которые росли почти сто лет назад. К настоящему времени выросло новое поколение деревьев уже в других природных условиях.

Неучет неупругих деформаций в изгибаемых деревянных элементах делает расчет по второму предельному состоянию недостоверным.

Уточнение значения прочностных и упругих свойств различных пород древесины с дифференциацией по регионам, усовершенствование метода расчета на поперечный изгиб элементов цельного сечения позволят рационально использовать древесину, сырьевая база которой в России сокращается ежеминутно на 1,5 га.

Ключевые слова: древесина, прочность, расчетное сопротивление, модуль упругости, породы древесины, неупругие деформации.

Список литературы

1. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. 73 с.
2. Гетц К.-Г., Хоор Д., Мелер К., Наттерер Ю. Атлас деревянных конструкций. / Пер. с немецкого Н.И. Александровой / Под ред. В.В. Ермолова М.: Стройиздат. 1985. 271 с.
3. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. М.: Лесная промышленность. 1989. 294 с.
4. Житушкин В.Г. Зависимость расчетного сопротивления древесины от изменчивости ее свойств в дереве // Строительные материалы. 2011. № 8. С. 62–63.
5. Житушкин В.Г. К расчету клефанерных конструкций покрытий сельскохозяйственных зданий // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1984. № 7. С. 19–22.
6. Либовиц Г. Разрушение металлов и композитных материалов. Т. 7. Ч. II. Органические материалы (стеклообразные полимеры, пластмассы, кость) / Пер. с англ. Н.И. Малинина и С.Т. Милейко / Под ред. Ю.Н. Работнова. М.: Мир, 1976. С. 396–405.
7. Иванов В.Ф. Конструкции из дерева и пластмасс. М.: Стройиздат, 1966. 352 с.
8. Житушкин В.Г. Усиление каменных и деревянных конструкций. М.: АСВ, 2005. 56 с.
9. Филлин А.П. Прикладная механика твердого деформированного тела. Т. I. Сопротивление материалов с элементами теории сплошных сред и строительной механики. М.: Наука, 1975. 824 с.
10. Житушкин В.Г. Клефанерные конструкции. М.: АСВ, 2011. 197 с.

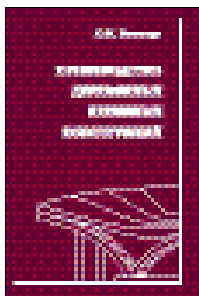
В издательстве «Стройматериалы» вы можете приобрести специальную литературу



Книга «Клееные деревянные конструкции с узлами на вклеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК)»

Авторы – д-р техн. наук С.Б. Турковский, канд. техн. наук А.А. Погорельцев, канд. техн. наук И.П. Преображенская. Книга содержит примеры из опыта применения различных типов конструкций в современном строительстве. Особенность применяемой системы состоит в использовании нового вида соединений в узловых сопряжениях и стыках конструкций, открывающего новые возможности клееной древесины. Система позволяет получить большепролетные сборные конструкции повышенной надежности, в том числе уникальные. Кроме того, теперь имеется возможность на основе серийно изготавливаемых унифицированных элементов создавать самые различные конструктивные системы – как по форме, так и по размерам. Система создана на основании длительных исследований (с 1974 г.), проводимых сотрудниками лаборатории деревянных конструкций ЦНИИСК, а также опыта проектирования, изготовления и применения клееных деревянных конструкций за последние 15–20 лет.

Книга содержит материалы, рекомендуемые работникам проектных организаций, студентам, аспирантам, инженерам строителям и др.



Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, д-р техн. наук Ковальчук Л.М.

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

Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «Стройматериалы»
Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru www.rifsm.ru

А.Д. ЛОМАКИН, канд. техн. наук, зав. сектором лаборатории
деревянных конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (Москва)

Глубокая пропитка древесины средствами защиты от биоразрушения и возгорания

В зависимости от назначения пропитываемого материала, условий его службы и вида защитного состава в строительстве используют два принципиально отличных друг от друга способа пропитки древесины: глубокая пропитка, при которой пропиточная жидкость проникает на глубину 2–3 см и более (при определенных режимах можно добиться сквозной пропитки сорти-мента) и способ нанесения на поверхность, обеспечивающий проникновение пропиточной жидкости в поверхностные слои древесины на глубину 1–2 мм.

Глубокой пропитке *маслянистыми и водорастворимыми антисептиками* (консервированию) в обязательном порядке подвергают деревянные опоры линий электропередачи и связи, переводные и мостовые бруссы, шпалы. Глубокую пропитку антипиренами применяют в тех случаях, когда необходимо получить трудносгораемую древесину, а другие способы пропитки при этом оказываются менее эффективными.

Глубокую пропитку элементов деревянных конструкций осуществляют водорастворимыми антисептиками преимущественно в автоклавах под давлением выше атмосферного. Наибольшее распространение в мировой практике получили два способа пропитки: способ полного поглощения и способ ограниченного поглощения.

Способ полного поглощения, или, по терминологии, принятой ГОСТ 20022.6–93, вакуум–давление–вакуум (ВДВ), состоит из трех операций:

- начальный вакуум;
- жидкостное давление выше атмосферного, под действием которого в древесину вводят пропиточный состав;
- конечный вакуум, предназначенный при пропитке маслами для снижения начального поглощения, а при пропитке водорастворимыми составами – для подсушки поверхности защищаемого элемента.

Способ ВДВ применяют в основном для пропитки древесины водорастворимыми антисептиками, антипиренами и огнебиозащитными препаратами. При этом используют следующий режим. После загрузки в автоклав подлежащей пропитке древесины создают вакуум 0,08–0,09 МПа на 15–60 мин и затем, не снимая вакуума, вводят пропиточную жидкость и поднимают давление до 0,7–1 МПа. Продолжительность выдержки древесины под давлением определяется временем, которое требуется для получения заданного поглощения (как правило, 1–2 ч). После пропитки пропиточную жидкость из автоклава откачивают и создают конечный вакуум глубиной 0,07–0,09 МПа на 15–20 мин.

Глубокую пропитку древесины можно получить также, используя способ *«прогрев–холодная ванна»* (ПРХВ), при котором используют вакуум, образующийся в результате резкого перепада температуры в древесине, сначала нагретой в горячей жидкости (воздухом или паром), а затем быстро охлажденной в холодной. При прогреве воздух, находящийся во внешних слоях древесины, увеличивается в объеме и часть его удаляется. Одновременно из внешних слоев древесины испаряется

влага. При последующем погружении в холодную жидкость оставшиеся в древесине воздух и водяные пары охлаждаются, объем паровоздушной смеси уменьшается и в наружных слоях образуется вакуум. Жидкость, в которую была погружена древесина, под действием атмосферного давления проникает в нее и пропитывает.

