

60 ЛЕТ С ОТРАСЛЮ

Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] №10



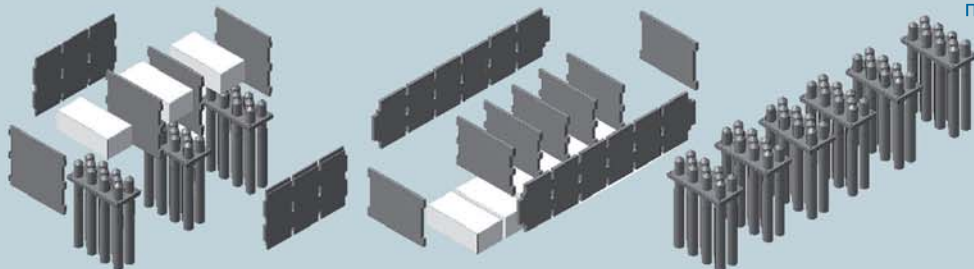
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ ISSN 0585-430X ИЗДАЕТСЯ С 1955 г. WWW.RIFSM.RU ОКТЯБРЬ 2015 г. (730)



Людков В. 2015 г.

В. Люлков, «Пенза. Театральная площадь»

CM 152, 294, 816
CM 1085 CMK 491
PA-550
BSP 500, 600, 700
WKP 600 WKP 750
АКД 0537
Донпрессмаш
Besser



прессы Masa-Henke
HDP DORSTENER
VIKING
HF HAIYUAN
DRAGON
FUKAI
прессы LASCO
KSP KSE



Высокоизносостойкая оснастка для кирпичных заводов
(8412) 69-82-28 и (8412) 69-82-29 www.firmavizo.ru



**ЗАВОД
ТЕХПРИБОР**

Тульская обл., г. Щекино
ПРЕДЛАГАЕТ

МЕЛЬНИЦЫ «ТРИБОКИНЕТИКА»



miningworld
RUSSIA

Диплом за лучшую
мельницу тонкого помола*

ОСМ 2015

Диплом за лучший
мельничный комплекс



Всё перемелется!

* Диплом за лучшую мельницу тонкого помола российского производства по версии выставки Miningworld Russia.



Завод «ТЕХПРИБОР» РФ, Тульская область, г. Щекино, ул. Пирогова, д.43
Контактные телефоны: (48751) 9-05-95, 9-05-96, 9-05-21, 9-05-46
E-mail: manager@tpribor.ru / www.tpribor.ru

Учредитель журнала:
 ООО Рекламно-издательская
 фирма «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
 Журнал зарегистрирован
 Министерством РФ по делам
 печати, телерадиовещания
 и средств массовой информации
 ПИ №77–1989
Входит в Перечень ВАК
 и государственный
 проект РИНЦ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№ 10

Основан в 1955 г.

(730) октябрь 2015 г.

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

РЕСИН В. И.,
 председатель, д-р экон. наук,
 профессор, академик РААСН (Москва)

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

БУРБАНОВ А. Ф.,
 д-р техн. наук, директор Российской
 гипсовой ассоциации (Москва)

БУТКЕВИЧ Г. Р.,
 канд. техн. наук, член правления
 Ассоциации «Недра» (Москва)

ВАЙСБЕРГ Л. А.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РАН
 (Санкт-Петербург)

ВЕРЕЩАГИН В. И.,
 д-р техн. наук, профессор (Томск)

ГОРИН В. М.,
 канд. техн. наук, президент Союза
 производителей керамзита и
 керамзитобетона (Самара)

ЖУРАВЛЕВ А. А.,
 Президент Ассоциации «Недра» (Москва)

КОРОЛЕВ Е. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Москва)

КРАСОВИЦКИЙ Ю. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Воронеж)

КРИВЕНКО П. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Украина)

ЛЕОНИЧ С. Н.,
 д-р техн. наук, профессор (Беларусь)

ЛЕСОВИК В. С.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РААСН (Белгород)

ОРЕШКИН Д. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Москва)

ПИЧУГИН А. П.,
 д-р техн. наук, профессор
 (Новосибирск)

ПУХАРЕНКО Ю. В.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РААСН
 (Санкт-Петербург)

ФЕДОСОВ С. В.,
 д-р техн. наук, профессор,
 академик РААСН (Иваново)

ФИШЕР Х.-Б.,
 доктор-инженер (Германия)

ХЕЛМИ Ш. С.,
 канд. техн. наук (Египет)

ХОЗИН В. Г.,
 д-р техн. наук, профессор (Казань)

ЧЕРНЫШОВ Е. М.,
 д-р техн. наук, профессор,
 академик РААСН (Воронеж)

ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.,
 канд. техн. наук (Омск)

ЯКОВЛЕВ Г. И.,
 д-р техн. наук, профессор (Ижевск)

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 журнал «Строительные материалы»®, 2015

Силикатные строительные материалы

Актуализированная редакция ГОСТ 379 4

Е.И. ШМИТЬКО, Н.А. ВЕРЛИНА
 Процессы пресс-формования и их влияние на качество кирпича-сырца 5

М.В. КОРНЕВ, Т.П. КОРНЕВА
 Стойкость силикатных материалов в воде и агрессивных средах 8

Г.В. КУЗНЕЦОВА
 Запаривание силикатного кирпича в автоклаве 10

И.А. ГАЛЕЕВ
 Применение насосов с сервомотором на постоянных магнитах
 в тяжелых гидравлических прессах 15

TEREX-Lime – новое производство извести 18

Дзержинскому заводу силикатного кирпича ООО «Силикатстрой» – 85 лет 20

Профессиональное оборудование для производства
 и упаковки силикатного кирпича 25

Автоматизация процесса упаковки силикатного кирпича
 полимерными лентами. Альтернатива упаковке пакетов
 в термоусадочную пленку 27

Крупнопанельное домостроение

Формула современного строительства:
 «Прочность. Польза. Красота» + Доступность 28

Итальянская компания Nordimpianti – лидер безопалубочного формования
 в Тюменской области 36

Современная линия для производства предварительно напряженных
 пустотных плит 38

А.И. КУДЯКОВ, В.С. ПЛЕВКОВ, К.Л. КУДЯКОВ, А.В. НЕВСКИЙ, А.С. УШАКОВА
 Совершенствование технологии изготовления базальтофибробетона
 с повышенной однородностью 44

Нанотехнологии в строительстве

И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, В.В. НЕЛЮБОВА, В.В. СТРОКОВА, Е.Г. ОСАДЧИЙ
 Фазообразование вяжущих в системе известь – гранитное НВ в условиях
 автоклавного твердения 49

Е.М. ЧЕРНЫШОВ, О.В. АРТАМОНОВА, Г.С. СЛАВЧЕВА
 Концепции и основания технологий наномодифицирования структур
 строительных композитов. Часть 3. Эффективное наномодифицирование
 систем твердения цемента и структуры цементного камня
 (критерии и условия) 54

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

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.

Founder of the journal:
«STROYMATERIALY»
Advertising-Publishing Firm, OOO

The journal is registered
by the RF Ministry of Press,
Broadcasting and Mass
Communications,
PI № 77-1989

Monthly scientific-technical and industrial journal

STROYMATERIALY® No. 10

Founded in 1955

(730) October 2015 r.

Editor-in-chief

YUMASHEVA E.,
engineer-chemist-technologist,
Honorary Builder of Russia

Editorial Board

RESIN V.,
Chairman, Doctor of Sciences (Economy),
Professor (Moscow)

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

BUR'YANOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering), Director
of the Russian Association of gypsum
(Moscow)

BUTKEVICH G.,
Candidate of Sciences (Engineering),
member of the Board of Association
«Nedra» (Moscow)

VAYSBERG L.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding Member of RAS
(St. Petersburg)

VERESHCHAGIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Tomsk)

GORIN V.,
Candidate of Sciences (Engineering),
President of the Union of Haydite and
Haydite Concrete Producers (Samara)

ZHURAVLEV A.,
President of the Association «Nedra»
(Moscow);

KOROLEV E.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Moscow)

KRASOVITSKY Yu.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Voronezh)

KRIVENKO P. V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Ukraine)

LEONOVICH S.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Belarus, Minsk)

LESOVIK V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding Member of RAACS
(Belgorod)

ORESHKIN D.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Moscow)

PICHUGIN A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Member of the Russian Academy
of Natural Sciences (Novosibirsk),

PUKHARENKO Yu.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (St. Petersburg)

FEDOSOV S.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Academician of RAACS (Ivanovo)

KHOZIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Kazan)

CHERNYSHOV E.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor, Academician of RAACS
(Voronezh)

SHLEGEL I.,
Candidate of Sciences (Engineering),
OOO «INTA-Stroy» (Omsk)

YAKOVLEV G.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Izhevsk)

FISHER H. -B.,
Doctor-Engineer (Germany, Weimar)

KHELMI Sh. S.,
Candidate of Sciences (Engineering)
(Egypt, Cairo)

Silicate building materials

Actualized Edition of GOST 379 4

E.I. SHMIT'KO, N.A. VERLINA

Press-Molding Processes and Their Influence on Adobe Brick Quality 5

M.V. KORNEV, T.P. KORNEVA

Resistance of Silicate Materials in Water and Aggressive Media 8

G.V. KUZNETSOVA

Steam Curing of Silicate Brick in Autoclave 10

I.A. GALEEV

**The Use of Pumps with Servomotors at Permanent Magnets
in Heavy Hydraulic Presses** 15

TEREX-Lime – New Lime Production 18

Dzerzhinsk Silicate Brick Factory OOO «Silikatstroy»: 85 Years 20

Professional Equipment for Manufacturing and Packing of Silicate Brick 25

**Automation of Silicate Brick Packing Process with Polymeric Tapes.
Alternative to Packages Packing with Heat-Shrink Tape** 27

Large-panel housing construction

Modern Construction Formula: «Strength. Usefulness. Beauty» + Availability 28

**Italian Company Nordimpianti – Leader of Off-Shuttering Molding
in Tyumen Region** 36

Modern Line for Producing Pre-stressed Hollow Slabs 38

A.I. KUDYAKOV, V.S. PLEVKOV, K.L. KUDYAKOV, A.V. NEVSKY, A.S. USHAKOVA

**Improvement in Manufacturing Technology of Basalt Fiber Concrete
with Increased Uniformity** 44

Nanotechnologies in construction

I.V. ZHERNOVSKIY, V.V. NELYUBOVA, V.V. STROKOVA, E.G. OSADCHIY

**Phase Formation of Binders in the System «Lime – Granite NB»
in Autoclaved Hardening Conditions** 64

E.M. CHERNYSHEV, O.V. ARTAMONOVA, G.S. SLAVCHEVA

**Concepts and Technology Base Nanomodification of Structures of Building Composites.
Part 3: Effective Nanomodification of Systems and Structures of Cement Hardening
Cement Stone (Criteria and Conditions)** 54

Editorial address: 9/3 Dmitrovskoye Highway,
127434, Moscow, Russian Federation
Tel./fax: (499) 976-22-08, 976-20-36
Email: mail@rifsm.ru http://www.rifsm.ru

The authors of published materials are responsible for the accuracy of the submitted information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public. The Editorial Staff can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author. Reprinting and reproduction of articles, promotional and illustrative materials are possible only with the written permission of the editor-in-chief. The Editorial Staff is not responsible for the content of advertisements and announcements.

Строительные материалы № 10

К.А. САРАЙКИНА, В.А. ГОЛУБЕВ, Г.И. ЯКОВЛЕВ, Г.Д. ФЕДОРОВА, Г.Н. АЛЕКСАНДРОВ, Т.А. ПЛЕХАНОВА, И.Г. ДУЛЕСОВА

Модификация базальтофибробетона нанодисперсными системами..... 64

Технологии и оборудование

А.В. ОСТРОУХ, И.В. НЕДОСЕКО, А.А. АЙСАРИНА, М.И. СТРУГОВЕЦ

**Проектирование автоматизированной системы управления заводами и установками
по производству растворяемых и бетонных смесей 70**

Л.В. ЯНКОВСКИЙ, Н.Е. КОКОДЕЕВА, Ю.А. ТРОФИМЕНКО, Ш.Н. ВАЛИЕВ, И.Г. ШАШКОВ

Применение цифрового микроскопа при мониторинге пешеходных покрытий мостовых сооружений..... 75

Результаты научных исследований

Ю.Г. МЕЩЕРЯКОВ, С.В. ФЕДОРОВ

Проблемы применения проникающей гидроизоляции 80

А.И. ПИМЕНОВ, Р.А. ИБРАГИМОВ, В.С. ИЗОТОВ

**Влияние ультразвуковой обработки цементного теста на физико-механические свойства
цементных композиций 82**

В.И. ЛОГАНИНА, М.В. АРИСКИН, О.В. КАРПОВА, К.В. ЖЕГЕРА

**Оценка трещиностойкости отделочного слоя на основе сухой клеевой смеси
с применением синтезированных алюмосиликатов 86**

Stroitel'nye Materialy No. 10

K.A. SARAYKINA, V.A. GOLUBEV, G.I. YAKOVLEV, G.D. FEDOROVA, G.N. ALEKSANDROV, T.A. PLEKHANOVA, I.G. DULESOVA

Modification of Dasaltfiberconcrete by Nanodispersed System 64

Technologies and equipment

A.V. OSTROUH, I.V. NEDOSEKO, A.A. AISARINA, M.I. STRUGOVEC

Design of Automated System of Control of Factories and Plants for Production of Mortar and Concrete Mixes 70

L.V. YANKOVSKY, N.E. KOKODEEVA, Yu.A. TROFIMENKO, Sh.N. VALIEV, I.G. SHASHKOV

The Use of a Digital Microscope When Monitoring Macro-roughness of Pavements of Pedestrian Bridge Structures 75

Results of scientific research

Yu.G. MESHCHERYAKOV, S.V. FEDOROV

Problems of Use of Penetrating Waterproofing 80

A.I. PIMENOV, R.A. IBRAGIMOV, V.S. IZOTOV

Influence of Ultrasonic Treatment of Cement Paste on Physical-Mechanical Properties of Cement Compositions 82

V.I. LOGANINA, M.V. ARISKIN, O.V. KARPOVA, K.V. ZHEGERA

**Evaluation of Crack Resistance of a Finishing Layer on the Basis of Dry Glue Mix with the Use
of Synthesized Aluminum Silicates 86**

АКТУАЛИЗИРОВАННАЯ РЕДАКЦИЯ ГОСТ 379

В эпоху СССР в конце XX в. в стране работало 108 силикатных заводов. До 1992 г. СССР занимал первое место в мире по выпуску силикатного кирпича. Такой успех во многом был предопределен лидерством в науке и технике, передовыми достижениями 50–60-х гг. Научному прогрессу способствовали профильные отраслевые институты (ВНИИСтром им. П.П. Будникова, Московская обл.; НИПИ Силикатобетон, Эстония).

С распадом СССР финансирование институтов прекратилось, произошел отток кадров и резкое снижение объема исследовательских работ. В результате институты де-факто прекратили свое существование. Силикатные заводы оказались предоставлены сами себе. С прекращением существования Госстроя исчезла и руководящая роль государства в строительном секторе.

Наука и технологии во всем мире далеко шагнули вперед. В России при строительстве используются технологии 40–50-летней давности.

На западе доля силикатных изделий в сегменте стеновых материалов только увеличивается. В Германии, Нидерландах, Австрии, Швейцарии несущая верста выполняется из силикатных крупноформатных блоков, а кирпич используется только для облицовки фасадов. Такое строительство выгодно отличается скоростью за счет сокращения трудозатрат, экономией растворных смесей, лучшей тепло-технической однородностью конструкций и прочностными характеристиками. Применение средств механизации способно сократить сроки строительства в десять и более раз. Выгода от перехода на крупноформатные силикатные изделия очевидна.

Между Россией и странами Западной Европы, а также Китаем в развитии строительного комплекса огромная пропасть. На данный момент одной из главных проблем является устаревшая нормативная база. Государством выделяются мизерные средства на переработку стандартов. Промышленность строительных материалов выпускает продукцию в лучшем случае по устаревшим ГОСТам, в худшем – по ТУ, которые написаны в соответствии с задачами отдельных предприятий и заводы вправе производить что угодно.

В настоящее время силикатная промышленность РФ включает около 70 заводов, из них более трети малой мощности. Передовые силикатные заводы сами проводят полномасштабную модернизацию, вкладывают огромные средства, приобретают современное иностранное технологическое оборудование. Часть заводов освоила выпуск очень качественной, новой для России продукции: силикатных пазогребневых блоков, плит для перегородок. Стандарт на продукцию ГОСТ 379–95, который не пересматривался 20 лет, не предусматривает выпуска других видов изделий, кроме кирпича и камня. За два десятилетия произошли колоссальные изменения как в технологии изготовления силикатных материалов, так и в технологии строительства. Срочно требовалась переработка архаичного документа.

Роль координатора в решении поставленных задач и сокращения отставания должно взять на себя государство в лице Министерства строительства. Вследствие бездействия органов власти заводы – производители стеновых материалов вынуждены сами решать государственные проблемы и тратить собственные средства.