Одно из главных достоинств способа ПРХВ – простота оборудования и сравнительно небольшие капиталовложения, необходимые для организации цехов. По характеру и глубине проникновения водорастворимых защитных средств пропитка сосны способом ПРХВ мало отличается от пропитки способом ВДВ. Древесина ели и пихты этим способом пропитывается всего на 1–2 мм.

В условиях строительных площадок простейшим и доступным способом консервирования древесины является вымачивание в горячем или холодном растворе антисептика. Этот способ применяется редко, поскольку для получения необходимой глубины пропитки требуется много времени.

Консервирование способом вымачивания эффективно для древесины легкопропитываемых пород и круглого леса хвойных пород, у которых имеется широкая заболонь (сосна). Получить глубокую пропитку обрезного пиломатериала хвойных пород даже в горячем растворе антисептика или антипирена не удается из-за плохой проницаемости древесины поперек волокон или полного ее отсутствия, например у спелой древесины ели.

Уровень защиты, достигаемый при пропитке сосновых бревен (столбов) способом вымачивания, имеет самую широкую амплитуду и зависит от продолжительности выдержки материала в пропиточной жидкости. При выдержке в ванне сухих сосновых бревен в течение 20–30 сут можно получить такую же защиту, как и при пропитке под давлением. Кратковременная выдержка (24 ч) в зависимости от вида защитного средства и свойств древесины может обеспечить пропитку заболони на глубину до 10 мм. Сырая древесина при той же концентрации раствора и тех же сроках выдержки пропитывается как в ванне, так и после за счет диффузии защитного средства, однако при соответственно меньшем содержании соли в пропитанной зоне. Общее поглощение водного раствора при вымачивании в большой степени зависит и от отношения площадей торцевых и боковых поверхностей. На величину общего поглощения может влиять также угол наклона, который образуют волокна древесины с боковыми гранями пропитываемого элемента и глубина его погружения. Так, например, при увеличении глубины погружения от 0,1 до 1,2 м (высота пакета) поглощение антисептика увеличивается на 10–30%.

Поглощение раствора зависит и от температуры пропиточной жидкости. Чем она выше, тем быстрее и глубже идет проникновение антисептика в глубь древесины. Но нужно учитывать, что не все антисептики выдерживают нагрев.

Известно, что проникновение жидкостей в древесину при прочих равных условиях находится в обратной

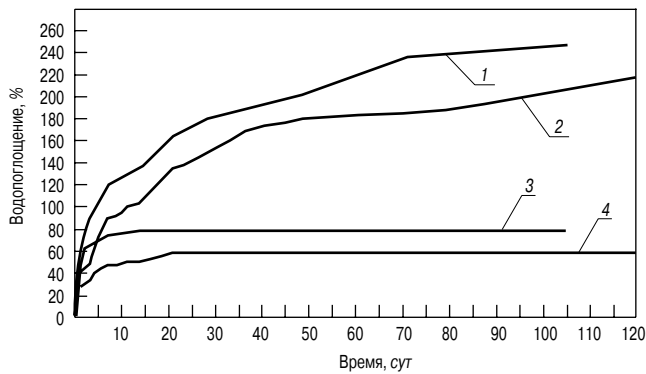


Рис. 1. Водопоглощение ранней и поздней древесины ели и сосны: ранняя древесина: 1 – ели; 2 – сосны; поздняя древесина: 3 – ели; 4 – сосны

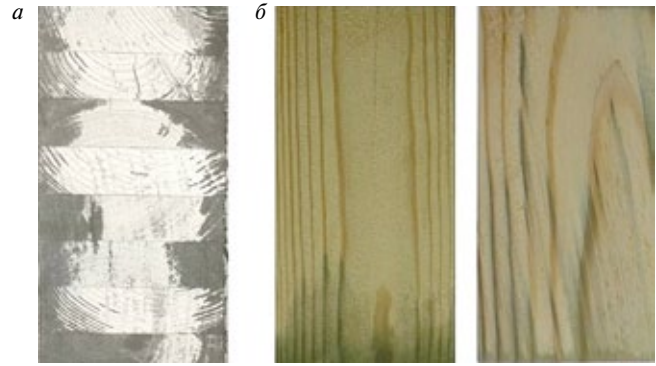


Рис. 2. Распределение маслянистого антисептика (а) и водорастворимого антисептика (б) по ранней и поздней древесине сосны

Таблица 1

Порода древесины	Средняя плотность при W=12%, кг/м ³	Количество годовых слоев в 1 см	Содержание ранней и поздней древесины, %		Средняя плотность при W=12%, кг/м ³
			Поздняя	Ранняя	
Сосна	548	2,3	Поздняя	33	881
			Ранняя	61	422
Ель	429	3,2	Поздняя	17	738
			Ранняя	83	367

зависимости от их вязкости. Более вязкие жидкости хуже проникают в древесину, чем менее вязкие. Так, например, маслянистые антисептики (пропиточные масла) из-за более высокой вязкости при прочих равных условиях значительно хуже проникают в древесину, чем водные растворы. Эффективной мерой по снижению вязкости жидкостей является их подогрев. При повышении температуры поглощение и проникновение жидкости улучшается. Динамическая вязкость воды при 10°С в 2,4 раза выше, чем при 50°С – 1,307 и 0,547·10⁻³ (Н·с/м²) соответственно. Такая же зависимость сохраняется и для водных растворов антисептиков и антипиренов. К сожалению, на практике при проведении работ по антисептированию и антипириванию конструкций в холодное время года очень редко прибегают к такому эффективному технологическому приему, как предварительный подогрев рабочих растворов перед нанесением.

На деревопропиточных заводах, где пропитка древесины осуществляется под давлением в автоклавах, эта операция является обязательной при пропитке маслянистыми антисептиками, которые для снижения вязкости нагревают до 95–100°С.

Важно, чтобы при пропитке древесины положительной была температура не только пропиточной жидкости, но и самой древесины. Если температура древесины будет более низкой, чем температура пропиточной жидкости, то по мере проникновения нагретой жидкости в древесину она будет охлаждаться, а вязкость ее – повышаться. Это приведет к снижению проницаемости

древесины и к снижению поглощения жидкости. Поэтому одна из важнейших рекомендаций по обработке древесины в холодное время года – использование подогретых растворов антисептиков и антипиренов, а также недопущение пропитки мерзлой древесины.

На проницаемость древесины в значительной степени может влиять концентрация пропиточной жидкости. Чем концентрация жидкости ниже, тем легче и глубже идет процесс проникновения ее в древесину. Поэтому при глубокой пропитке древесины используют антисептики и антипирены с относительно низкой концентрацией.

При разработке режимов глубокой пропитки древесины важно иметь в виду, что заболонь сосны сплавной доставки имеет более высокую проницаемость, чем заболонь сосны сухопутной доставки. Объясняется это удалением из древесины смолистых веществ при длительной выдержке ее в воде.