Наиболее прогрессивной частью заводов, работающих на перспективу, в 2010 г. было создано Некоммерческое партнерство «Ассоциация производителей силикатных изделий» (АПСИ), которое взяло на себя миссию по продвижению современных материалов. Не последнюю роль в создании Ассоциации сыграла редакция журнала «Строительные материалы»[®]. Площадкой для обсуждения проблем и объединения силикатчиков стала ежегодная научно-практическая конференция СИЛИКАТЭкс.

Основными направлениями деятельности АПСИ стали:

- пропаганда современных, экологически чистых, долговечных материалов;
- нормотворческая деятельность;
- обмен производственным опытом.

Из ведущих специалистов предприятий была создана рабочая техническая группа, усилия которой направились на создание новых и изменение устаревших нормативных документов. Главной задачей, стоящей перед технической группой, являлась актуализация ГОСТ 379. Некоммерческим партнерством был заключен договор с ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко на совместную разработку актуализированной версии стандарта. Специалистами ЦНИИСК было внесено несколько значимых предложений, но основная работа по составлению и сопровождению документа проводилась технической группой ассоциации.

Следует отметить, что техническая группа занялась уже шестой оптимизацией настоящего документа. Первая редакция ГОСТ 379 появилась в далеком 1941 г. под названием «Кирпич силикатный (известково-песчаный)» и умещалась на одной странице. В 1979 г.

к кирпичу добавился камень, в заглавии появилась надпись «технические условия». Статус межгосударственного стандарт приобрел в 1995 г. Нумерацию и статус документа было решено не менять. Стандарт по возможности был гармонизирован с европейскими нормами EN 771.2. В декабре 2013 г. было получено положительное экспертное заключение от ТК 465 «Строительство», учтены замечания. За принятие стандарта проголосовали семь республик, в ходе обсуждения отзывов внесен ряд незначительных поправок.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 379–2015 «Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные» принят на заседании Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации 30 января 2015 г. (протокол № 74-П). Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 апреля 2015 г. № 246-СТ межгосударственный стандарт введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 октября 2015 г.

В документе даны четкие определения: блок, плита перегородочная, пазогребневое соединение, кирпич декоративный, фактурный, колотый, рустированный. В соответствии с международными правилами теперь везде должна указываться не толщина, а высота изделия.

Существенно расширен ассортимент выпускаемой продукции от кирпича формата «Евро» до крупненннх блоков длиной до 1 м, представлены новые виды продукции. Учтены все типоразмеры выпускаемой продукции членов НП АПСИ. Снято ограничение по массе для кирпича.

Введены классы средней плотности изделий, так как большинство из них имеют технологические пустоты и пустоты, предназначенные для снижения массы и улучшения теплоизоляционных характеристик кладки.

Введена новая система условных обозначений изделий, представлены примеры обозначений всех видов изделий. Включен раздел, касающийся упаковки изделий, четко прописано содержание маркировки.

Ужесточились требования к физико-механическим показателям (прочность и морозостойкость). Минимальная марка по морозостойкости F25, по прочности – M100 для лицевых изделий, для камня – M125. Снижение прочности при определении морозостойкости рядовых и лицевых изделий не должно превышать 20%. Повышение требований обусловлено стремлением обеспечить безопасность зданий и сооружений. Ужесточились требования к допускам по геометрическим размерам изделий. Изделия, предназначенные для кладки на тонкошовных растворах, должны изготавливаться с допусками по высоте и параллельности опорных граней +/- 1 мм.

В то же время сделано несколько послаблений в отношении характеристик, касающихся внешнего вида и не влияющих на безопасность зданий и сооружений. На рисунках в стандарте представлены характерные трещины, отмечено, какие являются допустимыми. Какими либо специфическими требованиями к пазогребневому соединению умеренно не выдвинуто.

Отменен двухступенчатый контроль по внешнему виду, когда необходимо было отобрать 80 образцов на первом этапе и 80 – на втором, что ни на одном заводе не выполнялось. Количество образцов для испытаний назначено исходя из реальных условий. Так, уменьшение количества образцов при испытании на морозостойкость связано не только с облегчением труда женщин-лаборантов, но и с размерами блоков и самих морозильных камер.

Изменения коснулись понятия «партия». В реальных условиях не всегда было возможно принять каждый автоклав (партию) в соответствии со стандартом. Кроме того, по причине большого ассортимента продукции зачастую невозможно загружать автоклав одним видом продукции. В новой редакции закреплена максимальная масса партии в размере суточной выработки производства. Предоставлена возможность использования ультразвукового метода и метода ударного импульса при определении предела прочности изделий при сжатии.

В целом документ можно считать прогрессивным, он должен способствовать развитию отрасли и повышению доверия потребителя к новым перспективным видам силикатных изделий.

Основные изменения в стандарте:

1. Расширение номенклатурного ряда. Появление новых видов изделий.
2. Ужесточение требований к прочностным характеристикам и морозостойкости, к геометрическим размерам.
3. Упрощение процедуры приемки. Возможность применения альтернативных методов контроля.

**М.В. Корнев, канд. техн. наук,
техническая группа НП АПСИ**

УДК 666.965.2

Е.И. ШМИТЬКО, д-р техн. наук, Н.А. ВЕРЛИНА, канд. техн. наук (verlnata@mail.ru)

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84)

Процессы пресс-формования и их влияние на качество кирпича-сырца

Представлены научные основы и практические результаты, касающиеся причин разуплотнения структуры отпрессованного сырца силикатного и керамического кирпича. Основная причина этого явления кроется в большой поверхностной энергии дисперсных частиц твердой фазы, под воздействием которой вода в формовочной смеси становится связанной в виде поверхностных пленок или межзерновых капилляров. Под воздействием внутренних сил происходит самоуплотнение или саморазуплотнение формовочной смеси. Немаловажным является также внутреннее напряжение в отформованном кирпиче, создаваемое гидростатическим давлением защемленного воздуха. Даются практические рекомендации по оптимизации действия этих факторов, которые сводятся к управлению влажностным состоянием исходной формовочной смеси и использованию формовочных прессов, реализующих двухстадийный режим пресс-формования.

Ключевые слова: силикатный кирпич, формование, сырец, формовочная смесь, дисперсные частицы.

E.I. SHMITKO, Doctor of Sciences (Engineering), N.A. VERLINA, Candidate of Sciences (Engineering) (verlnata@mail.ru)
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering (84, 20-letiya Oktyabrya Street, 394006, Voronezh, Russian Federation)

Press-Molding Processes and Their Influence on Adobe Brick Quality

Scientific basis and practical results concerning the reasons for structure decompaction of pressed adobes of silicate and ceramic bricks are presented. The main reason for this phenomenon lies in the large surface energy of disperse particles of the solid phase, under the influence of which the water in the molding mixture becomes connected in the form of surface films or inter-granular capillaries. Under the impact of internal forces, self-compaction or self-decompaction of the molding mix occurs. An internal stress in the molded brick caused by hydro-static pressure of entrapped air is also important. Practical recommendations for optimizing the action of these factors are made. They are the control over humidity state of an initial molding mixture and the use of molding presses implementing the two-stage regime of press-molding.

Keywords: silicate brick, molding, adobe, molding mixture, disperse particles.

Современное прессовое оборудование позволяет получить кирпич достаточно высокого качества. И тем не менее используются не все возможности в этом направлении. Некоторые из них рассмотрим в данной статье. Речь идет о балансе внутренних напряжений на микро- и макроуровнях, возникающих в процессе пресс-формования кирпича, как силикатного, так и керамического.

Напряжения на микроуровне обусловлены поверхностными силами твердых частиц, составляющих формовочную массу; напряжения на макроуровне обусловлены величиной прессового давления и динамикой его приложения. Рассмотрим поочередно каждый из этих факторов.

Поверхностные силы являются следствием разорванных или незаполненных внутренних связей между элементарными частицами, составляющими микроструктуру любого вещества [1]. Наибольшей поверхностной энергией обладают твердые вещества, а в их ряду — тонкодисперсные, типа частиц цемента, извести, молотого песка, так как они имеют большую свободную поверхность относительно массы.

В процессах пресс-формования твердые частицы находятся в контакте с водой затворения, которая также проявляет поверхностные силы на границе с твердой фазой. Взаимодействие поверхностных сил на границе твердой и жидкой фаз переводит всю воду затворения при ее малом количестве в пленочное состояние. Вода при этом приобретает жесткую структуру, препятствующую непосредственному контакту твердых частиц между собой, т. е. проявляется расклинивающий эффект. С увеличением расхода воды до определенного предела расклинивающий эффект возрастает. Однако поверхностные силы со стороны твердой фазы по мере удаления от нее постепенно ослабевают, в связи с чем молекулы воды втягиваются в образующиеся пленки все слабее и, наконец, этот процесс совсем приостанавливается. Появляется так называемая объемно-капиллярная вода, заполняющая вначале самые тонкие промежутки между твердыми частицами. Главным структурообразу-

ющим фактором становится поверхностное натяжение воды на границе с воздушной фазой, которая до определенной степени влажности присутствует в структуре материала. Поверхностное натяжение создает в капиллярных порах отрицательное давление, что способствует сближению твердых частиц. Таким образом, возникающие внутренние напряжения способствуют или дополнительному самоуплотнению, или, наоборот, разуплотнению формирующейся структуры материала.

Наиболее четко механизмы этих явлений прослеживаются на свободноуложенных (без приложения внешних сил) системах дисперсный порошок–вода в виде кривых плотности, отражающих изменение этого показателя в процессе самоорганизации структуры [2, 3].

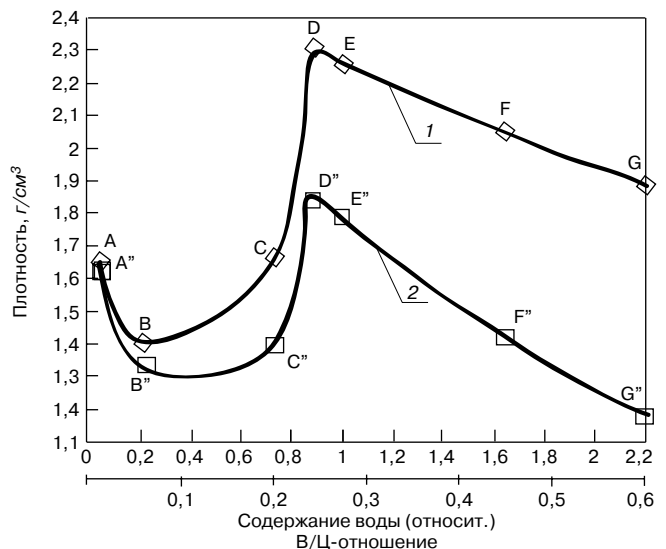


Рис. 1. Изменение плотности цементно-водной дисперсии в зависимости от содержания воды: 1 — кривая плотности цементно-водной дисперсии; 2 — кривая парциальной плотности твердой фазы

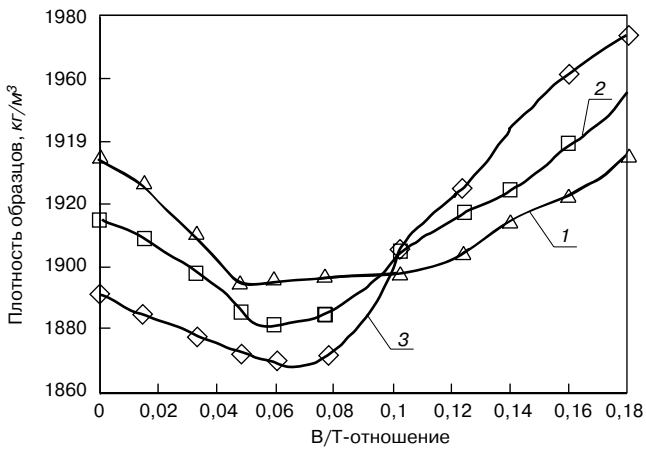


Рис. 2. Зависимость плотности прессованных образцов-сырцов от В/Т и дисперсности песка при постоянном прессовом давлении $P=50$ МПа: 1 – $S_{уд}$ 100 м²/кг; 2 – $S_{уд}$ 300 м²/кг; 3 – $S_{уд}$ 400 м²/кг

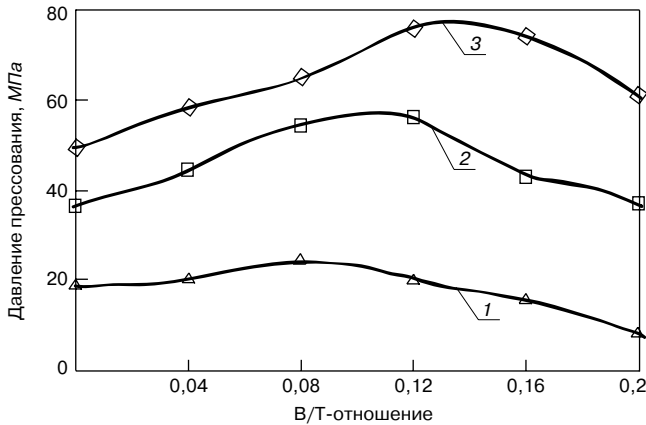


Рис. 3. Зависимость прессового давления от В/Т и дисперсности песка при заданной межзерновой пористости $P=40\%$: 1 – $S_{уд}$ 100 м²/кг; 2 – $S_{уд}$ 300 м²/кг; 3 – $S_{уд}$ 400 м²/кг

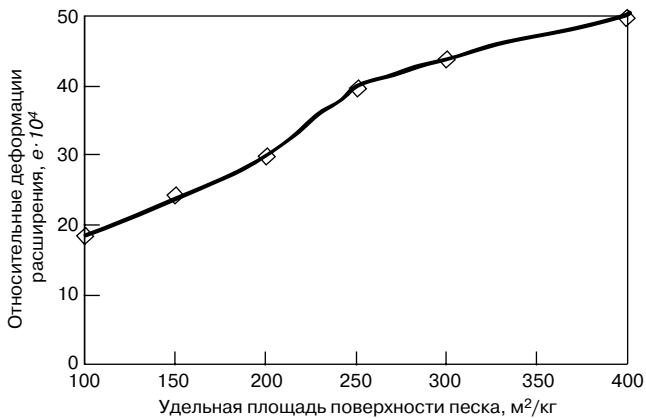


Рис. 4. Зависимость величины относительной деформации образцов после снятия прессовой нагрузки от различной дисперсности песка

Кривая плотности системы цемент–вода представлена на рис. 1 и включает два участка: нисходящей плотности (АВ и СD) и восходящей плотности (BC). Нисходящий участок АВ авторы связывают с размещением первых порций воды на зернах цемента пленочно с проявлением пленочного расклинивающего эффекта [1], который и вызывает разуплотнение системы. Но при достижении влажности, соответствующей точке В, расклинивающий эффект уступает капиллярному и в дальнейшем за счет действия капиллярных стягивающих сил происходит самоуплотнение системы (участок ВС). На этом участке влажности точка С является особой – она соответствует переходу трехфазной системы (твердое–жидкость–газ) в

двухфазную (твердое–жидкость). При этом из баланса внутренних сил выключается главная сила – сила поверхностного натяжения на границе жидкость–газ и система теряет способность к самоуплотнению, так как она становится полностью оводненной.

При добавлении воды в пределах точек D и E капиллярный потенциал полностью исчерпывается и дальнейшее добавление воды вплоть до точки G и далее способствует разуплотнению системы.

Таким образом, соотношение пленочной и капиллярной воды и соответственно пленочных расклинивающих и капиллярных стягивающих сил предопределяет направление самоорганизации структуры любой дисперсной системы.

В процессах прессформования кирпича внутренние силы оказывают значительное влияние как на достигнутую плотность сырца, так и на энергетические затраты на процесс пресс-формования.

Продемонстрируем это. На рис. 2 представлены экспериментально полученные графические зависимости плотности песчано-водной дисперсии, отпрессованной при постоянном прессовом давлении, но с различным расходом воды. В опытах использовался молотый песок.

Использование вместо цемента молотого песка обеспечило чистоту эксперимента, так как это исключило из процессов структурообразования химический фактор, связанный с гидратацией цемента.

Из представленных на рис. 2 результатов следует четкий вывод, что исходная влажность прессуемой смеси 6–8% является самой неблагоприятной, так как ей соответствует самая низкая плотность спрессованного материала, а, как известно, все важнейшие свойства получаемого кирпича (прочность, морозостойкость и др.) находятся в прямой зависимости от его плотности.

Данные, представленные на рис. 2, наглядно коррелируют с кривой плотности (рис. 1). Именно при той влажности, при которой на частицах песка образуются наиболее толстые пленки и создаваемый ими расклинивающий эффект является доминирующим, получили самую низкую плотность спрессованного материала [4, 5].

Важным доказательством того, что побудительная причина всех структурных изменений заключена в избыточной поверхностной энергии твердой фазы, является значительная «разбежка» кривых плотности на рис. 2. Для того чтобы этот фактор представить более доказательным, в опытах в качестве минерального компонента использовали молотый до различной степени крупности песок, имея в виду, что чем тоньше помол, тем выше удельная поверхность частиц песка, тем выше их свободная поверхностная энергия. Как следует из рис. 2, при увеличении удельной поверхности песка от 100 до 400 м²/кг плотность спрессованной при постоянном прессовом давлении песчано-водной смеси в пределах влажности 6–8% снизилась на 25 кг/м³.

Очередное подтверждение высказанной научной гипотезы представлено на рис. 3 в виде зависимости величины прессового давления, необходимого для получения заданной плотности формовочной массы от ее исходной влажности.

Из представленных результатов следует, что заданную плотность спрессованного материала можно получить в любом случае, но при неблагоприятной исходной влажности формовочной смеси энергетические затраты возрастают весьма ощутимо. При этом интересным является то, что достигнутая при столь высоком прессовом давлении плотность после снятия нагрузки частично теряется (рис. 4).

С научной точки зрения можно считать, что сжатые при прессовании поверхностные пленки воды при снятии прессового давления восстанавливают свою исходную (до прессования) толщину не полностью, чему способствует



Рис. 5. Общий вид диаграммы двухстадийной прессовой нагрузки

возросший в процессе сжатия образца капиллярный эффект пропорционально уменьшению размеров капиллярных пор, что подтверждается известной математической формулой для внутрикапиллярного давления [6]:

$$P_k = - \frac{2\sigma_{ж-г} \cos \Theta}{r_k}, \quad (1)$$

где: r_k — средний радиус капилляра; $\sigma_{ж-г}$ — поверхностное натяжение на границе жидкость–газ; Θ — угол смачивания твердой фазы жидкостью.

Заканчивая анализ процессов формирования структуры прессованных материалов на микроуровне, следует сделать вывод, что здесь имеет место соотношение нескольких факторов и в каждом конкретном случае требуется их оптимизация путем постановки экспериментальных исследований.

Рассмотрим баланс внутренних сил на макроуровне, возникающих в результате запрессовки и сжатия находящегося в исходной формовочной массе воздуха. В конце цикла прессования давление воздуха оказывается настолько большим, что он способен после снятия прессовой нагрузки нарушить сплошность отформованного сырца. Это неоднократно подтверждалось появлением продольных трещин на боковой поверхности силикатного кирпича, отформованного на старых отечественных прессах, которые реализуют цикл формования в одну стадию.

Внедрение в производство импортных прессов с двухстадийным циклом приложения прессовой нагрузки (рис. 5) во многом сняло проблему горизонтальных расслоений в отформованном сырце силикатного кир-

Список литературы

1. Дерягин В.В., Чураев А.В., Овчаренко Ф.Д. и др. Вода в дисперсных системах. М.: Химия, 1989. 288 с.
2. Шмит'ко Е.И., Верлина Н.А., Крылова А.В., Резанов А.А. Эволюция напряженного состояния системы «цемент–вода–модифицирующая добавка» от момента ее приготовления до полного отвердевания // Сборник статей по материалам 7-й международной научной конференции «Механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов». Воронеж, 2013. Том 2. С. 35–44.
3. Шмит'ко Е.И. Управление процессами твердения и структурообразования бетонов. Дис... докт. техн. наук. Воронеж, 1994. 525 с.
4. Шмит'ко Е.И., Титова М.В. Управление структурой дисперсно-зернистых материалов с учетом дисперсности и внутренних сил // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 72–73.
5. Титова М.В. Оптимизация пресс-формования изделий из мелкозернистого бетона по критерию энергозатрат в зависимости от дисперсности частиц твердой фазы. Дисс... канд. техн. наук. Воронеж, 2007. 147 с.
6. Таман М.Х.А. Управление процессами структурообразования и твердения модифицированных цементных систем применительно к условиям сухого и жаркого климата. Дисс... канд. техн. наук. Воронеж. 2011. 157 с.

пича. Положительный эффект от двухстадийного формирования связан главным образом с тем, что после первого цикла излишний воздух уходит и тем самым исключается основная причина возникновения недопустимо высокого внутреннего, распирающего отпрессованный материал давления воздуха.

Но и здесь в связи с вышеизложенным некоторые аспекты требуют дополнительного изучения. Вопросами исследования могут стать обеспечение более высокой воздухопроницаемости кирпича за счет зернового состава, уровня влажности, химических добавок, за счет применения вакуума.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что возможности повышения качества кирпича далеко не исчерпаны.

В частности, производителям можно порекомендовать пути повышения качества, которые эффективны относительно как силикатного, так и керамического кирпича.

Прежде всего должны рассматриваться характеристики используемого прессового оборудования. Не вызывает сомнения тот факт, что на прессах, реализующих прессформование в один цикл, добиться высокого качества кирпича из-за запрессовки воздуха крайне трудно, например за счет значительного удлинения во времени периода подъема прессового давления. В техническом отношении это крайне сложная задача, требующая кардинального изменения всего приводного механизма пресса. Поэтому основной путь — это приобретение современных прессов с двухстадийным приложением прессовой нагрузки.

Следующий этап повышения качества кирпича — оптимизация влажности формовочной массы, которая в каждом варианте будет своя в зависимости от ее вещественного состава, от степени дисперсности твердых частиц каждого компонента. Поэтому главная задача состоит в максимальном снижении разуплотняющего эффекта со стороны пленочных раскливающих сил. Так как на каждом предприятии состав и характеристики формовочной массы свои, необходимо поручить лаборатории завода провести экспериментальные исследования, в результате которых должны появиться графические зависимости, аналогичные представленным на рис. 2 и 3. Достигнутая при этом максимальная плотность сырца и должна быть ориентиром для принятия окончательного решения.

References

1. Deryagin V.V., Churaev A.V., Ovcharenko F.D. et al. Water in dispersed systems [The water in dispersed systems]. Moscow: Khimiya. 1989. 288 p.
2. Shmit'ko E.I., Verlina N.A., Krylova A.V., Rezanov A.A. The evolution of the stress state of the "cement-water-builder" from the time of its preparation until complete solidification. Collection of articles on materials of the 7-th International Conference "Fracture mechanics of concrete, reinforced concrete and other building materials". Voronezh. 2013. Vol. 2, pp. 35–44. (In Russian).
3. Shmit'ko E.I. Process management and structure of hardening concrete. Doct. Diss. (Engineering). Voronezh. 1994. 525 p. (In Russian).
4. Shmit'ko E.I., Titova M.V. Management of structure of the dispersion-grained material to the dispersion and internal forces. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 8, pp. 72–73. (In Russian).
5. Titova M.V. Optimization of press molding of products from fine concrete criterion depending on the energy dispersion of solid particles. Cand. Diss. (Engineering). Voronezh. 2007. 147 p. (In Russian).
6. Taman M.Kh.A. Management of processes of structure formation and hardening of the modified cement systems with regard to the conditions of dry and hot climate. Cand. Diss. (Engineering). Voronezh. 2011. 157 p. (In Russian).

удк 691.31

М.В. КОРНЕВ, канд. техн. наук, заместитель директора по научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе (apsi2011@yandex.ru), Т.П. КОРНЕВА, старший мастер кирпичного цеха ООО «Силикатстрой» (606000, Нижегородская обл., г. Дзержинск, просп. Ленина, 111)

Стойкость силикатных материалов в воде и агрессивных средах

В ряде российских нормативно-технических документов наложен запрет на использование силикатных изделий в фундаментах, подвалах и цоколях зданий и сооружений, а также в помещениях с влажным и мокрым режимом (СП 15.13330, СП 28.13330, СП 70.13330). Данные ограничения отчасти справедливы по отношению к продукции 50–70-х гг. XX века. В последние десятилетия усовершенствовалась технология производства и произошло значительное повышение качества выпускаемых изделий. Опыт применения силикатных материалов в условиях воздействия влаги во многих странах Западной Европы (Германия, Нидерланды, Швейцария, Австрия) ставит под сомнение справедливость ограничения их области применения. Поэтому Ассоциацией производителей силикатных изделий поставлена задача доказать или опровергнуть суждение о разрушении и потере потребительских свойств силикатных материалов при нахождении в воде и под действием раствора солей.

Ключевые слова: силикатные изделия, силикатный кирпич, водостойкость, коэффициент размягчения.

M.V. KORNEV, Candidate of Sciences (Engineering), Deputy Director for research and development (apsi2011@yandex.ru), T.P. KORNEVA, Chief Foreman of Brick Shop
ООО «Silikatstroy» (111 Lenina Avenue, 606000 Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod Oblast, Russian Federation)

Resistance of Silicate Materials in Water and Aggressive Media

In a number of Russian normative-technical documents there is a prohibition against the use of silicate products in foundations, basements and socles of buildings and structures as well as in premises with humid and wet conditions (SP 15.13330, SP 28.13330, SP 70.13330). These limits are partly correct with regard to products of 50–70th of the XX century. During the last decades the technology of production was enhanced and the quality of manufactured products was significantly improved. The experience in the use of silicate materials under moisture impact in many countries of the West Europe (Germany, Netherland, Swiss, Austria) calls into question the fairness of limitation of their application. That's why the Association of silicate products manufacturers sets the task to prove or disprove the proposition that silicate materials, when they are in water or under impact of salt solution, are destroyed or lose their consumer properties.

Keywords: silicate products, silicate brick, water resistance, softening coefficient.

Важнейшие свойства строительных материалов определяют области их применения. Только глубокое и всестороннее знание свойств материалов позволяет рационально и в техническом, и в экономическом отношении выбрать материал для конкретных условий использования. Долговечность и химическая стойкость материалов непосредственно связаны с величиной затрат на эксплуатацию зданий и сооружений.

Нередко суждения о нестойкости силикатного кирпича в воде являются аргументом в конкурентной борьбе производителей стеновых материалов. Действительно, в ряде российских нормативно-технических документов наложен запрет на использование силикатных изделий в фундаментах, подвалах и цоколях зданий и сооружений, а также в помещениях с влажным и мокрым режимом (СП 15.13330, СП 28.13330, СП 70.13330). Данные ограничения отчасти справедливы по отношению к продукции 50–70-х гг. XX века. Последние работы [1] по изучению действия воды и солевых растворов на образцы из силикатного бетона относятся к 70-м гг. прошлого столетия. Но с течением времени усовершенствовались технологии, улучшилась культура производства, произошло значительное повышение качества выпускаемых изделий. Кроме того, богатый опыт применения силикатных материалов в условиях воздействия влаги во многих передовых западных странах (Германия, Нидерланды, Швейцария, Австрия) ставит под сомнение справедливость ограничения их области применения.

Поэтому поставлена задача доказать или опровергнуть суждение о разрушении и потере потребительских свойств силикатных материалов при нахождении в воде и под действием раствора солей. Подобные исследования водостойкости силикатных изделий проводились другими членами Ассоциация производителей силикатных изделий: ООО «Инвест-силикат-строй-

сервис» (Тюменская обл.), ОАО «Ярославский завод силикатного кирпича», ЗАО «Тверской комбинат строительных материалов № 2», ОАО «Павловский завод» (Ленинградская обл.) [2].

Водостойкость материалов характеризуется коэффициентом размягчения (отношение предела прочности при сжатии материала, насыщенного водой, к пределу прочности при сжатии в сухом состоянии). Материалы с коэффициентом размягчения 0,8 и более относят к водостойким. Следует отметить, что данный показатель для силикатного и керамического кирпича не нормируется. Коэффициент размягчения после 48 ч водонасыщения кирпича различной плотности в сухом состоянии составил:

$$K_p = 1,01 \text{ образцов плотностью } 1850 \text{ кг/м}^3;$$
$$K_p = 0,89 \text{ образцов плотностью } 1800 \text{ кг/м}^3;$$
$$K_p = 0,83 \text{ образцов плотностью } 1760 \text{ кг/м}^3.$$



Рис. 1. Выдерживание образцов в воде и солевом растворе



Рис. 2. Зависимость прочности образцов от времени пребывания: 1 – после выдерживания в артезианской воде; 2 – после выдерживания в солевом растворе

Коэффициент размягчения не дает полной картины динамики изменения прочностных показателей. Прежде всего интересует процесс изменения прочностных характеристик во времени, причем в долгосрочном периоде, т. е. при длительном воздействии воды и растворов солей на образцы. В течение года на заводе ООО «Силикатстрой» проводились исследования современных силикатных изделий, находившихся в артезианской воде и солевом растворе.

В качестве образцов для исследования были отобраны полнотелые кирпичи высотой 88 мм с наименьшей плотностью 1760 кг/м^3 (масса 4,64 кг), сформованные на германском прессе двухстороннего сжатия KSP-801. Средний предел прочности при сжатии составил 17,1 МПа. Образцы выдерживали в емкостях из легированной стали. Уровень жидкости поддерживали выше изделий (рис. 1).

В одной емкости образцы находились в артезианской воде из заводской скважины. Химический состав извлекаемых вод характеризуется повышенным содержанием сульфатов (до 900 мг/л), общей жесткостью (до 22,5 ммоль/л), общей минерализацией (1,5–1,7 г/л). В другой – в солевом растворе грунтовых вод, содержащих 3,7 г/л MgSO_4 , 2,5 г/л Na_2SO_4 , 6 г/л NaCl . Данный состав имитирует соленые сульфатсодержащие грунтовые воды. Ежемесячно определяли массу образцов, предел прочности при сжатии, оценивали внешний вид.

Степень снижения несущей способности кладки при увлажнении зависит от различных факторов, среди которых фактическая влажность, вид камня и раствора, их начальная прочность и др. В соответствии с требованиями ГОСТ 8462–85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе» для определения прочности материалов каменной кладки образцы перед испытанием должны быть высушены. Поэтому при обследовании конструкций прочность материалов определяется в условиях, не соответствующих действительным. Пренебрежение влажностью приводит к ошибочным результатам и завышению прочности. Испытания образцов проводили во влажном состоянии. Определяли коэффициент стойкости как отношение прочности до испытания в сухом состоянии и после испытания во влажном $K_c = R_{\text{нас}}/R_{\text{сух}}$.

После года пребывания в воде и солевом растворе образцы соответствуют ГОСТ 379–95 и новому ГОСТ 379–2015 как по внешнему виду, так и по прочностным показателям.

Изменение плотности образцов не коррелируется с изменением их прочности.

Установлено, что прочность образцов (коэффициент стойкости) (рис. 3), находившихся в воде месяц, снижается, затем восстанавливается до первоначальной, далее уменьшается, а после пяти месяцев увеличивается. После восьми месяцев наблюдается снижение

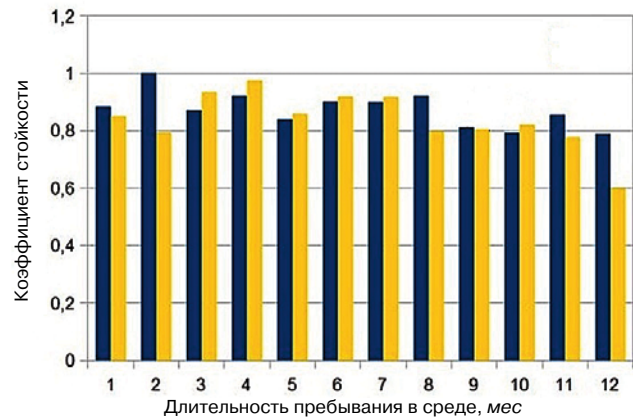


Рис. 3. Коэффициент стойкости образцов: ■ – после выдерживания в артезианской воде; ■ – после выдерживания в солевом растворе

прочности, но далее вновь следует небольшое восстановление. Прочность образцов, подвергшихся воздействию солевого раствора, снижается первые два месяца, далее возрастает почти до начальной, последующие месяцы наблюдается ее постепенное снижение. После восьми месяцев стабилизируется и заметно снижается на двенадцатом месяце. После года непрерывного пребывания в артезианской воде и растворе солей прочность образцов снижается на 21 и 40% соответственно.

Коэффициент стойкости силикатных материалов 0,79 в артезианской воде следует признать достаточно высоким. Образцы большей начальной плотности с большей долей вероятности покажут лучший результат. Даже коэффициент 0,6 в растворе солей можно считать удовлетворительным. В реальных условиях практически исключено воздействие столь агрессивной среды на части здания, даже ниже нулевого цикла, в течение такого длительного времени. К тому же другие материалы, например керамика и обычный бетон, тоже нельзя считать абсолютно неподверженными коррозии и разрушению при длительном воздействии агрессивных сред.

Таким образом, силикатные материалы обладают достаточной стойкостью к минерализованным грунтовым водам. Подтверждением служит анализ имеющихся данных, проведенный НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (Технический отчет НИИЖБ им. А.А. Гвоздева «Анализ технической документации по применению и испытанию силикатного кирпича и разработка предложений для внесения изменений в СП 15.13330.2012», Москва, 2014), и письмо ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (Письмо ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко № 4–1422 от 20.10.2014, о возможности использования в практике строительства силикатных изделий в помещениях с влажным и мокрым режимом эксплуатации для кладки наружных и внутренних стен подвалов, цоколей и фундаментов при выполнении определенных мероприятий). Данные положения будут закреплены в актуализированной редакции СП 15.13330.

Список литературы

1. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича. М.: Стройиздат, 1982. 384 с.
2. Черепанов В.И., Некрасова Е.В., Черных Н.А., Панченко Ю.Ф. Водостойкость силикатного кирпича // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 10–11.