При пропитке основная масса поглощенных растворов размещается в клеточных полостях. Чем больше объем этих полостей в сухой древесине (чем ниже ее плотность), тем большим должно быть поглощение вследствие заполнения этих полостей. Однако, как показали исследования Е.В. Харук [1], малая плотность древесины в действительности не может служить признаком для определения способности к пропитке, особенно в крупных сортаментах. Проницаемость древесины с различной плотностью зачастую одинакова. Экспериментально было установлено, что с увеличением процентного содержания поздней древесины наблюдается некоторое повышение проникающей способности для сосны, пихты и кедра. Особенно четко это выражено для сосны: с увеличением ширины годовичных слоев коэффициент проницаемости резко возрастает [1].

Кроме анизотропии древесина характеризуется еще и неоднородностью, которая определяется отличием ее свойств в разных точках одного и того же направления. Самый существенный фактор, обуславливающий неоднородность древесины хвойных пород, – слоистость годовичного кольца, связанная с дифференциацией на раннюю и позднюю древесину. Ранняя и поздняя зоны годовичного слоя хвойных пород резко отличаются по стро-

Таблица 2

Зона годовичного слоя \ Выдержка в воде, сут	0	1	2	3	4	7	9	11	14	21	28	35	42	51	63	73	85	106	120
	Поздняя	– 8,1	27,6 37,9	31,1 41,7	34,2 45,1	40,8 52,2	46,4 58,3	48 60	49,9 62	51,3 63,5	57,5 70,2	57,5 70,2	58,4 71,3	58,6 71,5	58,1 70,9	58,4 71,3	58 70,9	58,1 70,9	58 70,9
Ранняя	– 7,7	40,3 43,4	44 47,4	48,6 52,4	61,5 66,3	89,2 96,1	92,1 99,3	100,1 107,8	103,5 111,5	134,7 145,2	147,3 158,7	166 178,8	175,2 196,5	180,2 201,9	182,8 204,7	185,5 207,6	191,6 214,2	207,2 231	217,2 241,8

Примечание. Над чертой приведено водопоглощение образцов; под чертой – влажность образцов.

Таблица 3

Зона годичного слоя ели	Выдержка в воде, сут														
	0	1	2	3	7	14	21	28	37	49	59	71	92	105	
Поздняя	– 7,9	45,6 57	61,8 74,5	71,2 84,7	82,4 96,8	85,7 100,4	86,1 100,8	86,3 101	87 101,7	86 100,8	87 101,7	87 101,7	–	–	
Ранняя	– 7,8	56,6 61	76,3 82,2	89,6 96,6	119,4 128,6	135,7 146,2	164,4 177,2	179,8 193,7	191 205,9	201,8 225,2	219,7 244,5	236 262,6	242,5 269,1	246,6 273,6	

Примечание. Над чертой приведено водопоглощение образцов; под чертой – влажность образцов.

ению и свойствам. Поздняя зона значительно темнее и более плотная, чем ранняя. По имеющимся в литературе данным, средняя плотность поздней древесины сосны равна 770, а ранней – 381 кг/м³.

По отношению к агентам биоразрушения стойкость ранних и поздних зон годичного слоя также различна. В заболони сосны поздняя зона годичного слоя разрушается значительно медленнее, чем ранняя, хотя процесс разрушения начинается с поздней [2].

Качество пропитки хвойной древесины во многом зависит от свойств ранней и поздней древесины, а также от ее способности поглощать и проводить пропиточные жидкости. Ниже даны полученные сотрудниками лабораторий деревянных конструкций результаты экспериментов о водопоглощении ранней и поздней древесины сосны и ели.

Образцы выдерживали в дистиллированной воде и периодически взвешивая с точностью 0,0001 г. Характеристики образцов приведены в табл. 1.

Плотность образцов, учитывая их малые размеры и неправильную форму, определяли методом выталкивающей силы при погружении их в дистиллированную воду.

В табл. 2 и 3 приведена динамика изменения водопоглощения и влажности ранней и поздней древесины сосны и ели в течение опыта.

На рис. 1 видно, что скорость водопоглощения ранней и поздней древесины различна: ранняя древесина поглощает воду быстрее, чем поздняя. При этом заметна разница величин водопоглощения: у ранней она значительно больше, чем у поздней. Так, через 120 сут водопоглощение ранней древесины сосны составило 217%, а поздней – всего 58%, т. е. в 3,7 раза меньше. У древесины ели интенсивность водопоглощения в первые 7 сут выше, чем у древесины сосны. При этом также отмечается существенная разница в водопоглощении ранней и поздней древесины. Если в первые трое суток испытаний водопоглощение ранней древесины было в 1,6 раза больше, чем поздней, то к концу испытаний эта разница увеличилась до 2,8 раза.

Исследованиями какой-либо определенной закономерности между величиной водопоглощения и проницаемостью различных пород выявлено не было. Малопроницаемая древесина ели имела большую величину водопоглощения, чем более проницаемая ранняя древесина сосны.

Поскольку древесина сосны и ели, которую в основном используют для строительных конструкций, характеризуется выраженной неоднородностью строения, получить равномерное распределение пропиточной жидкости практически невозможно.

Это было подтверждено проведенными сотрудниками лаборатории опытами по автоклавной пропитке маслянистыми антисептиками клееных деревянных балок, когда антисептик располагается концентрическими слоями на поперечном разрезе и образует полосы на продольном. На рис. 2, а показан фрагмент поперечного сечения клееной деревянной балки, пропитанной каменноугольным маслом под давлением в автоклаве. Лучшая

пропитываемость антисептиком поздней древесины хорошо видна на слоях клееного пакета тангенциально-радиальной распиловки. Такая же картина наблюдается и при пропитке древесины водорастворимыми антисептиками (рис. 2, б).

Таким образом, поскольку лучшее проникновение пропиточных растворов отмечается по поздней зоне годичного слоя, качество пропитки деревянных элементов в определенной степени будет зависеть от процентного содержания в них поздней древесины.

Ключевые слова: консервирование, антипирирование, проницаемость, водопоглощение древесины.

Список литературы

1. Харук Е.В. Проницаемость древесины газами и жидкостями. Новосибирск: Наука, 1976. 190 с.
2. Горшин С.Н., Крапивина И.Г. Закономерности разрушения древесины и проблема прогнозирования ее службы. Архангельск: Научные труды ЦНИИМОД, 1967. Вып. 21. С. 17–53.

Ф.Н. РАБИНОВИЧ, канд. техн. наук, ОАО «ЦНИИПромзданий» (Москва)

Какой бетон нужен строителям?

Сталь и железобетон — конструкционные материалы, занимающие доминирующее положение в строительстве во всем мире. Материальные вложения в их производство несоизмеримо выше, чем затраты на производство любых других строительных материалов. Повидимому, не следует сомневаться, что эти материалы сохранят свои лидирующие позиции в строительстве и далее, на протяжении всего XXI в.