References

1. Khavkin L.M. Tekhnologiya silikatnogo kirpicha [Technology of sand-lime brick]. Moscow: Stroizdat. 1982. 384 p.
2. Cherepanov V.I., Nekrasova E.V., Chernykh N.A., Panchenko Yu.F. Waterproofness of Silicate Brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 9, pp. 10–11. (In Russian).

Запаривание силикатного кирпича в автоклаве

Приведен анализ и результаты исследований режимов запаривания силикатного кирпича-сырца. Расширение номенклатуры силикатного кирпича, и в частности производство цветного кирпича, требуют нового подхода к технологии. Рассматривается этап подачи пара в автоклав или уже новой отдельно выделенной стадии пропаривания кирпича при атмосферном давлении. Приведены характеристики пара на стадии от 0 до 0,1 МПа. Проанализированы варианты нагревания изделия в автоклаве в виде графиков.

Ключевые слова: силикатный кирпич, силикатные изделия, автоклав, автоклавная обработка.

G.V. KUZNETSOVA, Engineer (kuznetzowa.gal@yandex.ru)

Kazan State University of Architecture and Engineering (1 Zelenaya Street, 420043, Kazan, Russian Federation)

Steam Curing of Silicate Brick in Autoclave

The analysis and results of the study of conditions of silicate adobe brick steam curing are presented. Expansion of the range of silicate brick and manufacture of color brick in particular, requires a new approach to the technology. The stage of steam supply into the autoclave or the new separate stage of brick steam curing at atmospheric pressure is considered. Steam characteristic at the stage of 0–0,1 MPa is given. Variants of the product heating in the autoclave are analyzed in the form of graphs.

Keywords: silicate brick, silicate products, autoclave, autoclave curing.

Автоклавная обработка силикатного кирпича и изделий является завершающим этапом технологии. В этом процессе происходит синтез искусственного силикатного камня, качество структуры которого определяет эксплуатационные показатели силикатных материалов. Автоклавная (гидротермальная) обработка или, как ее часто называют, запаривание, была запатентована В. Михаэлисом в 1880 г. [1] и является одной из важнейших операций. Ее режимы напрямую влияют на такие качественные характеристики готового продукта, как морозостойкость, прочность при сжатии, внешний вид изделий (потеки, трещины, вздутия). Базовое понимание процессов, происходящих в автоклаве, важно как при полностью автоматическом регулировании работы автоклава, так и при ручном управлении (рис. 1).

А.В. Волженский разделил процесс запаривания изделий в автоклавах на три основные стадии (рис. 2). Первая стадия начинается с момента впуска пара в автоклав и заканчивается при наступлении равенства температуры пара и обрабатываемых изделий. Вторая стадия характеризуется постоянством температуры и давления в автоклаве. Третья начинается с момента прекращения доступа пара в автоклав и заканчивается при выгрузке изделий из автоклава [2].

В соответствии с существующими работами по технологии силикатного кирпича Т.Г. Мухиной, М.П. Вахнина, А.А. Анищенко и Л.М. Хавкина [1, 3, 4] процесс автоклавной обработки также делится на три стадии. До определенного времени такое деление режима автоклавирования всех устраивало. Даже изобрели так называемый пиковый режим, когда в автоклаве поднимают давление и затем его герметично закрывают (рис. 3). Давление в автоклаве при таком режиме снижается само по себе. Идет медленное остывание во влажной среде. Изделия при этом выходят из автоклава очень влажными, поры на 90% заполнены водой. Обычно влажность кирпича на выходе из автоклава составляет 4% при снижении давления по обычному режиму. Это обусловлено

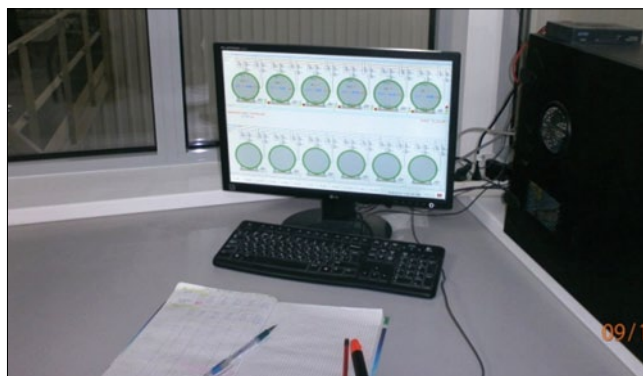


Рис. 1. Операторная запаривания кирпича

тем, что выходящий пар уносит с собой влагу из порового пространства и таким образом подсушивает кирпич. При медленном снижении давления в герметично закрытом автоклаве влажность кирпича на выходе составляет 10–12%.

Автоклавная обработка цветного силикатного кирпича по пиковому режиму приводит к снижению прочности от 15 до 37%, а интенсивность окраски кирпича, полученного при таком режиме, не отличается от кирпича при обычном режиме ТВО [5].

С целью экономии пара на производствах стали делать перепуск пара из одного автоклава (источник) в другой (приемник). Перепускной пар при этом переходит в другой автоклав, но давление, как правило, в автоклаве-приемнике поднимается незначительно – 0,1–0,2 МПа (рис. 4). Отработанный пар (мягкий пар) нагревает изделия в автоклаве. Таким образом, появилась стадия перепуска, подъема давления, изотермической выдержки, перепуска в другой автоклав и снижения температуры и давления.

Основным параметром теплоносителя водяного пара является температура, а не давление.

Таблица 1

Характеристики пара

Давление пара (абсолютное), кгс/см ²	0,0062	0,0238	0,0573	0,1258	0,2031	0,3177	1,033	2,025
Температура пара, °С	0	20	35	50	60	70	100	120

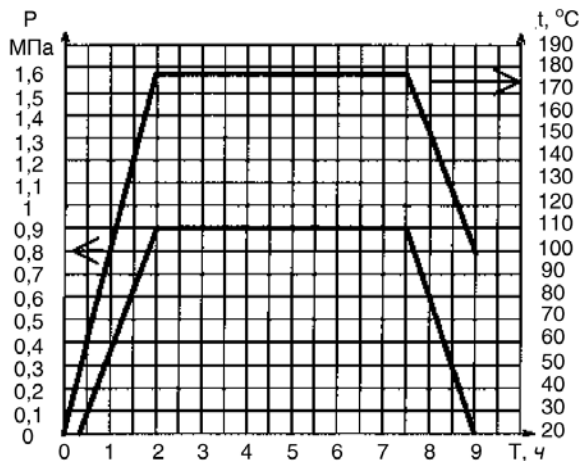


Рис. 2. Три основных стадии автоклавной обработки по А.В. Волженскому

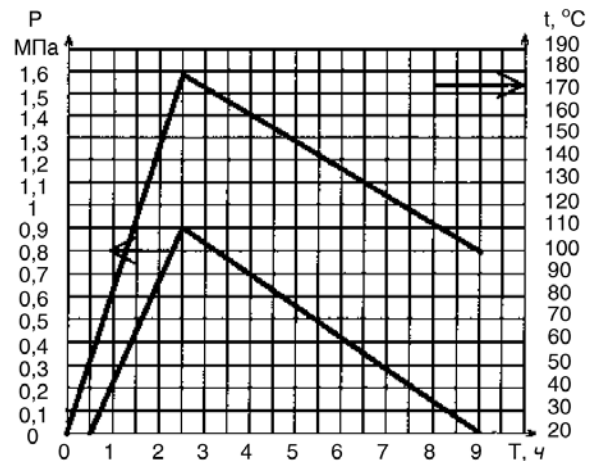


Рис. 3. Пиковый режим автоклавной обработки

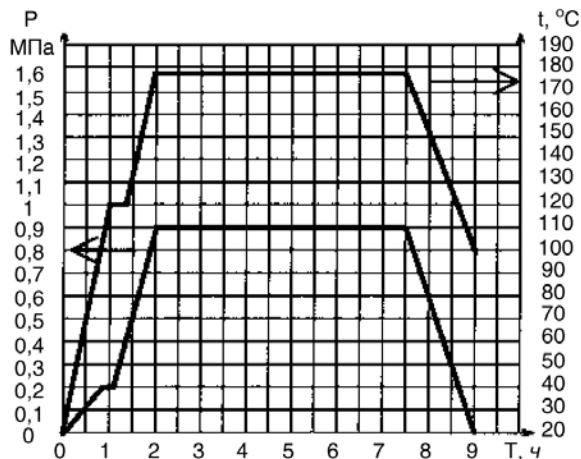


Рис. 4. График автоклавной обработки с перепуском пара

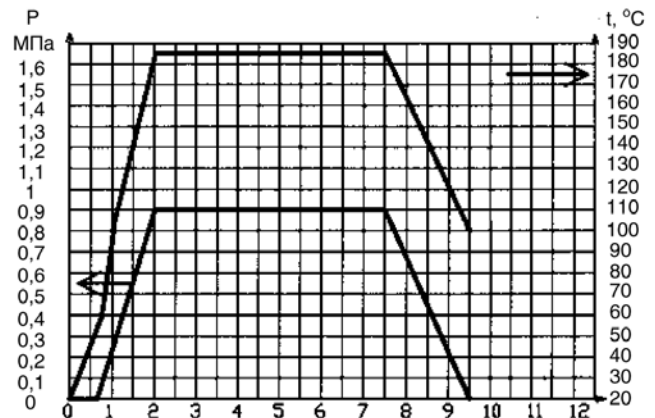


Рис. 5. График автоклавной обработки с перепуском пара при установлении сообщения автоклава-приемника с атмосферой

После загрузки автоклава и при переходе на режим запаривания крышки автоклава должны быть закрыты, а задвижки выпуска конденсата и выпуска пара в атмосферу открыты независимо от фактического начала цикла запаривания в автоклаве [2]. Разогрев происходит главным образом благодаря конденсации горячего пара на относительно холодной поверхности кирпича сырца, температура которого в начале процесса ниже температуры насыщенного пара. Образующийся конденсат переносит тепло кирпичу-сырцу. Конденсация на поверхности твердого тела насыщенного или перегретого пара происходит при температуре поверхности, которая меньше, чем температура насыщения пара при его равновесном давлении над ней. Конденсация воды из пара может происходить как в виде капель, так и в виде водяных пленок. При капельной конденсации конденсат осажается в виде отдельных капель, а пленочный режим конденсации сопровождается образованием сплошной пленки жидкости. При оседании пара на поверхности твердого тела, хорошо смачиваемой конденсатом, образуется сплошная пленка жидкости; на поверхности, не смачиваемой конденсатом или смачиваемой частично, образуются отдельные капли. В какой форме это происходит, зависит в первую очередь от разности температуры между паром и кирпичом-сырцом [6].

Внимательное рассмотрение диаграмм самописцев на автоклавах показало наличие стадии прогрева изделия в автоклаве. Это стадия подачи пара в автоклав, вытеснения воздуха из автоклава и слив конденсата в конденсатоотводную линию. Как правило, на этой стадии давление не может подняться из-за того, что авто-

клав открыт для отвода конденсата. Эта стадия получила название «пропаривание при атмосферном давлении». Следовательно, получаются следующие этапы теплового режима автоклава:

1. Пуск пара, нагрев изделия и пропаривание при атмосферном давлении.
2. Подъем температуры и давления.
3. Изотермическая выдержка при постоянных значениях температуры и давления.
4. Снижение температуры и давления.

Первый этап автоклавной обработки имеет большое значение в технологии ячеистого бетона, где надо нагреть высокопористый теплоизоляционный материал. Технология ячеистого бетона использует продувку автоклава паром, о чем свидетельствует СН 277–80, или замедленный нагрев с вакуумированием. Наличие в паре воздуха или других неконденсирующихся в данных условиях газов резко снижает теплоотдачу. Например, наличие в паре 1% воздуха снижает теплоотдачу на 60%. Это происходит, потому что воздух (или другой газ) возле поверхности не конденсируется, а накапливается и остается у поверхности тонким слоем, через который молекулы пара вынуждены диффундировать.

Давление в автоклаве сохраняется на уровне атмосферного до тех пор, пока средняя температура в нем не достигнет 100°C. Этот период является, по существу, периодом пропаривания сырца без давления [1]. Если автоклавируются остывшие ячеистые изделия температурой ниже 70°C или в холодном автоклаве (после перебива в работе), то продолжительность вакуумирования (продувки) увеличивается до 1 ч [2].



Рис. 6. Цветной кирпич после ТВО

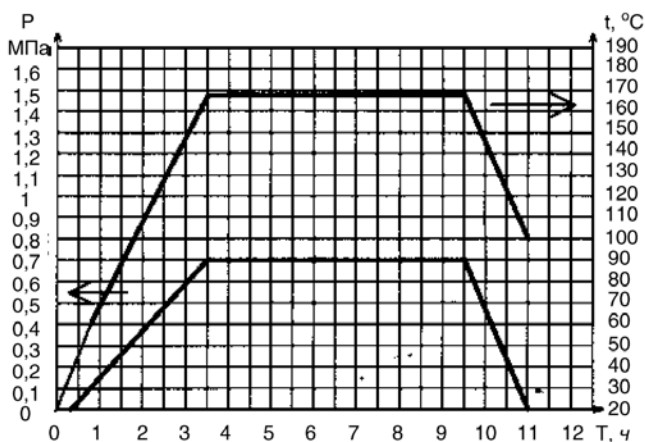


Рис. 8. График автоклавирования цветного кирпича с низким давлением 0,7 МПа и подъемом температуры в течение 3 ч

Ю.М. Баженов [7] отмечал, что возникновение избыточного давления в изделии зависит от режима прогрева. Изделие нагревается с поверхности и избыточное давление в первую очередь возникает у его поверхности. При медленном нагреве избыточное давление бывает очень небольшим, так как миграция и диффузия пара способствуют уменьшению избыточного давления. При очень быстром нагреве изделий эти факторы не успевают проявляться в должной мере и избыточное давление резко возрастает, что в ряде случаев приводит к непоправимым дефектам и браку, в частности к вспучиванию поверхности.

В производстве силикатного кирпича скорость нагрева стенок автоклава с соблюдением требований Госгортехнадзора и технологических требований не должна превышать 2°C в минуту до температуры 133°C и $1,5^{\circ}\text{C}$ при более высокой температуре. В противном случае в результате значительной разности температуры на поверхности изделия и внутри его могут возникнуть значительные температурные напряжения, которые вызовут разрушение структуры сырца.

В 1984–1985 гг. на Рязанском, Калининском и Калужском заводах силикатного кирпича первый этап автоклавной обработки был проведен по двум термодинамическим процессам. Запаривание производилось по изохорному процессу при постоянном объеме или перепуске пара в герметизированный автоклав-приемник и по изобарному процессу при постоянном давлении или при перепуске пара в автоклав, сообщающийся с атмосферой. При автоклавной обработке около 45% тепловой энергии аккумулируется кирпичом и свободным объемом автоклава и может быть частично рекупериро-

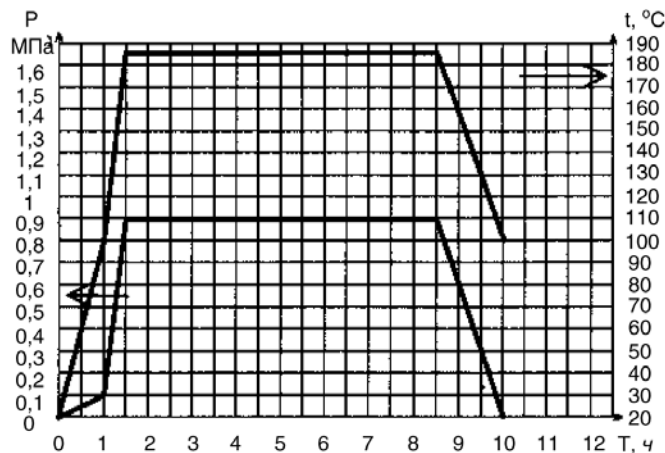


Рис. 7. Режим автоклавирования с недостаточной первой фазой запаривания чаще всего приводит к появлению белых потеков на цветных и белых изделиях

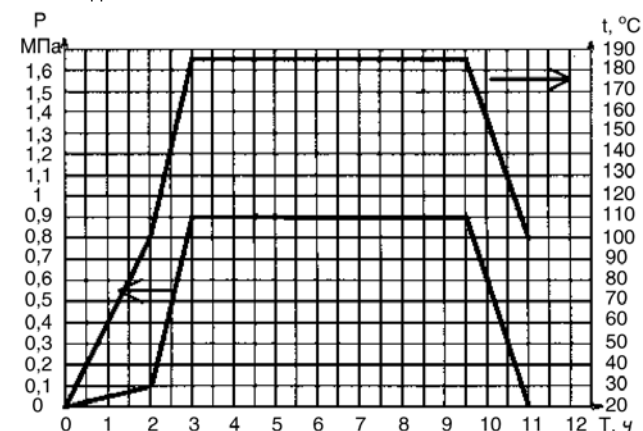


Рис. 9. График автоклавирования в длинных автоклавах. Время нагрева увеличивается до 2 ч

вано. Наиболее распространенным способом рекуперации тепла является перепуск пара из автоклава, в котором завершился процесс твердения, в автоклав, в котором начинается процесс запаривания. При отсутствии в автоклаве источника конденсата основное количество перепускного пара (более 90%) образуется в результате испарения влаги из кирпича в период снижения давления за счет аккумуляирования им тепла.

При производстве обычного белого кирпича перепуск осуществляется при герметизированном автоклав-приемнике. В этом случае в системе остается значительное количество воздуха, парциальное давление которого может достигнуть 0,15–0,18 МПа, что приводит к соответствующему повышению остаточного давления в автоклаве-источнике и к значительному снижению эффективности перепуска. Время перепуска, как правило, ограничено и составляет 30–40 мин.

Проведение перепуска при установлении сообщения автоклава-приемника с атмосферой позволяет получить более эффективный перепуск пара. При этом давление в автоклаве-приемнике в течение всего процесса перепуска пара практически равно атмосферному давлению, и при одинаковом конечном перепаде давления между ним и автоклавом-источником эффективность рекуперации тепла повышается (рис. 5).

Хотя автоклав-приемник соединен с атмосферой, поступающий в него пар практически полностью конденсируется и утечка пара незначительна. Ряд проведенных ранее проверок показал, что давление в автоклаве-источнике к концу перепуска может быть доведено до 0,16–0,2 вместо 0,27–0,33 МПа (табл. 2). Температура нагрева сырца составляет 41–56 вместо 30–40°C.

Таблица 2

Результаты термодинамических процессов

	Термодинамические процессы	
	Изохорный	Изобарный
Давление в автоклаве-источнике, МПа	0,27–0,33	0,16–0,2
Температура нагрева сырца в автоклаве, °С	30–40	41–56
Количество рекуперированного тепла, кДж/цикл	1,9–2,2 10 ³	2,6–3,3 10 ³

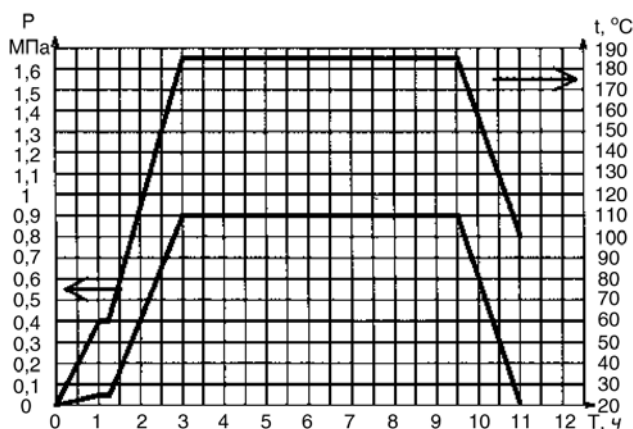


Рис. 10. График автоклавирования для автоклава 17–19 м; время нагрева должно составлять 0,5–1 ч

Такой прием перепуска или запаривания острым паром называют продувкой. Наилучшие результаты теплообработки изделий получаются при предварительной продувке автоклава, так как повышается коэффициент теплопередачи и ликвидируются застойные зоны. Для увеличения рекуперации тепла последующий подъем температуры (давления) в автоклаве-приемнике следует вести с максимально возможной скоростью, что позволит не увеличивать общую продолжительность подъема температуры.

Производство цветного кирпича обнажило проблему появления потеков белого цвета на цветных поверхностях. Детальная разборка привела к проблеме низкой температуры сырца. Первая стадия автоклавирования и приобрела первостепенное значение. Правильное ведение этого процесса — залог получения качественной продукции (рис. 6).

На одном из силикатных заводов в современных условиях пришлось наблюдать при температуре воздуха вне помещения +35 °С и немного ниже в цехе кирпич белый и желтый, поверхность которого на 100% покрыта потеками белого цвета. Внимательное изучение режима запаривания участка автоклавирования, а это оказалось непростой задачей, так как отсутствовали приборы контроля за процессом ТВО, показало как раз пренебрежение первой стадией запаривания (рис. 7).

Вымывание извести из кирпича на первой стадии делает свое дело. Проведены сравнения разных режимов запаривания белого и цветного кирпича (табл. 3).

Исследования длительности нагрева, проведенные с желтым кирпичом, выявили, что передержка более 1 ч или перегрев кирпича-сырца при температуре 100 °С приводит к потемнению поверхности цветного кирпича.

Сейчас на практике на ряде заводов для автоклавирования цветного кирпича используют низкое давление

0,7 МПа и подъем в течение 3 ч (рис. 8). Здесь наблюдается снижение скорости подъема температуры в автоклаве, а не снижение температуры автоклавной обработки, так как температуростойкость современных пигментов составляет не менее 200 °С.

В производстве силикатного кирпича применяются автоклавы диаметром 2 м и длиной 17, 19, 21 и 40 м. В автоклавах длиной 17, 19, и 21 запаривают кирпич, а в автоклавах длиной 40 м — многоступенчатые камни и одинарный кирпич. Сейчас новые и переоборудованные старые заводы с автоклавами длиной 40 м делают цветной утолщенный кирпич.

Процесс первой стадии в таких автоклавах обусловил определенные трудности. Длинные автоклавы имеют преимущество перед короткими, так как позволяют упростить их обслуживание, уменьшить производственные площади. Как правило, такие автоклавы используют в Китае и в Германии, а как известно, ни в той, ни в другой стране не производят цветной силикатный кирпич. В Китае заводы силикатного кирпича утилизируют золу и шлак, получаемый кирпич не используется в облицовке.

В сорокаметровых автоклавах помещается 33 вагонетки. Время заполнения автоклава при двух работающих прессах доходит до 4 ч и более. Как правило, рекомендуемые параметры среды в накопительных камерах — относительная влажность 85–100% и температура 20–25 °С — и не выдерживаются. Кирпич-сырец остывает. По опыту заводов время нагрева кирпича в длинных автоклавах доходит до 2 ч (рис. 9). Наиболее приемлемой длиной автоклава для цветного кирпича с учетом первой стадии запаривания остается 17–19 м и время нагрева должно составлять 0,5–1 ч (рис. 10).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Режим запаривания кирпича-сырца необходимо считать многостадийным.

2. Первой стадией запарки считается пропаривание при атмосферном давлении.

3. Первая стадия имеет большое влияние на качество цветного кирпича.

Таблица 3

Влияние режима продувки на автоклавную прочность кирпича

Вид пигмента	Максимальное давление в автоклаве, МПа	Максимальная температура в автоклаве, °С	Время этапов, ч	Цикл, ч	Предел прочности при сжатии, МПа
Неокрашенный	0,7	169	2+6+2	10	16,6
	0,8	174	2+6+2	10	20,4
	0,9	179	2+6+2	10	25,1
	0,9	179	0,5 (изохорный процесс) +1,5+6+2	10	32,2
Желтый железистый	0,7	169	2+6+2	10	16,4
	0,8	174	3+6+2	11	16,6
	0,9	179	2+6+2	10	17
	0,9	179	2+6+2	10	20,2
	0,9	179	0,5 (изобарный процесс) +1,5+6+2	10	26,5

4. Первая стадия может быть осуществлена продувкой или медленным прогревом до температуры 60°C.

5. Наилучшие результаты тепловой обработки изделий получаются при предварительной продувке автоклава или изобарном процессе, так как повышается коэффициент теплопередачи и ликвидируются застойные зоны.

6. Температура нагрева кирпича-сырца при изобарном процессе перепуска составляет 41–56 вместо 30–40°C при изохорном.

7. Время нагрева зависит от температуры изделий и размеров автоклава.

8. Повышение температуры нагрева более 100°C приводит к сушке поверхности и изменению цвета.

Список литературы

1. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича. М.: Эколит, 2011. 384 с.
2. Сажнев. Н.П., Сажнев Н.Н., Сажнева Н.Н., Голубев Н.М. Производство ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко, 2010. 464 с.
3. Мухина Т.Г. Производство силикатного кирпича. М.: Высшая школа, 1967. 179 с.
4. Вахнин М.П., Анищенко А.А. Производство силикатного кирпича. М.: Высшая школа, 1989. 200 с.
5. Кузнецова Г.В., Санникова В.И. Влияние условий тепловлажностной обработки на качество цветного силикатного кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 36–39.

6. Рудченко Д.Г. Автоклавная обработка изделий из ячеистого бетона // *Весь Бетон: электронный журнал*. <https://www.allbeton.ru/article/33/15.html> (дата обращения 20.08.2015).

7. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ, 2002. 500 с.

References

1. Khavkin L.M. Tekhnologiya silikatnogo kirpicha [Technology of sand-lime brick]. Moscow: Ekolit. 2011. 384 p.
2. Sazhnev. N.P., Sazhnev N.N., Sazhneva N.N., Golubev N.M. Proizvodstvo yacheistobetonnykh izdelii. Teoriya i praktika [Production of cellular concrete products. Theory and practice]. Minsk: Strinko. 2010. 464 p.
3. Mukhina T.G. Proizvodstvo silikatnogo kirpicha [Production of lime-sand brick]. Moscow: Vysshaya shkola. 1967. 179 p.
4. Vakhnin M.P., Anishchenko A.A. Proizvodstvo silikatnogo kirpicha [Production of lime-sand brick] Moscow: Vysshaya shkola. 1989. 200 p.
5. Kuznetsova G.V., Sannikova V.I. Influence of Hydrothermal Treatment on Quality of Colored Silicate Brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 9, pp. 36–39. (In Russian).
6. Rudchenko D.G. Autoclave treatment of products from cellular concrete. *Ves' Beton: elektronnyi zhurnal* (date of access 20.08.2015). (In Russian).
7. Bazhenov Yu.M. Tekhnologiya betona. Moscow: ASV. 2002. 500 p.

VIII Международная конференция

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ NTC-2016

Внимание! Изменились даты проведения конференции!

18–23 марта 2016 г.

Шарм-эль-Шейх, Египет

Организаторы конференции

Национальный исследовательский центр жилья и строительства (HBRC)

Египетско-российский университет (ERU)

Ижевский государственный технический университет

им. М.Т. Калашникова

Египетский союз инженеров



Тематика конференции

- Нанокompозиты в строительных материалах
- Нанотехнологии в строительстве
- Защита от пожара с помощью наночастиц
- Нанотехнологии в кондиционировании воздуха
- Наноструктурирующие материалы в архитектуре
- Производство лакокрасочных материалов с нанодобавками
- Нанотехнологии стекол и керамики
- Нанотехнологии для энергоэффективности в зданиях
- Моделирование нанокompозитов
- Модификация минеральных вяжущих наносистемами

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®

Сайт конференции: http://inter.istu.ru/russian/nano_r.html

Контактная информация в России
Профессор Григорий Иванович Яковлев
ИжГТУ им. М.Т. Калашникова
426069 Ижевск, ул. Студенческая, 7
E-mail: gyakov@istu.ru
Тел.: 8-91285666688. Факс: +7(3412)59 25 55

Контактная информация в Египте
Профессор Шериф Солиман Хелми
Египетско-российский университет
Cairo High Road, Bard City-Suez
E-mail: president@eruegypt.com
Тел.: +20(02)28643349, (02)28643341. Факс: +20(02)28643332

УДК 691.316:666,3,032,65

И.А. ГАЛЕЕВ, генеральный директор (galeev_w@mail.ru)
 ООО «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» (454119, г. Челябинск, ул. Нахимова, 20П)

Применение насосов с сервомотором на постоянных магнитах в тяжелых гидравлических прессах

Традиционные гидравлические системы для тяжелых гидравлических прессов исчерпали себя с точки зрения энергоэффективности, быстродействия и точности. Наиболее перспективной альтернативой традиционной гидросистеме являются гидросистемы прессов с использованием частотного регулирования приводов (ЧРП). Существуют различные виды гидросистем с ЧРП. Наиболее эффективной является система НСМПП. В данной статье рассматриваются основные варианты гидросистем с ЧРП и дается сравнительный анализ с НСМПП.

Ключевые слова: частотное регулирование электроприводами, прессы для силикатного кирпича, насосы с сервомотором на постоянных магнитах.

I.A. GALEEV, General Director (galeev_w@mail.ru)
 ООО «INVEST-TEKHNOLGIJA» (20P, Nakhimova Street, 454119, Chelyabinsk, Russian Federation)

The Use of Pumps with Servomotors at Permanent Magnets in Heavy Hydraulic Presses

Traditional hydraulic systems for heavy hydraulic presses exhaust themselves from the point of view of energy efficiency, fast operation and accuracy. The hydro-systems of presses with the use of frequency regulation drives (FRD) are the most prospective alternative of the traditional hydro-system. There are various types of hydro-systems with FRD. The NSMPM system is the most efficient. This article considers main variants of hydro-systems with FRD and gives a comparative analysis with NSMPM.

Keywords: frequency control with electric drives, presses for silicate brick, pumps with servo-motor at permanent magnets.

Когда появился ЧРП

Частотное регулирование электроприводами получило распространение еще в 50–60-е гг. XX века, и практически одновременно с их развитием стали широко применяться регулируемые электроприводы в различных насосных установках. Тогда же, в 60-е годы широко начали использовать ЧРП в мощных насосных системах для перекачки воды [1]. С удешевлением ЧРП они стали повсеместно использоваться в промышленности, и в частности в различных гидросистемах. Как правило, это были небольшие насосные установки с обычными асинхронными двигателями в гидросистемах, не требующих высокой динамики и высокой точности.

Большое количество патентов, выданных по этой теме в 80-е, 90-е и 2000-е годы отличаются, как правило, способом регулирования отдельных параметров либо особенностями при специальных применениях ЧРП в гидросистемах [3–15].

Одна из таких гидросистем по патенту JPH02223688 [2], выданному в 1990 г., приведена на рис. 1.

В силикатной промышленности гидросистемы с ЧРП применяются в том числе в гидравлических толкателях вагонеток для плавного разгона и торможения при тактовом перемещении. В таких системах не требуется высокая динамика и точность, а мощность асинхронного электродвигателя гидростанции составляет 4–5,5 кВт. При этом насосные установки оснащены аксиально-поршневыми насосами и частотными преобразователями. Такие установки применялись на ЗАО «Афина» (Челябинск) с начала 2000-х гг. При строительстве силикатного завода в г. Астана (Казахстан) в 2004 г. предприятием «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ-2004» было запроектировано пять аналогичных установок, а пуск завода в эксплуатацию состоялся в 2005 г.

Почему ЧРП не нашел широкого применения в традиционных гидросистемах тяжелых прессов

Наибольшую эффективность от ЧРП при использовании в гидравлических прессах можно получить, если обеспечить работу гидронасоса в режиме «старт-стоп», т. е. насос должен включаться только на время выполнения определенного цикла работы пресса, например при пресовании, выталкивании изделий и др., и соответственно

останавливаться при завершении цикла. При этом система не должна затрачивать значительной энергии и времени для разгона и остановки. Так как у прессов для изготовления силикатного кирпича цикл работы составляет около 10 с и в течение этого времени системе необходимо выполнить по крайней мере три разгона и три торможения. Если время разгона и торможения будет значительным, то это приведет к увеличению времени цикла и снижению производительности оборудования.

В традиционной гидросистеме прессов с использованием обычного асинхронного двигателя и обычного аксиально-поршневого насоса (например, серии A4VSO производства REXROTH) работа в режиме «старт-стоп» неэффективна, так как такая система обладает очень большим моментом инерции, примерно в 20 раз больше, чем в НСМПП (см. рис. 2 и таблицу), и на ее разгон-торможение будет затрачиваться очень большое количество энергии, сопоставимое с потерями в традиционной гидросистеме. Другими словами, в традиционной гидросистеме неэффективно затраченная энергия переходит в нагрев масла за счет дросселирования и большой скорости масла, а в системе с обычным асинхронным двигателем с ЧРП большое количество энергии будет затрачиваться на разгон и торможение двига-

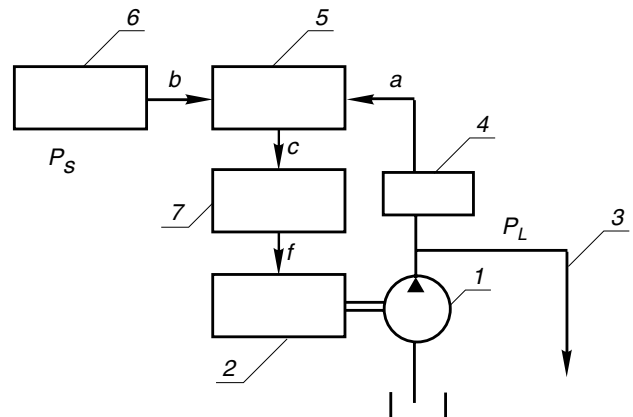


Рис. 1. Гидросистема (схема) по патенту JPH02223688: 1 – насос; 2 – двигатель; 3 – подача масла на оборудование; 4 – датчик; 5 – компрессор; 6 – датчик; 7 – частотный преобразователь

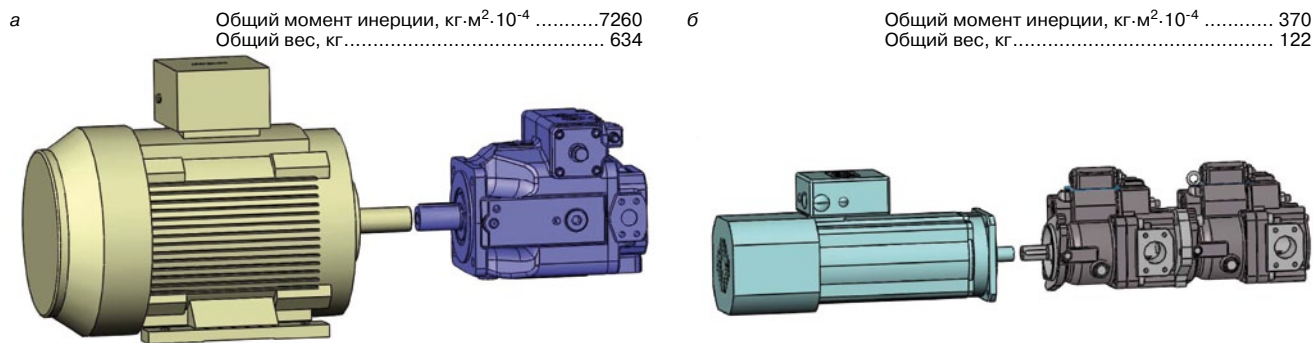


Рис. 2. Асинхронный двигатель и обычный аксиально-поршневой насос (а) и система насосов с сервомотором на постоянных магнитах (б)

теля с насосом, что будет проявляться в виде нагрева двигателя, частотного преобразователя и тормозных резисторов (в них будет сбрасываться «лишняя» энергия от торможения насоса с двигателем).