Тем не менее технические свойства рассматриваемых материалов существенно различаются. Сталь обладает в общем равными параметрами прочности при испытании ее на сжатие и растяжение, тогда как прочность бетона при сжатии примерно на порядок выше его прочности при растяжении, соответственно предельные деформации бетона при растяжении на порядок ниже предельных деформаций при сжатии. Это различие стоит достаточно дорого. Стальная арматура, вводимая в бетон, — плата, обусловленная конструктивными свойствами бетона. Затраты энергии, труда, стоимость производства арматурных работ (прокат или вытяжка арматурных стержней, изготовление из них арматурных сеток и каркасов, установка их и фиксация в проектном положении) — дорогая часть технологического процесса, составляющая в среднем 60% стоимости и трудоемкости возведения монолитных железобетонных конструкций. Это колоссальные материальные затраты, которые несет человечество при возведении строительных объектов с применением железобетона.

Вместе с тем безупречные с точки зрения механических свойств стальные конструкции нуждаются, как правило, в защите от коррозии, обладают достаточно низким уровнем огнестойкости, повышенной электропроводностью, что не во всех случаях приемлемо в строительных конструкциях, наконец, нельзя оставлять незамеченным, что содержание металлосодержащих пород в земной коре несопоставимо меньше в сравнении с запасами силикатных компонентов, используемых для получения бетона. Поэтому глобальное значение имеет решение задачи, связанной с преодолением разрыва между прочностью бетона при сжатии и растяжении, задаче, решение которой могло бы исключить частично или в полной мере необходимость осуществления традиционных и весьма дорогостоящих арматурных работ.

Современные исследования показывают, что в ближайшее время может появиться конструкционный композиционный материал на основе модифицированного бетона с принципиально новыми свойствами отличающимися от свойств традиционного бетона тем, что в этом материале на основе бетона в сочетании с комбинацией входящих в его структуру компонентов, существенно повышающей его предельную деформативность при растяжении, обеспечивающей в конечном счете возможность использования этого материала без образования в нем трещин при достаточно высоком уровне рабочего напряжения в условиях, эквивалентных по уровню работы железобетона с исключением из него традиционных видов стальной арматуры.

Одним из направлений решения данной задачи является получение принципиально нового состава самого бетона с возможностью технологического управле-

ния его структурой с направленным распределением в ней кристаллов гидратных новообразований, структурой, обладающей не только более высоким уровнем прочности, но и деформативности. Тем не менее вполне очевидно, что положительный результат в решении данной задачи не обеспечит ее решения в целом. Деформативные — упругие и пластические свойства кристаллического каркаса новообразований в цементном камне (бетоне) в основном и в этой ситуации сохраняют свои физические свойства, характерные для бетона, его способность, хотя и в меньшей степени, сохранять разрыв между уровнями сопротивления сжимающим и растягивающим усилиям.

Наиболее эффективным направлением может оказаться (наряду с технологическими мероприятиями, описанными выше) введение в бетон сочетания компонентов, обладающих разными прочностными и деформационными свойствами органического и неорганического происхождения. Компонентов в виде дисперсно-распределяемых в объеме бетона армирующих волокон порядка от 10^{-5} до 10^{-8} м, с разными модулями упругости. Получение подобной гибридной композиции, деформации которой должны быть равными или почти равными при сжатии и растяжении — непростая задача. Ее решение могло бы иметь фундаментальное значение, по уровню сопоставимое с изобретением самого железобетона, имеющего в жизни людей, — не только строителей, и эпохальное значение. Строители могли бы получить материал с уникальными конструктивными свойствами.

Настоящая статья не претендует на представление готового рецепта для позитивного ответа в решении поставленной цели. Вполне очевидно, что в рассматриваемой ситуации целесообразно иметь «дорожную карту», в которой можно было бы наметить направление перспективных исследований и состав участников, способных решить данную задачу. Очевидно также, что команда должна включать квалифицированных специалистов разных профессий в области химической технологии, физики твердого тела, моделирования структуры и прогнозирования процессов, возникающих в этой структуре, в том числе в условиях присутствия в этой структуре дефектов в виде разного рода трещин и кинетики их поведения при нагружении материала, системных программистов, оценивающих поведение материала в различных условиях внешних воздействий. Это направление вполне заслуживает быть включенным в состав программы международного сотрудничества — цель весьма значительна, в ее достижении может быть заинтересована большая часть человеческого сообщества, нуждающаяся в строительных объектах многофункционального назначения, в частности в разных нетривиальных ситуациях: освоение труднодоступных районов (в том числе по климатическим условиям), при землетрясениях, при горных обвалах, техногенных авариях, при строительстве специальных сооружений и др., стоимость которых станет существенно ниже, а область практического использования в обширном диапазоне случаев более эффективной в сравнении с применением стали и железобетона.

К.Н. БАЖИРОВ, магистр экономики (prot.nsb@mail.ru), Б.А. МАРХАЕВА, д-р экон. наук, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Республика Казахстан)

Управление инновационным процессом технологического развития предприятия стройиндустрии

Уровень развития промышленности строительных материалов по праву называют индикатором инвестиционной активности государства. Растущий уровень инвестиций в промышленное и жилищное строительство несомненно будет способствовать этой отрасли развиваться соответствующими темпами. Современный период развития экономики вызывает необходимость активизации инновационной деятельности предприятий и нового подхода к нововведениям. В настоящее время в промышленности строительных материалов существуют все предпосылки для развития и освоения новых технологий, технического перевооружения, научно-технических исследований и разработок с целью проведения технологической модернизации отрасли. В современных условиях от предприятий отрасли требуется умение вырабатывать и реализовывать эффективную инновационную политику, опирающуюся на научно-технический и ресурсный потенциал, собственные финансовые и материальные возможности как важнейшее условие выживания и успешного функционирования в усиливающейся конкурентной среде. Для современного этапа экономического развития характерны процессы, требующие принятия множества инновационных решений.

Под *инновациями* в общем смысле понимается рентабельное (прибыльное) использование новшеств в виде новых ресурсо- и энергосберегающих технологий, новых эффективных видов продукции, организационно-технических, социально-экономических решений производственного, финансового, коммерческого и управленческого характера.

Появление нововведений связывают с жизненным циклом инновационной деятельности [1], включающим в себя следующие этапы:

- проведение поисковых научно-исследовательских работ (НИР), в ходе которых происходит реализация научных разработок и их экспериментальная проверка;
- выполнение прикладных НИР, имеющих целью проверку эффективности нововведения, а также оценку возможного риска;
- выполнение проектных работ с оформлением проектно-технологической документации;
- осуществление коммерциализации нововведения от запуска в использование и выхода на рынок.

Мировой опыт показывает, что научно-технический прогресс, признанный во всем мире в качестве важнейшего фактора экономического развития, чаще всего связывается с понятием инновационного процесса. *Инновационный процесс* – процесс, объединяющий науку, технику, экономику, предпринимательство и менеджмент. Суть инновационного процесса состоит в освоении инновации и простирается от зарождения идеи до ее коммерческой реализации и устаревания инновации.