Динамика работы и точность позиционирования такой системы тоже являются невысокими по причине очень высокой инерционности системы (рис. 2 и таблица).

Просто поменять в традиционной гидросистеме асинхронный двигатель на синхронный сервомотор на постоянных магнитах не получится, так как момент инерции обычного аксиально-поршневого насоса, например А4VSO, составляет 960 кг·м²·10⁻⁴, что выше, чем момент инерции сервомотора, примерно в пять раз (у сервомотора 190 кг·м²·10⁻⁴), а для эффективной работы сервомотора на постоянных магнитах момент инерции нагрузки должен быть сопоставим с моментом инерции мотора.

Простое уменьшение типоразмера насоса для уменьшения момента инерции приведет к значительному снижению производительности гидросистемы.

Как появилась НСМПМ большой производительности

Техническое решение для создания НСМПМ большой производительности было найдено инженерами ООО «Инвест-Технология» в 2007 г., и в октябре 2007 г. оно было передано по лицензионному договору японской компании «Mitsubishi Fukai Iron Works» для изготовления прессы усилием 1320 т (пресс-форма на 32 кирпича на ложок).

В июле 2008 г. на заводе в г. Окаяма (Япония) пресс, оборудованный тремя насосными системами НСМПМ, прошел приемочные испытания, в августе был отгружен и в начале октября 2008 г. пущен в эксплуатацию на заводе заказчика.

Техническое решение было следующим: для уменьшения момента инерции насоса выбрана тандемная схема из двух аксиально-поршневых насосов с рабочим объемом 80 см³/об. Сервомотор при 2400 об./мин развивает максимальную мощность 55 кВт. Производительность насосов при 2400 об/мин состав-

ляет: 2400 об/мин × 80 см³/об × 2 шт. = 384000 см³/мин. Это выше, чем при использовании насоса А4VSO с объемом 250 см³/об с обычным асинхронным двигателем. Момент инерции сдвоенного насоса 2×80 см³/об составил 180 кг·м²·10⁻⁴, что сопоставимо с моментом инерции сервомотора (J=190 кг·м²·10⁻⁴).

Таким образом, при сохранении высокой производительности подачи рабочей жидкости и при сбалансированности моментов инерции сервомотора и насосной установки была впервые создана высокодинамичная, точная, очень энергоэффективная система, получившая название НСМПМ. Впоследствии аналогичную систему испытала компания BOSCH REXROTH и присвоила ей название SvP (Speed variable Pump). Согласно данным, опубликованным самой компанией BOSCH REXROTH, первые испытания такой системы начались в IV квартале 2008 г. в гидросистеме термопластавтомата [2].

Преимущества НСМПМ по сравнению с традиционной гидросистемой

НСМПМ превосходит по всем техническим параметрам как обычную традиционную гидросистему, так и гидросистему с обычным асинхронным двигателем, использующую ЧРП.

Преимущества НСМПМ относительно традиционной гидросистемы с использованием пропорциональных клапанов:

- у НСМПМ значительно выше энергоэффективность;
- высокая точность позиционирования рабочих механизмов;
- в НСМПМ отсутствуют пропорциональные клапаны, являющиеся дорогостоящим и относительно ненадежным оборудованием по сравнению с обычными седельными распределителями;
- в НСМПМ используются обычные седельные гидрораспределители с условным проходом до 50 мм, в то время как в традиционной гидросистеме пропорциональные клапаны, как правило, имеют условный проход 25 мм. Разница скоростей рабочей жидкости в клапанах составляет 4 раза, а это позволяет снизить нагрев масла,

Характеристика	НСМПМ	Обычный асинхронный электродвигатель с частотным регулированием + аксиально-поршневой насос
Момент инерции, кг·м ² ·10 ⁻⁴	370	7260
Масса, кг	122	634
Производительность, см ³ /мин	2400 об/м×80 см ³ /об×2 шт. = 384 000	1475об/м×250см ³ /об = 369 000
Энергоэффективность	Очень высокая	Низкая, из-за потерь на разгон и торможение двигателя с насосом
Динамическая характеристика: время разгона-торможения под нагрузкой, с	0,1	≈0,8÷1
Точность позиционирования	Очень высокая	Низкая. По причине высокой инерционности

свести к минимуму нежелательные шумы и гидроудары при работе гидросистемы, т. е. НСМПП работает «мягче» даже при максимальной производительности;

– поскольку в НСМПП отсутствуют пропорциональные клапаны и используется обычная гидроаппаратура, для ее работы допускается 9-й класс чистоты масла по NAS 1638. При этом для традиционной гидросистемы с использованием пропорциональных клапанов необходим 7-й класс чистоты масла по NAS 1638, что требует в четыре раза меньше загрязняющих частиц в масле, т. е. обычная гидросистема с пропорциональными клапанами в несколько раз более требовательна к чистоте масла, чем система НСМПП;

– низкий уровень шума.

Сравнительные характеристики НСМПП и гидросистемы с обычным асинхронным электродвигателем с частотным регулированием приведены в таблице.

Из таблицы видно, что при сравнении двух сопоставимых по производительности систем – НСМПП и обычного асинхронного электродвигателя с частотным регулированием + аксиально-поршневой насос – у НСМПП по всем основным параметрам характеристики существенно выше. При этом следует отметить, что себестоимость вышеуказанных систем является приблизительно одинаковой.

Таким образом, система с обычным асинхронным электродвигателем с частотным регулированием + аксиально-поршневой насос является неэффективной и нецелесообразной в использовании в гидравлических прессах для изготовления силикатного кирпича, так как данная система не может обеспечить высокую производительность и точность, а также не дает эффекта энергосбережения, а следовательно перерасход средств, затраченных на ЧРП, не сможет окупиться за счет экономии электроэнергии.

Одной из альтернатив системе НСМПП является система с использованием тандема аксиально-поршневых насосов и асинхронного сервомотора вместо обычного асинхронного электродвигателя. У асинхронных сервомоторов момент инерции в 5–7 раз меньше чем у обычных асинхронных электродвигателей, но в то же время он приблизительно в три раза выше, чем момент инерции у сервомоторов на постоянных магнитах при сопоставимом выходном моменте. И соответственно в целом эффективность гидросистемы с асинхронным сервомотором будет существенно ниже, чем эффективность НСМПП.

Исходя из вышеизложенного можно с уверенностью ожидать в ближайшие несколько лет эволюцию, которая приведет к полному переводу всех гидравлических прессов для силикатного кирпича на гидросистемы, оснащенные НСМПП, поскольку преимущества данной системы неоспоримы.

ООО «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» является не только создателем системы НСМПП, но и абсолютным лидером в применении системы НСМПП в тяжелых гидравлических прессах для производства силикатного кирпича, так как с 2008 г. все гидравлические прессы, выпускаемые ООО «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ», оснащаются исключительно такими системами.

Список литературы / References

1. Онищенко Г.Б., Юньков М.В. Электропривод турбомеханизмов. М.: Энергия, 1972. 240 с.
2. SVP Technology – Injection Moulding Machine. Purchase. 2010. April, pp. 58-59. http://indianpurchase.com/admin/articles_pdf/1308051237-IW%20-%20E%20&%20E%20-%20TECHNICAL%20ARTICLE%20-4.pdf (date of access: 01.09.2015).
3. Patent JPH02223688. Fluid pressurizing pump. Nagayama Yukio, Miura Akira. Published 06.09.1990.
4. Patent JPS60125789. Control circuit for driving hydraulic mashine. Hamamoto Hiroaki. Published 05.07.1985.

5. Patent JPH06341410. Universal hydraulic device. Hiraga Yoshiji. Published 13.12.1994
6. Patent US5668457. Variable-frequency AC induction motor controller. Motmed Farzin, Martin Marietta Corp. Published 16.09.1997.
7. Patent JP2000027766. Energy saving type hydraulic pump operating device. Matsumoto Kinji. Published 25.01.2000.
8. Patent JP2001116004. Hydraulic control device, and control device for motor. Yamada Nakeo, Mitsui Katsuaki, Tagushi Sadanbu, Fukuda Masayuki, Imai Yukio. Published 27.04.2001.
9. Patent JP2002242845. Hydraulic system. Shibuya Fumiaki, Machida Tetsuji, Kihara Kazuyuki. Published 28.08.2002.
10. Patent JP2003070279. Electric power unit. Ohira Akihiko, Morota Takashi, Nakazawa Shunichi, Yoshida Seio. Published 07.03.2003
11. Patent JP2003172302. Inverter drive hydraulic unit. Oba Koichi, Ichikava Junichi. Published 20.06.2003.
12. Patent JP2004332563. Inverter control system of hydraulic pump. Ichihashi Tatsumi. Published 25.11.2004.
13. Patent JP2005014474. Hydraulic control device and method for injection molding mashine. Ishikawa Takashi. Published 20.01.2005.
14. Patent JP2005169807. Method for optimally controlling inverter of hydraulic molding mashine. Anmen Takashi, Murozaki Takashi, Miyuzaki Mitsutoshi, Nishida Ryoze, Nagae Katsutoshi, Tsuchiya Toshiki. Published 30.06.2005.
15. Patent JP2003056469. Hydraulic mashine unit. Matsumura Masao, Yamamoto Masao, Yamamoto Masakazu. Published 26.02.2003.



производственное предприятие

КОМПЛЕКС

▲ железистоокисные пигменты для окрашивания изделий из бетона, силикатного кирпича, пластмассы, асфальта, лакокраски

▲ химические добавки для бетона

Прямые поставки из Германии и Китая




akross@rambler.ru
www.ferroxide.ru



ООО ПП "Комплекс", г. Уфа, ул. С. Богородская, 59 а
Тел.: (347) 235-74-39, 293-41-72, 293-41-73

TEREX-Lime — новое производство извести

В конце августа 2015 г. в Тульской области запущен новый завод по производству извести. ООО «Центр-Известняк», на базе которого построен завод TEREX-Lime, входит в ГК ТЕРЕКС, объединяющую предприятия по производству строительной керамики и нерудных материалов в Калужской и Тульской областях.

Новый завод стал планомерным продолжением политики ГК ТЕРЕКС в области комплексного использования месторождений известняков – от получения щебня различных фракций и минерального порошка до обжига известняка с получением извести. Первый проект, реализованный в этом направлении, начался с приобретения месторождения в п. Товарково Калужской области, где и сейчас работает дробильно-сортировочный завод.

Продолжением комплексного освоения карбонатного месторождения стало строительство завода обжига известняка на известь. В качестве партнера в создании производства был выбран европейский лидер – компания FELS-Werke GmbH (Германия). Начало производства совместного российско-германского проекта ООО «Фельс Известь» пришлось на 2009 г., тогда мощность предприятия составляла 110 тыс. т извести в год. Запуск второй очереди увеличил мощность завода до 230 тыс. т. Получаемая известь отвечала высоким стандартам качества и стала востребована в производстве автоклавного газобетона.

Благодаря совместной работе с компанией FELS был приобретен ценный опыт организации известкового производства и получения продукта высокого качества, залогом которого является наличие соответствующего задачам карбонатного сырья.

Стартом нового известкового проекта ГК ТЕРЕКС стало приобретение Восточного участка Пореченского месторождения известняков. Известняки месторождения характеризуются химико-физическими свойствами, обеспечивающими получение извести высокого качества. Запасы его оцениваются на уровне 40 млн м³, что считается достаточным для 50 лет работы. Химический состав породы: CaCO₃ ≥96%, MgCO₃ ≤1%, SiO₂ ≤1%.



Карьер Пореченского месторождения известняков (Восточный участок)



Дробильно-сортировочный узел



Специалисты компании «Мерц» (Швейцария) принимают активное участие в запуске печей



Печи «Мерц» – сердце завода по производству извести



Участок подготовки сырья

В настоящее время месторождение осваивается максимально эффективно. Добытый известняк перерабатывается на щебень фракций 5–20, 20–40, 40–70 и 70–120 мм, также производится минеральный порошок как из отсева 0–5 мм, так и из щебня фракции 5–20 мм. Для производства извести используется известняк фракции 40–70 мм. Однако для повышения эффективности использования добытого известняка предусмотрена возможность обжига сырья фракции 20–40 и 70–120 мм. Отработка режимов обжига сырья различных фракций намечена на ближайшую перспективу. Таким образом, использование добытого камня составит более 90%.

Одной из важнейших составляющих успеха проекта является технология производства, учитывающая свойства сырья и конечного продукта. Инжиниринговый проект производства выполняла компания PSP Engineering (Чехия), которая подготовила, поставила и провела шеф-монтаж оборудования линий транспортировки сырья и дробления, измельчения, хранения и отгрузки извести.

Главный технологический процесс известкового производства – обжиг. Поскольку проект TEREX-Lime ориентирован на получение извести высокого качества, то и выбраны были печи мирового лидера в этой области – компании «Мерц» (Швейцария). Вертикальные шахтные печи типа HPS, работающие на газе, отличаются высокой производительностью (200 т/сут каждая) и универсальностью технологии обжига с получением как мягко- так и жесткообожженного продукта.

Весь технологический процесс автоматизирован и визуализирован. Регулирование технологических параметров производится из операторской в режиме реального времени, что позволяет быстро производить корректировку процесса согласно плану производства.

В настоящее время установлены две печи, введение в строй которых будет завершено в октябре 2015 г. Запуск третьей печи запланирован на 2016 г. Тогда суммарная мощность производства составит 600 т извести в сутки. Проектом предусмотрена возможность расширения производства за счет установки четвертой аналогичной печи.

Как известно, для выпуска продукта высокого качества со стабильными свойствами необходимо использование высококачественного сырья. Технологическая цепочка предусматривает три стадии грохочения, причем последняя производится непосредственно перед засыпкой с печь.

Полученная комовая известь поступает для хранения в силоса (14 силосов общим объемом 8 тыс. т). В производственной программе предусмотрен отпуск извести 0–10 и 10–50 мм, а также порошкообразного продукта (90 мкм) среднего и жесткого обжига.

Для удобства потребителей в проект заложена возможность одновременной отгрузки до 7 автомашин. Каждый силос товарной извести (10 шт.) оборудован беспылевым выгрузочным устройством.

Весь процесс производства находится под жестким контролем. В лаборатории завода собран штат высокопрофессиональных специалистов, которые прошли дополнительное обучение в рамках договора подряда с поставщиками оборудования. В их распоряжении современное исследовательское оборудование и инструменты. Планы предприятия предусматривают проводить контроль качества как по российским стандартам (ГОСТ 9179–77, 22688–77), так и по европейским – EN452 (1, 2).

Такая известь должна найти применение при производстве силикатных и газосиликатных изделий автоклавного твердения, а также в металлургии. Уже сейчас, на этапе запуска производства к новому заводу приковано внимание будущих потребителей. Одними из первых визит на предприятие нанесли специалисты компании «Тулачермет-Сталь». Их интерес не случаен: в стадии реализации – новый конвертор (первый в постсоветской России), который требует применения извести высокого качества.

Потребителями извести завода TEREX-Lime могут стать заводы силикатного кирпича, оснащенные современным оборудованием и работающие по прямой технологии производства силикатных изделий. Ведутся переговоры по поставке извести на ряд заводов Центрального Федерального округа РФ.

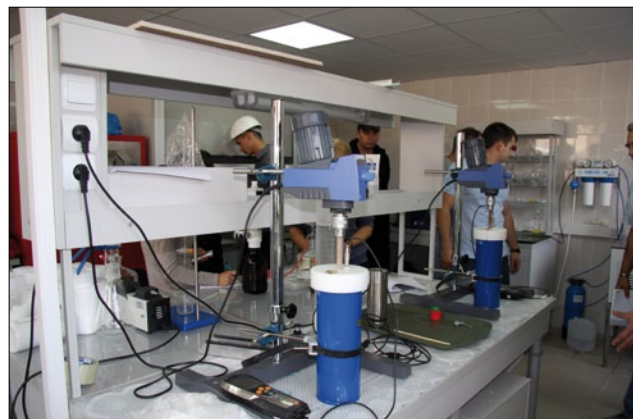
Контактная информация:
www.terex-group.ru
artamonov.av@terex-group.ru
 +7 903 560 18 25
 +7 903 772 36 26



Печи оснащены газовыми горелками



Помольное отделение и участок хранения и отгрузки готовой продукции



Заводская лаборатория оборудована современной исследовательской техникой

Дзержинскому заводу силикатного кирпича — ООО «Силикатстрой» — 85 лет



Первый директор
А.В. Агафонов



Василий Иванович
Валенков,
директор завода
с 1941 по 1957 г.



Николай Сергеевич
Врагов,
директор завода
с 1957 по 1976 г.



Михаил Кириллович
Курышев,
директор завода
с 1976 по 1985 г.

Большинство наших современников знают г. Дзержинск Нижегородской области как город «большой химии». Действительно производство химической продукции в этом регионе началось 100 лет назад во время Первой мировой войны, когда в 1915 г. был основан Чернореченский химический завод минеральных кислот, действующий и поныне (ООО «Корунд»). Затем в 1916 г. из Петрограда эвакуировали Охтинский завод взрывчатых веществ (сейчас ФПК «Завод им. Я.М. Свердлова»).

Место было удобным, обеспечено транспортной инфраструктурой (железнодорожная станция Транссиба, пристань на судоходной Оке), достаточно удаленным от внешних границ молодого Советского государства. Именно здесь было принято решение разворачивать строительство крупных предприятий по выпуску взрывчатых и отравляющих веществ, противогазов и т. д. С этой целью в 1929 г. был заложен город Дзержинск.

За пафосом начала строительства промышленных гигантов и нового города практически незаметным в масштабе страны осталось событие не менее важное – строительство предприятия, без продукции которого не было бы ни химических предприятий, ни самого города, – **Дзержинского завода силикатного кирпича**. Однако для промышленности строительных материалов СССР запуск завода силикатного кирпича в г. Дзержинске стал событием значимым и заметным, являясь вехой реализации крупномасштабной программы создания 15 силикатных заводов на территории европейской части страны с целью обеспечения строительства местными строительными материалами.

О важности строительства силикатного завода говорит тот факт, что на реализацию проекта была выделена огромная для своего времени сумма в 1,6 млн р, закуплено самое новое технологическое оборудование, а все работы Нижегородстройтрест завершил в течение года.

Были построены две шахтно-пересыпные печи Иссерлиса (одна из них исправно работает до сих пор!), установлены две сепараторные мельницы для помола известки, прессы Букау-Вольф и Бернгарди, два паровых котла типа Ланкшир, восемь тупиковых автоклавов. Численность сотрудников составляла 262 человек, мощность предприятия – 40 млн шт. кирпича в год. Уже 13 января 1930 г. первая партия кирпича вышла из автоклава.

Официальное торжественное открытие завода состоялось 30 марта 1930 г. Символично, что в этот же день решением ЦИК СССР рабочий поселок Дзержинск получил статус города.

На стратегию технического развития, формирование трудового коллектива и традиций важнейшее влияние оказывает руководство предприятия.

Первым директором завода был **А.В. Агафонов**, который руководил предприятием с 1930 г. по 1937 г. К сожалению, даже имени этого человека мы не знаем, так как в канцелярских документах, сохранившихся до настоящего времени, именуется только инициалы. Не известна и его дальнейшая судьба, хотя дата ухода с завода вселяет мало оптимизма. Тем не менее, именно при нем началось становление предприятия, строительство жилья для работников и объектов соцкультбыта.

Андрея Николаевича Куклева после ареста в 1937 г. «сослали» руководить заводом с должности председателя Дзержинского горисполкома.



Николай Викторович Сомов –
директор нового времени и новой
формации, возглавляет предпри-
ятие с 1996 г.



На револьверных прессах, как правило, работали женщины. За смену три прессовщицы снимали с одного прессы и перекладывали на вагонетку 25–30 тыс. кирпичей, то есть около 100 т. Не удивительно, что мужчины такой работы не выдерживали. Многие прессовщицы силикатных заводов СССР были Героями социалистического труда, награждены орденами Трудового Красного знамени и трудовой славы

Василий Иванович Валенков возглавлял Дзержинский завод силикатного кирпича в суровые военные и послевоенные годы восстановления народного хозяйства (1941-1957 гг.).

Во время войны производство силикатного кирпича упало до минимума, необходимо было для продолжения строительства новых оборонных предприятий в г. Дзержинске, основной продукцией стали коробки для противогаров, капсулы и корпуса для снарядов. Сто одного сотрудника проводили заводчане на фронт, вернулось меньше половины.

После Победы кирпич вновь стал материалом первой необходимости, потребовалось существенно увеличить мощность предприятия. С этой целью в 1950-е гг. была проведена первая масштабная реконструкция: приобрели экскаваторы и дробильные машины, построили три новые печи обжига извести, заменили паровые котлы, установили более мощные прессы. В итоге производительность предприятия составила 150 млн шт. кирпича.

19 лет – с 1957 г. по 1976 г. директором завода был **Николай Сергеевич Врагов**, кавалер Орденов Ленина и Трудового Красного знамени. При нем была продолжена реконструкция предприятия, печное и котельное оборудование переведено на газ, начато производство полуторного кирпича толщиной 88 мм, а также цветного кирпича. Современные специалисты наверняка не знают, что в 1960-е гг. еще не существовало способа объемного окрашивания, поэтому кирпич просто окунали в раствор медного купороса, и он приобретал светло-зеленую окраску.

В сентябре 1969 г. был запущен второй кирпичный цех мощностью 60 млн шт. кирпича в год, в 1972 г. – построена 26-метровая известковая печь конструкции института «Гипростром», а общая мощность завода доведена до 210 млн шт. кирпича в год. В 1975 г. был установлен рекорд по выпуску продукции – 213,6 млн шт. кирпича. Завод неоднократно становился победителем соцсоревнования в РСФСР и СССР.

Михаилу Кирилловичу Курышеву выпало руководить Дзержинским силикатным заводом в относительно благополучное и спокойное время – с 1976 по 1985 г.

В 1985 г. М.К. Курышева на посту директора сменил Владимир Викторович Ливан, который проработал на заводе недолго, всего четыре года. Тогда в стране началась так называемая перестройка. Однако больших успехов «постороннему», присланному из Нижнего Новгорода директору достичь не удалось.

Анатолий Николаевич Рябов принял руководство заводом практически на рубеже эпохи СССР в конце 1989 г. На его долю пришлось горькие испытания падения экономики как страны, так и завода, сокращение производства и численности работающих.

В 1995 г. успешный предприниматель **Александр Николаевич Ситников**, имеющий большой опыт производственной, хозяйственной и управленческой работы, выкупил контрольный пакет акций практически умирающего силикатного завода. Это стало вехой начала новой истории и новой жизни предприятия. Сейчас, 20 лет спустя, трудно даже представить, через какие испытания пришлось пройти команде, сформированной новым владельцем, чтобы спасти завод физически, стабилизировать ситуацию и вновь запустить процесс поступательного развития.

Не менее трудно представить, что при покупке и в первые месяцы работы на силикатном заводе главной опорой А.Н. Ситникова была милая хрупкая женщина – **Светлана Юзефовна Кроткова**, до настоящего времени бессменный финансовый директор.

В 1996 г. генеральным директором завода «Силикатстрой» был назначен **Николай Викторович Сомов**, представитель одной из славных трудовых династий.

Новая команда в первую очередь стала наводить порядок и налаживать контакты с партнерами. Благодаря этому удалось стабилизировать производство, организовать относительно ритмичный сбыв продукции, положить начало формированию нового коллектива, готового к работе в новых условиях.

К началу 2000-х гг. стала очевидной необходимость проведения очередной реконструкции, без которой невозможно было выйти на новый уровень качества и производительности, обеспечить высокую рентабельность, позволяющую оперировать кредитными ресурсами, – новый собственник был непоколебим в стремлении создать современный завод европейского уровня.

В конце 2000 г. запустили восстановленный гидравлический пресс немецкой фирмы **Boimer und Boimer BSP-500**, и процесс, как говорится, пошел.

Объемно окрашенный кирпич розового цвета вышел из автоклава в конце апреля 2001 г. Затем цветовая гамма была расширена желтым, коричневым и серым кирпичом. Массовый выпуск цветной продукции стал серьезной заявкой на лидерство в отрасли.

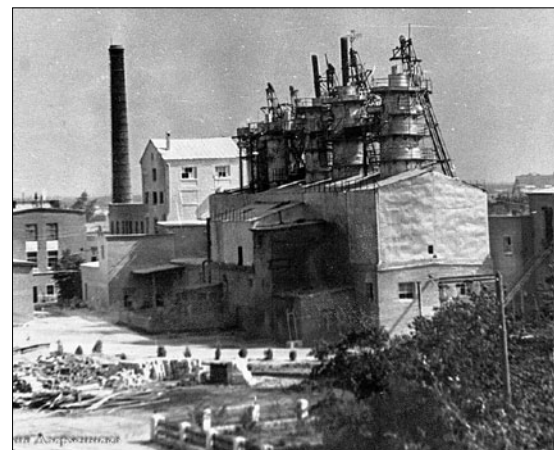
Успех закрепили выпуском колотого и рустированного кирпича на станках собственной конструкции. А два года спустя, в 2003 г. приобрели высокопроизводительный надежный немецкий рустикатор фирмы **W+K**, который успешно работает до настоящего времени.

Первые шаги новой реконструкции показали правильность выбранного курса и эффективность капитальных вложений. Появилась уверенность, что инвестиции в оборудование и технологию окупятся сторицей.

В 2004-2005 гг. проведен капитальный ремонт оборудования дробильно-помольного отделения завода, приобретен автоматизированный пресс двустороннего сжатия фирмы **Lasco**. Это положило начало новой эры производства силикатных изделий в России. До этого времени силикатные заводы выпускали только кирпич одинарного и полуторного формата. Теперь появилась возможность изготавливать силикатные блоки различного размера. В 2006 г. в эксплуатацию запущен второй пресс **Lasco KSP-801**, изготовленный



Завод 30-х гг., парокотельный цех. Так выглядел Дзержинский завод силикатного кирпича в начале 1930-х гг. Первый парокотельный цех, уголь загружается в топи лопатами вручную



Завод после второго этапа реконструкции в 1960-х гг.



Рустикатор фирмы W+K, 2001 г.



Кирпич с прессы KSP



С начала 2000-х гг. постоянно расширяется цветовая гамма изделий. Но настоящая революция цвета произошла после приобретения в 2014 г. смесительного оборудования фирмы «Айрих»

специально для ООО «Силикатстрой», позволяющий за один цикл формировать 12 кирпичей.

В марте 2007 г. впервые в Поволжском Федеральном округе были выпущены принципиально новые виды силикатных изделий – блоки размером 250×248×188 мм, плиты для межкомнатных и межквартирных перегородок размером 498×70×249 мм и 498×115×249 мм соответственно. В 2008 г. приобретен третий пресс KSP-801, в 2013 г. – четвертый.

К 2009 г. завершен капитальный ремонт печей. В 2007 и 2010 гг. приобретены новые экскаваторы, в 2012 г. переоборудованы две заводские электростанции, до этого времени в одной из них еще трудился трансформатор 30-х гг. прошлого века.

Коренная реконструкция ведется в парогенераторном и автоклавном хозяйстве. В 2014 г. приобретен комплекс оборудования немецкой фирмы Eirich для нового узла окраски кирпича. Автоматизированное дозирование компонентов и высокий уровень гомогенизации массы позволил предприятию вывести продукцию на новый уровень качества.

Говоря о юбилее предприятия, конечно, следует помнить, что завод – это, прежде всего, люди. За спинами собственника и генерального директора, которые на виду, простые труженики не всегда видны, но именно их повседневная, иногда монотонная и не слишком чистая работа позволяет достигать результатов, определяющих поступательное движение завода, именно они: рабочие, техники, инженеры составляют тот трудовой коллектив, ту команду, на которую опираются в своих смелых замыслах руководители.

Завод «Силикатстрой» богат на трудовые династии. И одной из причин того, что сотрудники приводили и приводят на предприятие своих детей и братьев, является преемственность уважи-



Печное отделение, слева направо: две печи Иссерлиса постройки конца 1930-х гг.; три печи «Сахаропромпроекта», построенные в конце 1950-х гг.; гигант «Гипропромстрема» – в настоящее время остановлена

тельного отношения к человеку со стороны руководства, забота о создании благоприятных условий работы, строительство жилья, спортивная и творческая жизнь коллектива.

Четыре поколения семьи Корневых посвятили трудовую жизнь работе на Дзержинском заводе силикатных изделий. В далеком 1929 г., еще на строящийся завод приехал работать Василий Корнев и с перерывом на войну проработал здесь без малого сорок лет. Почти столько же лет трудился на заводе сын Василия Тимофеевича Лев. Его дети – Виктор и Надежда, конечно, тоже пришли работать на «семейное» предприятие. Виктор Львович стал главным инженером. В настоящее время династию продолжает Михаил Викторович Корнев, кандидат технических наук, заместитель директора по НИОКР. На заводе также работает его супруга Тамара.

Сомовых силикатный завод как будто притягивает. Основатель династии Виктор Васильевич хотел (и мог бы!) стать ученым, однако семейные обстоятельства привели его с молодой женой Альвиной на силикатный завод. Николай Викторович, нынешний генеральный директор, мечтал о море. Его сын Андрей, хоть и вырос практически на заводе, но о работе на нем всерьез не задумывался: руководил рок-группой, получил экономическое образование. Но... видно обладает «Силикатстрой» особой притягательной силой.

Династия Дёминых насчитывает три поколения. Их работа на силикатном заводе началась в 1952 г.

Основатель династии Кулеминых Василий Андреевич пришел на завод в 1936 г., а в 1942 г. погиб на фронте. Его сыновья, когда выросли, тоже выбрали местом работы силикатный завод.

Не удивительно, что в дружном трудовом коллективе люди часто встречают свою любовь и семейное счастье. Создаются новые



Председатель совета директоров ООО «Силикатстрой»
А. Н. Ситников



Заместитель директора по НИОКР
М.В. Корнев представитель четвертого поколения Корневых, работающих на заводе



А.Н. Ситников и М.В. Корнев обсуждают рабочие моменты



Братья Хорошеньковы



Инженерно-технические работники кирпичного цеха: Пучежанова Н.И., Кулакова А.З., Харитоновна Г.В., Колесова И.Г., Тузов Б.А., Кузнецова Г.В. Стаж работы на заводе Бориса Александровича Тузова составляет 55 лет!



Анатолий Анатольевич Бучиловский последний ветеран Великой Отечественной войны Дзержинского завода силикатного кирпича

семьи, трудовые династии переплетаются и разрастаются. Например, династия Прокофьевых-Пожелаевых-Макеевых-Быковых, или Балакиревых-Бурьян.

Общий трудовой стаж семьи Хорошеньковых составляет 150 лет!

Есть династии Рябиных, Беловых, Козловых. Да простят нас достойные люди, которые не упомянуты в этой статье.

Энергия руководства и сплоченность коллектива не могли не выдвинуть «Силикатстрой» в передовики теперь уже «капиталистического» производства. Как и в советские времена завод уверенно занимает лидирующие позиции в отрасли. Закономерно, что по инициативе генерального директора ООО «Силикатстрой» Николая Викторовича Сомова при поддержке владельца Александра Николаевича Ситникова была создана Ассоциация производителей силикатных изделий, дирекция которой базируется на предприятии.

85-летие трудовой коллектив завод «Силикатстрой» встретил ритмичной эффективной работой, новым оборудованием и, что самое важное в трудное время экономической нестабильности, уверенностью в своем будущем.



Ветераны завода



На заводе освоено производство широкой гаммы цветного кирпича, а также крупноформатных блоков



Новое парогенераторное оборудование



Если надо, то исполнительный директор Ассоциации производителей силикатных изделий А.Н. Сомов лично продемонстрирует технику укладки крупноформатных блоков



В 2009 г. завод «Силикатстрой» гостеприимно принимал участников III Международной научно-практической конференции «Развитие производства силикатного кирпича в России: СИЛИКАТэкс»

masa

Milestone to your success.

Реклама

Наши решения – Ваш успех



www.masa-group.com

Фирма «Маза» предлагает отдельные машины и участки производственных линий, а также установки «под ключ» для промышленного производства строительных материалов: мелкоформатных бетонных изделий, бордюрного камня, декоративных плит мощения, силикатного кирпича, газобетонных изделий.