Всемерное наращивание объемов капитальных вложений в условиях экстенсивной экономики много лет рассматривалось как основное условие индустриально-

го и экономического развития. В современных условиях рыночной экономики такой подход, основанный на главенствующей роли инвестиций, теряет свою актуальность и привлекательность.

Имеющийся мировой опыт функционирования успешных промышленных предприятий показывает, что их достижения связаны с реализацией инновационных процессов по освоению эффективных технологических инноваций. Для повышения эффективности инновационной деятельности необходимо учесть особенности существующих моделей инновационных процессов на промышленных предприятиях и на основе их анализа выбрать или синтезировать модель инновационного процесса, наиболее приемлемую для конкретного предприятия.

Стержнем инновационной деятельности промышленного предприятия должен стать инновационный процесс, который разрабатывается в рамках инновационной стратегии развития предприятия и предусматривает рациональное использование структурных составляющих компонентов процесса в следующих сферах: научно-исследовательской, маркетинговой, ресурсной, финансовой, производственной, кадровой и др.

Известен различный подход ученых к определению понятия инноваций. Анализ опубликованных работ позволяет дать обобщенное определение: инновация – это коммерциализация результатов научных исследований, направленных на повышение эффективности технических (технологических), экономических и управленческих решений через совершенствование производственного процесса и продукции.

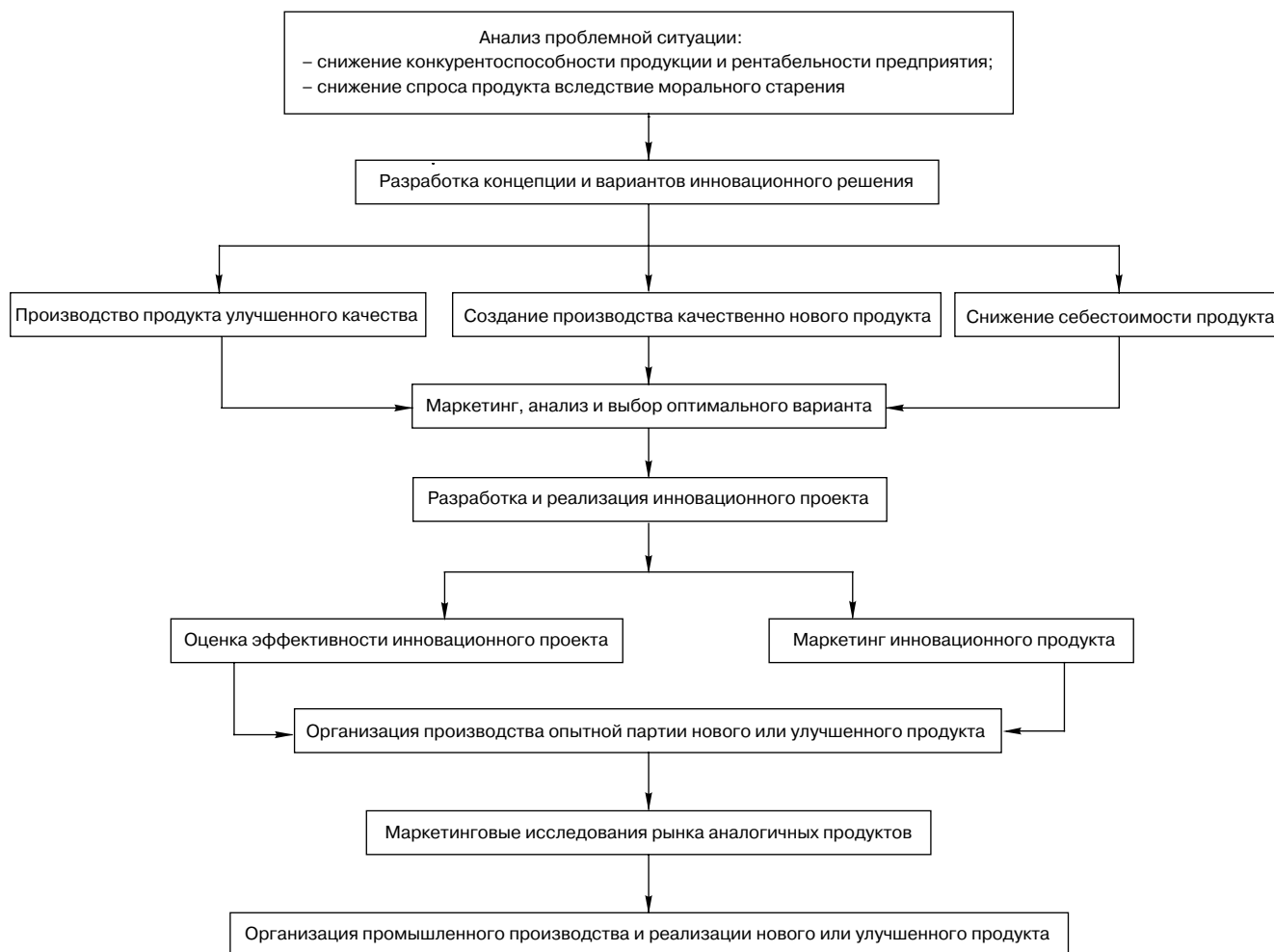
В настоящее время нет единства взглядов на сущность моделей инновационных процессов. В зарубежных и отечественных исследованиях встречается достаточно большое количество трактовок основных понятий инновационных процессов [2].

В общем виде процесс создания инновационной продукции на предприятии состоит из последовательных этапов: зарождение идеи → исследование → разработка → внедрение → реализация [3].

В современных моделях инновационного процесса предполагают параллельность действий и наличие контрольных точек для принятия управленческих решений [4]. Также важнейшей особенностью успешного процесса нововведения является в настоящее время создание многофункциональных команд по менеджменту инновационного процесса.

В данном исследовании предложена концепция модели последовательно-параллельного инновационного процесса промышленного предприятия стройиндустрии, в которой маркетинговые исследования сопровождают практически весь ход инновационного процесса.

Инновационный процесс в промышленном производстве является довольно сложным в силу следующих обстоятельств. Во-первых, успешные и эффективные инновационные идеи должны быть найдены на ранних стадиях данного процесса. Во-вторых, процесс разра-



Модель инновационного процесса на предприятии стройиндустрии

ботки инновационного продукта является чрезвычайно затратным. Поэтому чтобы добиться успеха, необходимо доводить до стадии промышленных разработок только наиболее перспективные проекты.

Применительно к промышленному предприятию предложена концепция расширенной модели последовательно-параллельного инновационного процесса, предусматривающая детальную разбивку на стадиях инновационного процесса и включающая меры по анализу проблемной ситуации, разработке концепции и вариантов инновационного решения, маркетингу и выбору оптимального варианта инновационного решения, разработку и реализацию инновационного проекта, оценку эффективности инновационного проекта, маркетинговые исследования рынка аналогичных продуктов, организацию промышленного производства и реализации нового продукта (см. рисунок).

Основным фактором, побуждающим развитие инновационной деятельности предприятия, в первую очередь является рыночная конкуренция. Предприятия, использующие устаревшую технологию и выпускающие устаревшую продукцию, рискуют потерять рынок сбыта и стать убыточными. Предприятия, первыми освоившие эффективные инновации, имеют возможность снижать издержки производства и соответственно себестоимость производимой и реализуемой продукции. Следствием освоения инновации может явиться укрепление своих позиций в конкурентной борьбе с предприятиями, предлагающими аналогичную продукцию. Таким образом, инновационная деятельность способствует выживаемости предприятия в острой конкурентной борьбе за рынок сбыта.

На предприятии, выпускающем устаревшую продукцию, возникает проблемная ситуация, которая мотивирует разработку и реализацию инновационного проекта, инициирует реализацию инновационного процесса, призванного обеспечить обретение предприятием конкурентных преимуществ.

В разработанной концепции расширенной модели инновационного процесса маркетинговые исследования рекомендуется проводить непосредственно уже в начале процесса при анализе сложившейся проблемной ситуации на предприятии, а также при разработке концепции и вариантов инновационного решения, на стадии анализа и выбора оптимального варианта, при оценке эффективности инновационного проекта, проведении маркетинговых исследований рынка аналогичных продуктов после этапа производства опытной партии нового продукта. Таким образом, маркетинговые исследования сопровождают практически весь ход инновационного процесса.

Разработанные методические рекомендации по организации и управлению инновационных процессов прошли апробацию и внедрены на предприятиях по производству строительных материалов, в НИИ строительных материалов, строительства и архитектуры (г. Шымкент, Республика Казахстан) и др. Моделирование инновационных процессов позволяет сократить время, ресурсы и сроки выполнения исследовательских и проектных работ, разработать более качественный и эффективный инновационный проект [5]. В противном случае возрастает вероятность получения некачественного проекта, в котором может быть допущено большое число ошибок в решении технико-экономических во-

просов, приводящих к более высоким затратам и потерям при создании и освоении инноваций.

Ключевые слова: инновационная деятельность, модели инновационного процесса.

Список литературы

1. Поршнев А.Г. Управление организацией. М.: ИНФРА, 2003. 716 с.
2. Грачева М.В. Инновационная деятельность в промышленности: теория и практика в странах рыноч-

ной экономики и инновационные опросы российских предприятий. М.: ИМЭМО, 2004. 367 с.

3. Каменева Г.К., Шипилов Ю.И. Система управления инновационными процессами на предприятии // Инновационный вестник регион. 2008. № 3. С. 51–53.
4. Cooper R.G. Winning at new products. Accelerating the process from idea to launch. Cambridge, MA: Perseus Publishing, 2001. 190 pp.
5. Бажиров Н.С., Мархаева Б.А. Функция контроллинга в принятии управленческого решения в инновационном проекте предприятия // Управление экономическими системами. Пенза, 2011. С. 8–10.



Региональная группа Международного союза лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ) в Содружестве Независимых Государств (CIS-RILEM)

Уважаемые коллеги!

Международный союз лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ – по аббревиатуре названия на французском языке) принял решение о создании на постсоветском пространстве своей Региональной группы, объединяющей русскоговорящих ученых и специалистов, готовых следовать уставу и целей РИЛЕМ.

РИЛЕМ – один из старейших международных профессиональных союзов. Он был основан в июне 1947 года с целью содействия международной кооперации в разработке современных методов исследований строительных материалов. Штаб-квартира РИЛЕМ традиционно находится в Париже.

Главные цели РИЛЕМ – поддерживать экологически чистое, безопасное и долговечное строительство; стимулировать новые направления исследований и их широкое применение, поддерживая высокое качество и технологичность строительства.

В настоящее время РИЛЕМ активно работает более чем в 70 странах мира. Реализация уставных задач достигается благодаря сотрудничеству лидирующих в практике строительства специалистов-экспертов, а также научных, академических, исследовательских, испытательных лабораторий, крупных подрядчиков, инвесторов и официальных организаций. Технический потенциал РИЛЕМ определяется более чем 1350 экспертами, вовлеченными в его работу.

Техническими комитетами РИЛЕМ разработано свыше 160 рекомендаций. Многие из них широко применяются в исследованиях, в практике строительства и используются международными организациями по стандартизации. Научно-технические отчеты, подготовленные в технических комитетах, представляют собой критическую оценку состояния специфических предметов исследований. Они часто заполняют пробелы в знаниях, одновременно предопределяя развитие стратегии и направлений дальнейших исследований.

РИЛЕМ издает журнал «Материалы и конструкции» (M&S), который выходит 10 раз в год на английском и французском языках. В нем публикуются результаты текущих исследований свойств и характеристик строительных материалов и конструкций, стандартизации методов испытаний и применения результатов исследований.

Информационную поддержку деятельности Региональной группы Международного Союза лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ) в Содружестве Независимых Государств (CIS-RILEM) осуществляют ведущие специализированные СМИ. Среди них – журнал «Строительные материалы» и др.

Международное сообщество хорошо помнит роль крупных советских ученых Б.Г. Скрамтаева, С.А. Миронова, К.Д. Некрасова в становлении этой организации, активную работу Б.А. Крылова и

А.В. Лагойды в Комитете по зимнему строительству, Н.А. Мощанского и В.В. Патуроева – в Комитете по полимербетонам, заслуги С.Н. Алексеева в развитии методов исследования состояния арматуры в железобетоне, участие Л.А. Малининой в рабочих группах по новым вяжущим и бетонам.

Российские специалисты подготовили ряд руководящих документов РИЛЕМ по жаростойким бетонам, по зимнему бетонированию, по защите от коррозии. Результатами их совместной работы с зарубежными коллегами стали создание единой классификации и терминологии по полимербетонам, а также ряда русско-французско-английских терминологических словарей.

И в наши дни участие специалистов из бывшего СССР в работе РИЛЕМ достаточно заметно, но явно недостаточно по своему потенциалу.

Понимая, что сегодня, в силу целого ряда причин, прежде всего финансовых и языковых, международные контакты специалистов стран СНГ с коллегами в области строительных материалов, систем и конструкций носят эпизодический характер, Генеральная ассамблея РИЛЕМ рекомендовала рассмотреть возможность вовлечения в работу союза большого числа местных специалистов и практиков, используя русский язык в качестве одного из рабочих языков Региональной группы. При этом предполагается обеспечить при необходимости перевод на русский язык и издание современных отчетов и рекомендаций RILEM, подготовленных техническими комитетами RILEM, активизировать информационный поток за счет перевода некоторых статей журнала Materials & Structures для национальных изданий. Одновременно планируется облегчить доступ к разным формам поддержки исследований через различные проекты, гранты и стипендии, в которых принимают участие члены RILEM.

Приступая к непростой работе по формированию Региональной группы, мы рассчитываем на поддержку научной и технической общественности стран СНГ, рабочих органов СНГ и формирующегося Евразийского союза, Международной инженерной академии и других заинтересованных общественных и профессиональных объединений.

В настоящее время подготовлена первая редакция устава будущей Региональной группы. Мы были бы крайне признательны за любые замечания и предложения по существу прилагаемого проекта. Дополнительную информацию о присоединении к РИЛЕМ можно получить на его сайте в сети Интернет www.rilem.net или в Рунете – www.rilem.ru; <mailto:vfalikman@yahoo.com>

**С надеждой на понимание и плодотворное сотрудничество
В. Фаликман, член Бюро РИЛЕМ, национальный делегат РИЛЕМ в РФ.**

Международная
специализированная выставка

Керамика

31 октября – 3 ноября 2012 года

МВЦ «Крокус Экспо», II павильон

www.keramikaexpo.ru



Тематические разделы:

- строительная керамика
- техническая керамика
- оборудование для изготовления керамики, инструмент
- сырьевые материалы
- художественная керамика

Телефон: +7 (495) 983-0651, +7 (916) 970-2191

E-mail: tolstikova@crocus-off.ru

Начато производство меламина на Ставрополье

ОАО «Минеральная химическая компания «Еврохим» завершило реализацию проекта по строительству первой в России установки по производству меламина; стоимость проекта составила 10,08 млрд р. Производство располагается на базе ОАО «Невинномысский азот» Ставропольского края. Инвестиции компании составили 10,08 млрд р. Проектная мощность 50 тыс. т в год, что позволит полностью удовлетворить потребности российского рынка в этом продукте и отказать от его импорта. Новое производство способствовало созданию 100 дополнительных рабочих мест. Благодаря запуску новой установки на предприятии будет увеличен объем продукции на 3 млрд р. Меламин

является ценным компонентом экологически чистых полимерных соединений, таких как пластмассы, лаки и клеи, а также имеет ключевое значение для лакокрасочной продукции и деревообрабатывающей промышленности. Кроме того, он используется для производства огнеупорных композиций и строительного бетона.

По прогнозу, объем отгруженной продукции «Невинномысского азота» увеличится на 12–15%; прибыль от реализации меламина составит 1,6–1,7 млрд р. в год; дополнительно в бюджет края поступит около 400 млн р.

По материалам ОАО «Минеральная химическая компания «Еврохим»

Растет производство строительной извести

С начала 2012 г. на рынке строительной извести наблюдается уверенный рост объемов производства и потребления. В апреле производство увеличилось на 13,0% к марту текущего года. Для сравнения, индекс производства по виду экономической деятельности «Производство прочих неметаллических минеральных продуктов», включающий производство базовых строительных материалов, увеличился на 5,9%. По сравнению с апрелем 2011 г. производство строительной извести увеличилось на 13,6%, а за период январь–апрель 2012 г. — до 642,2 тыс. т. (18,4% к соответствующему периоду прошлого года). Индекс производства строительной извести с начала текущего года также превышает индекс производства прочих неметаллических минеральных продуктов, который увеличился на 10,4% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Максимальный рост производства строительной извести в апреле 2012 г. в абсолютном выражении наблюдался на заводах Северо-Кавказского ФО — до 10,3 тыс. т (+5,2 тыс. т, или +102% к уровню марта) и Северо-Западного ФО — до 20,3 тыс. т (+4,3 тыс. т, или +26,9%). Сокращение производства строительной извести в апреле 2012 г. отмечалось на предприятиях

Дальневосточного ФО: -0,1 тыс. т (-100%). За период январь–апрель текущего года производство сократилось в Сибирском и Южном ФО на 1,6 и 17,3% соответственно.

Средние и крупные производители отгрузили в апреле 2012 г. на рынок РФ 156,8 тыс. т строительной извести, что на 6,4% больше, чем в марте 2012 г., и на 14,2% больше, чем в апреле 2011 г. За период январь–апрель 2012 г. потребление строительной извести увеличилось на 17,5% к соответствующему периоду 2011 г. — до 530 тыс. т., доля продаж средних и крупных предприятий снизилась на 0,6% и составила 82,5% от общего объема производства за отчетный период.

Средняя цена на известь строительную в апреле 2012 г. увеличилась на 5% к уровню марта — до 2176 р./т (цена производителя без НДС и доставки). С начала 2012 г. средняя цена извести строительной увеличилась на 3,1%.

Рост цен на строительную известь в апреле 2012 г. обусловлен увеличением цен негашеной извести на 6,3% (доля негашеной извести в структуре производства строительной извести в РФ в апреле 2012 г. составила 95,7%). Цена гашеной извести выросла на 1,8%.

По материалам инвестиционной компании «СМПро»

В Карагандинской области незагружены предприятия стройиндустрии

В Карагандинской области многие предприятия стройиндустрии загружены на уровне 50–70%. Это показал анализ, проведенный областным управлением предпринимательства и промышленности.

Обследовано около 500 предприятий по производству строительных материалов для разных отраслей. Согласно результатам по таким позициям, как цемент, железобетонные изделия, металлопластиковые изделия, известняк, раковины, радиаторы, сортопрокат, металлические, пластиковые трубы, щебень, в области имеются производственные мощности в достаточном количестве для покрытия потребности. Цемент в области производят два предприятия, их совокупная мощность около 2 млн т при потребности области 41 тыс. т. Загрузка мощностей в среднем 53%.

В сфере стройиндустрии за последние два года реализовано девять проектов, в которые инвестировано

около 3 млрд тенге. В этом году планируется запуск завода по производству безобжигового цемента.

В отрасли простаивает 8 промышленных объектов, в их числе три кирпичных завода, завод асбестоцементных изделий, завод по производству линолеума и др. В этом году планируется возобновить деятельность кирпичного завода в г. Шахтинске. Имеется также перспектива возобновления работы завода асбестоцементных изделий в поселке Актау.

Кроме того, на совещании был представлен проект строительства нового современного кирпичного завода в г. Темиртау на площадке простаивающего предприятия. Его мощность 30 млн шт. керамического кирпича в год. Готовность завода составляет 80–85%, ведутся пусконаладочные работы.

В Карагандинской области предприятия по производству стройматериалов в основном базируются в Караганде (33,2%) и Темиртау (46,5%).

По материалам агентства «КазИнформ»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Начал работу первый индустриальный парк Северного Кавказа

В конце мая 2012 г. начал работу первый в СКФО региональный индустриальный парк «Невинномысск». Первым предприятием стал завод по производству сэндвич-панелей из пенополиуретана ООО «Лиссант-Юг». Общий объем инвестиций в строительство завода составил более 450 млн р., срок строительства около двух лет. Создано более 100 рабочих мест. Объем налоговых отчислений составит 250 млн р.

«Лиссант-Юг» сможет ежегодно выпускать до 1,5 млн м² сэндвич-панелей и около 1 млн м² систем вентиляции. Завод в Невинномысске оснащен современными линиями итальянской фирмы Cannon. Готовая продукция завода будет поставляться в регионы СКФО и ЮФО для строительства многоэтажного и малоэтажного жилья, производственных, офисных объектов и объектов инфраструктуры сельского хозяйства. В числе преимуществ, которые дало компании размещение нового заво-

да на инвестиционной площадке в индустриальном парке Невинномысска, следует указать доступность земельных участков, возможность подключения к объектам инфраструктуры и отсутствие административных барьеров.

На данный момент РИП «Невинномысск» – это 200 га освоенной территории первой очереди и начало реализации его второй части в 500 га. Десять предприятий-резидентов направляют более 10 млрд р. на строительство новых заводов: стеновых панелей, арматуры, комплексных модификаторов асфальтобетона для ремонта и строительства автодорог, металлопрофиля и др. Всего открытие предприятий первой очереди парка обеспечит, не считая периода строительства, создание 1300 новых рабочих мест. Ожидается, что РИП «Невинномысск» позволит привлечь 35 млрд р. инвестиций; создать около 10000 новых рабочих мест, включая этап строительства; налоговые поступления ожидаются в размере 3,5 млрд р. в год, объем выпуска продукции – 40 млрд р. в год.

По материалам компании «Лиссант-Юг»

«Группа Магnezит» ввела в действие новую линию

ОАО «Группа Магnezит» ввело в действие новую линию производства легковесных огнеупоров на Кыштымском огнеупорном заводе (г. Кыштым, Челябинская область).

Мощность линии по производству шамотных легковесных изделий объемом весом 1,3 г/см³ составит до 200 т в месяц. Такие изделия применяются в футеровке рабочих зон печей, которые не подвергаются действию расплавов шлака, металла, истирающих усилий и механических ударов, или в качестве теплоизоляции в различных тепловых агрегатах металлургической промышленности, машиностроения, индустрии строительных

материалов, энергетики, химической промышленности и других.

В начале 2012 г. на этом же предприятии введена в эксплуатацию линия по производству ультралегковесных огнеупоров объемом весом 0,4 г/см³. Проектная мощность линии составляет 10–12 т в месяц.

Линии по производству легковесных и ультралегковесных огнеупорных изделий размещены в действующем смесительно-прессовом отделении № 1 помольно-обжигового цеха производства шамотных огнеупоров. Объем инвестиций в проект по запуску этих линий составил 7,2 млн р.

По материалам компании «Группа Магnezит»

ГВСУ «Центр» строит новый завод

В рамках широкомасштабной программы модернизации производства холдинговая компания ГВСУ «Центр» возводит новый корпус «250 ЗЖБИ» в г. Серпухове Московской области. Основное назначение нового производственного корпуса – производство плит перекрытий и лифтовых шахт общим объемом 60 тыс. м³, или 375 тыс. м² изделий в год. Строительство ведется за счет как собственных, так и заемных денежных средств. Инвестиции в строительство составят 700 млн р. Предполагаемый срок окупаемости проекта 5 лет.

Новый корпус возводится на территории предприятия рядом с существующим формовочным цехом. Производственный корпус будет включать несколько

узлов: формовочный цех (общей площадью 4800 м², размером 30×162 м, с автоматизированной линией циркуляции поддонов немецкой фирмы ZOMMER); арматурный цех (общей площадью 3400 м², размером 27×126 м, с автоматизированной линией сварки сеток и объемных каркасов итальянской фирмы AWM); бетонно-смесительный узел и бытовой корпус.

Сдача объекта в эксплуатацию запланирована на декабрь 2012 г. После завершения строительства запланировано проведение работ по поэтапной модернизации существующего формовочного производства «250 ЗЖБИ».

Всего на цели модернизации за три года планируется направить более 3 млрд р. (около 1 млрд р. в 2011г., в 2012-м – 1,2 млрд р.).

По материалам холдинговой компании ГВСУ «Центр»

Цемент дорожал быстрее других стройматериалов

В России средняя стоимость всех основных стройматериалов в мае по сравнению с апрелем 2012 г. повысилась, при этом сильнее всего выросли цены на цемент – на 5,2%. Эксперты также зафиксировали серьезное подорожание в сегменте торговли керамическим кирпичом, где за прошлый месяц цены поднялись в среднем на 2,8%. Средняя стоимость нерудных строительных материалов в мае повысилась на 2,4%; железобетонных изделий – на 1,7%; товарного бетона и готовых цементных

растворов – на 0,4%; черного металлопроката – на 0,2%.

При этом повышение средних цен на основные виды черного металлопроката, используемые в строительстве (арматура, балка, швеллер, уголок, профнастил, ПВХ), в мае составило 1,2–2,5%.

В Московском регионе ситуация складывается аналогичным образом: подорожание отмечено во всех сегментах, причем, как и в целом по России, здесь лидирует сегмент цемента, чья средняя стоимость выросла за месяц на 5,3%.

По материалам Национальной ассоциации сметного ценообразования и стоимостного инжиниринга

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

В список литературы НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.
2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.
3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.
4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

В списках литературы ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.
2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>

Строительная и интерьерная выставка

SibBuild

СтройСиб

Новосибирск Экспоцентр



5-8 февраля 2013

- Строительные материалы и оборудование
- Инструменты и крепеж
- Натуральный и искусственный камень
- Бетоны. Растворы
Бетонные заводы

19-22 февраля 2013

- Отделочные материалы
- Двери и замки
- Краски. Сухие строительные смеси
- Керамика. Сантехника
- Инженерное оборудование
- Электрика. Системы автоматизации зданий



Генеральный интернет-партнер



ITE Сибирская Ярмарка
ул. Станционная, 104
тел.: +7 (383) 363 00 63
sibbuild@sibfair.ru
www.sibfair.ru

Генеральный информационный спонсор



Официальный партнер



Генеральный интернет-партнер



Информационные партнеры



Станки и оборудование для упаковки

Heavy Clay Jewels

«жемчужин» грубой керамики



например:
автоматы упаковки в термоусадочную плёнку

novocerlic

KELLER H.C.W.

morando

Rieter

KELLER HCW GmbH

Карл-Келлер-Штрассе 2-10 • 49479 г. Иббенбюрен-Лаггенбек
Германия

Глава Представительства в РФ и СНГ:

Готтфрид Ристль

Телефон: 8 495 6462821 • Телефакс: 8 495 6462834

Сотовый телефон: 8 495 2114749

Электронная почта: ristl@keller-hcw.ru • www.keller-hcw.ru

Наш новый адрес:

ООО КЕЛЛЕР ВОСТОК

ул. 2-ая Хуторская, дом 38а, стр. 9, офис 31

127287 г. Москва • Россия

KELLER A DIVISION OF GROUPE LEGRIS INDUSTRIES