Фирма «Маза» осуществляет разработку индивидуальных технических решений, проектирование, изготовление оборудования, его монтаж и ввод в эксплуатацию. Наш Клиент сможет оценить все преимущества работы с поставщиком, производителем и ответственным партнером в одном лице.

Masa GmbH
Masa-Str. 2
56626 Andernach
Germany
Phone +49 2632 9292 0
Service Hotline +49 2632 9292 88

Masa GmbH
Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica
Germany
Phone +49 5731 680 0

Маза-Москва
Ср. Тишинский пер., 28, офис 220
123557 РФ, Москва
Тел. +7 495 23251 27
Факс +7 495 23251 28
info@masa.ru

info@masa-group.com
service@masa-group.com
www.masa-group.com

Masa - made in Germany.



Профессиональное оборудование для производства и упаковки силикатного кирпича

Орловское ГСПКБ, ныне Специальное конструкторское бюро стекольного машиностроения (АО «СКБ СМ») – первое конструкторское бюро в г. Орле, было создано в 1956 г. постановлением Правительства СССР для решения вопросов автоматизации тяжелых технологических процессов и горячих операций в стекольной промышленности.

Компания ЗАО «СТЕКЛОПАК» была организована в 1997 г. группой ведущих специалистов СКБ СМ с целью создания инновационного оборудования по всему циклу: НИОКР – изготовление – пусконаладочные работы – послепродажное обслуживание.

Обе компании являются малыми предприятиями со 100% пакетом акций у коллектива.

Компании обладают высоким техническим потенциалом, основанным на наличии высококвалифицированных специалистов по электроприводу, пневматике, гидравлике, механическим приводам и электронике, и многолетним опытом создания и внедрения оборудования в отраслях промышленности.

Конструкторско-технологические решения, разработанные и внедренные в производство за последние годы, защищены патентами Российской Федерации и международными патентами: Евразийским патентом на изобретения (4 страны), патентом Италии и патентом Германии.

Товарный знак ЗАО «СТЕКЛОПАК» зарегистрирован в 46 странах.

В компании два кандидата наук, трем сотрудникам присвоено звание «Заслуженный машиностроитель РФ», одному – «Заслуженный конструктор РФ».

Специалисты компании пять раз становились победителями Всероссийского конкурса «Инженер года».

За прошедшие годы оборудование поставлено в 53 региона России. Ежегодно до 50% оборудования поставляется на экспорт в Германию, Италию, Чехию, Бельгию, бывшие республики СССР. 90% оборудования – импортозамещающее.

Специализация производства и поставок:

– термическое, транспортное и упаковочное оборудование для стекольной промышленности (стеклотары, сортового и листового стекла);

– штабелеукладчики и термоусадочные машины для мелкогрупповой упаковки различных изделий в пищевой, стекольной, деревообрабатывающей, лакокрасочной и других отраслях промышленности;

– роликовые и цепные конвейеры (рольганги), гидроподъемные устройства, поворотные столы среднего и тяжелого классов;

– ленточные конвейеры легкого, среднего и тяжелого классов длиной до 180 м с различной шириной ленты, производительностью до 120 т/ч;

– элеваторы ковшовые производительностью до 50 т/ч;

ЗАО «СТЕКЛОПАК» – единственный производитель в России уникальных автоматических линий штабелирования и упаковки в термоусадочную пленку на европоддоны стеклотары, кровельных материалов, газосиликатных блоков и керамического кирпича.

В условиях жесткой конкуренции компания постоянно расширяет рынки сбыта оборудования.

В 2014 г. СКБ СМ и ЗАО «СТЕКЛОПАК» приступили к разработке и модернизации оборудования для предприятий по изготовлению силикатного кирпича и газосиликатных блоков:

– оборудование для съема кирпича-сырца с прессов, в том числе со стола револьверных прессов, и укладки его на вагонетку, в том числе захватной головки с индивидуальными пневмозахватами для каждого кирпича для переноса сырца с прессов различного типа на ленточный накопитель; ленточных накопителей; штабелеукладчиков для переноса кирпича-сырца с ленточного накопителя и укладки его на вагонетку; системы управления данным оборудованием.

Использование такого оборудования, в том числе с револьверными прессами, позволяет значительно повысить качество силикатного кирпича за счет более бережного захвата сырца с помощью индивидуальных захватов, что предотвращает разрушение

как самого сырца, так и его граней, повысить надежность работы оборудования и сократить эксплуатационные расходы.

При работе с револьверными прессами новое оборудование позволяет укладывать кирпич-сырец на вагонетку в положение на постель в шахматном порядке и тем самым исключить ручной труд, необходимый для перевязки слоев кирпича-сырца на вагонетке.

Оборудование позволяет укладывать слои кирпича-сырца на вагонетку таким образом, чтобы имелась возможность штабель готового кирпича с вагонетки разделить на два одинаковых блока без применения ручного труда. Блоки более удобны для потребителя, и это позволяет упаковывать их в пленку стретч-худ.

Перечисленное оборудование позволяет легко адаптироваться к револьверным прессам, линейным прессам польского производства типа PA-550, а также получать значительную экономию средств при использовании прессов европейских фирм (WKB, Lasco, MASA) без ленточных накопителей и штабелеукладчиков.

В этом случае пресса европейских фирм могут быть укомплектованы автоматом-укладчиком производства ЗАО «СТЕКЛОПАК».

Указанное оборудование обеспечивает производительность всех современных прессов.

Приводы оборудования компании «СТЕКЛОПАК» и системы управления позволяют в жестких цикловых режимах работы осуществлять плавный разгон и торможение при переносе и укладке сырца на всех операциях.

Использование оптических индуктивных датчиков и энкодеров позволяет достичь необходимой точности при раскладке сырца на различных операциях, а также осуществить контроль положения механизмов в любой точке по времени цикла и продолжить цикл работы механизмов после нештатной остановки.

ЗАО «СТЕКЛОПАК» производит термоусадочные машины для упаковки на поддоны стеклотары, кровельных материалов, кирпича, газосиликатных блоков и других материалов. В настоящее время выпущено более 150 термоусадочных машин для различных отраслей.

Опыт, приобретенный в создании термоусадочных машин, позволил специалистам компании профессионально подойти к созданию оборудования для упаковки продукции в пленку стретч-худ. Применение пленки стретч-худ является удачной альтернативой упаковке продукции в термоусадочную пленку.

В настоящее время закончена разработка документации для изготовления автоматической машины одевания пленки стретч-худ и начат этап изготовления головного образца.

Компании разрабатывают и изготавливают нестандартное оборудование и системы управления для решения локальных задач силикатных заводов. К данному виду оборудования относятся транспортные системы, ленточные конвейеры, рольганги и цепные транспортеры для загруженных поддонов, поворотные столы, ковшовые элеваторы, грейферные захваты, оборудование для закраски кирпича и другое нестандартное оборудование, разработка и изготовление по исходным требованиям заказчика систем управления локальными и комплексными технологическими процессами.

При создании оборудования применяются компоненты ведущих мировых производителей – OMRON (Япония), SCHNEIDER ELECTRIC (Франция) и др.

Структура компании позволяет самостоятельно создавать оборудование из «одних рук»:

- разрабатывать конструкторскую документацию;
- изготавливать оборудование и системы управления к нему;
- проводить шеф-монтажные и пусконаладочные работы;
- осуществлять послепродажное обслуживание.

Компании имеют возможность комплексно решать вопросы создания оборудования по всему технологическому циклу или отдельным его частям по исходным требованиям заказчика.



Подготовительная техника фирмы АЙРИХ со всеми решениями из одних рук



смешивание – сушка – гранулирование – тонкий помол

Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG
Postfach 1160, 74732 Hardheim, Germany
Phone: +49 (0) 6283 51-0, Fax: +49 (0) 6283 51-325
E-Mail: eirich@eirich.de, Internet: www.eirich.com

ООО «Айрих Машинентехник»
129343 Москва, ул.Уржумская 4, строение 2
Россия
тел: + 7 495 771 68 80
факс: + 7 495 771 68 79
эл.адрес: info@eirich.ru



EIRICH

The Pioneer in Material Processing

Автоматизация процесса упаковки силикатного кирпича полимерными лентами. Альтернатива упаковке пакетов в термоусадочную пленку

«Роксор Индастри» – надежный поставщик с многолетним опытом работы в сфере транспортной упаковки предлагает широкий спектр экономически эффективных решений, от проектирования и сервиса поставляемого оборудования до расходных материалов. Проекты по автоматизации внедрены на различных российских предприятиях и успешно работают уже много лет.

Одним из ключевых партнеров ЗАО «Роксор Индастри» является концерн **Strapex/Orgarack (Швейцария)**, работающий на рынке с 1955 г. и предлагающий системные решения в сфере обвязки продукта полимерными лентами.

В линейке компании Strapex / Orgarack – горизонтальные, вертикальные рамы, а также машины торцевой сварки Endra, работающие по технологии EndSealer.

Вертикальные рамы VTS

Это универсальные строительные рамы, в которых сварка и натяжение ленты происходят сверху пакета. Рама VTS используется для правильной группировки и компоновки рядов между собой для создания целостного пакета. Существует множество вариантов упаковки без поддона, где пакет перемещается по специальным направляющим с функцией торцевания для группировки пакетов. Рама VTS адаптированы для работы в агрессивной среде, устойчивы к пыли, влаге, пару, т. е. это настоящие машины для строителей. Рама имеет большое количество опций: подпрессовка пакета, двойная ложка для увеличения производительности, возможность движения самой рамы вдоль обвязываемого пакета, подкладка защитных уголков.

Горизонтальная рама H40U-C

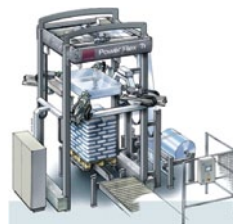
Эта стандартная машина подходит для упаковки легких и тяжелых грузов.

Основная задача – горизонтальная обвязка. Производительность до 90 поддонов в час при трех обвязках. В программу упаковки можно вносить большое количество данных и получить мультирежим упаковки разных по высоте и габаритным размерам пакетов.

Endra – уникальная многопотоковая обвязочная машина, не имеющая аналогов на рынке и позволяющая производить обвязку в 3, 4, 5 полос. Принцип заключается в том, что продукт во время движения по конвейеру сам наезжает и натягивает на себя ленту, расположенную поперек конвейера, а натяжение ленты и спайка происходят позади продукта с одновременным выставлением ленты для следующего продукта.

Машина обладает большой производительностью при использовании недорогого полимерного материала, малогабаритна и очень легко адаптируется в линии, где мало свободного производственного пространства. Сила натяжения ленты до 600 Н. Машина сквозного типа, легко интегрируется в существующую линию без перераспределения конвейерных узлов. Это оборудование работает на малых форматах ленты (до 5 мм), может комплектоваться этикетировщиком, обладает малым количеством движущихся частей. Помимо оборудования для обвязки ЗАО «Роксор Индастри» предлагает полный спектр оборудования для паллетизации и упаковки паллет в различные виды пленок, в том числе с логотипом на машинах Haloila серии OSTOPUS (Финляндия) – пионера в создании автоматических кольцевых паллетообмотчиков стретч-

пленкой и на стретч-худ машинах Lachenmeier (Дания) – разработчика передовой стретч-худ технологии.



Стретч-худ оборудование Lachenmeier позволяет производить упаковку паллет с различными габаритами поточным способом на одной машине с применением нескольких видов пленок разных размеров.

Помимо широкого спектра оборудования и инструментов для транспортной упаковки мы оказываем консультации по специфике упаковочных материалов, предлагаем полный спектр услуг по проектированию, монтажу и подключению оборудования, обучению персонала, гарантийному и послегарантийному обслуживанию.

Анализ стоимости упаковки паллет по различным технологиям.

Ниже приведена стоимость упаковки паллет по различным технологиям, рассчитанная для габаритов паллеты 1200×800×760 мм.

Стоимость паллеты шринк-худ – 112 р.

Стоимость паллеты стретч-худ – 88 р.

Стоимость паллеты 4в+2г обвязок – 56 р.

Стоимость паллеты 14 витков два слоя машинный стретч 23 м – 30 р.

Комбинированный способ упаковки:

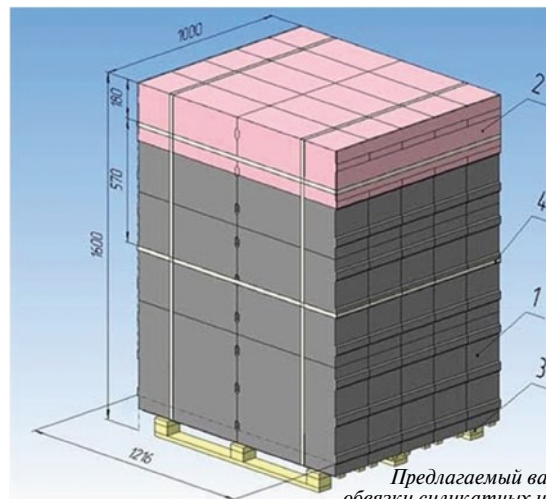
Стретч + обвязка 4в+2г – 71 р.

Стретч + обвязка 2 верт. – 35,7 р.

Стретч-худ 50 м + обвязка – 64,7 р.

Стретч + обвязка – 71 р.

Актуальность расчетов – август 2015 г.



Предлагаемый вариант обвязки силикатных изделий

Огромный опыт компании «Роксор» позволяет предложить своим клиентам возможность оптимального выбора упаковочного оборудования, расходных материалов и запчастей, проектирование, программирование, шеф-монтаж, пусконаладку упаковочных линий, обучение технических специалистов клиента, а также возможность увеличения стандартной гарантии производителя оборудования до пяти лет.

На складе всегда в наличии рекомендуемые производителем запчасти и расходные материалы для оперативного пополнения вашего производства.



ФОРМУЛА СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: «ПРОЧНОСТЬ. ПОЛЬЗА. КРАСОТА» + ДОСТУПНОСТЬ

InterConPan
International Conference of Large-panel Construction

В 2014 г. в Российской Федерации было введено 83,6 млн м² жилья — рекордный показатель не только для российской, но и для советской строительной индустрии. Вклад в это событие внесли участники V Международной научно-практической конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России — InterConPan-2015», которая стала важным шагом к внедрению новых технологий и проектных решений, а также к завязыванию и укреплению деловых и дружеских взаимоотношений между профессионалами. Уже пять лет коллеги встречаются на одном из самых представительных форумов производителей и потребителей продукции крупнопанельного домостроения. Встречи на конференции позволили установить конструктивный диалог и послужили более четкому пониманию задач модернизации базы крупнопанельного домостроения и скорейшему их решению. Процесс модернизации домостроительных предприятий и строительства новых должен сопровождаться развитием отечественной машиностроительной базы производства технологического оборудования, не уступающего по качеству зарубежным образцам. Это должно стать важным результатом проведения ежегодных научно-практических конференций по крупнопанельному домостроению. Однако отсутствие проектного кредитования с пониженной ставкой для реального сектора не позволяет проводить полномасштабную модернизацию. Об этих и многих других проблемах вели разговор участники V Международной научно-практической конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России — InterConPan-2015» в Казани 30 июня — 3 июля 2015 г.

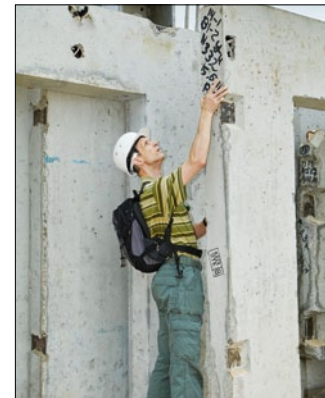
В первый день работы конференции — 1 июля 2015 г. состоялась выездная сессия на ООО «Казанский ДСК», образованный группой «АК БАРС Девелопмент» в 2012 г. на базе производственных мощностей «КПД-3» — старейшего Казанского домостроительного комбината, функционирующего с 1977 г. После завершения первой очереди модернизации комбинат приобрел возможность комплектовать 150 тыс. м² жилой площади в год, а также подготовил инфраструктуру вспомогательного производства для быстрого наращивания мощности до 250 тыс. м² годовой продаваемой площади в рамках второй очереди, стартующей в 2016 г. В ходе модернизации был сохранен коллектив завода. После запуска обновленной производственной линии количество рабочих мест на заводе увеличится на две трети с момента начала процесса технического перевооружения и составит 500 человек; ожидается, что по окончании второй очереди модернизации завода численность достигнет 700 человек, в основном за счет числа рабочих.



1 июля 2015 г. состоялась торжественное открытие завода ООО «Казанский ДСК», которое было приурочено к проведению в столице Татарстана самого значимого в России форума производителей изделий крупнопанельного домостроения — Международной конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России — InterConPan-2015». В церемонии открытия приняли участие министр строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ М.А. Мень, Президент Республики Татарстан Р.Н. Минниханов и министр строительства, архитектуры и ЖКХ РТ И.Э. Файзуллин. Директор завода А.Г. Сидоров показал производственную линию, цеха и образцы продукции. После церемонии открытия завода М.А. Мень и Р.Н. Минниханов заложили в основание нового дома в жилом комплексе «Светлая долина» капсулу с формулой современного строительства «Прочность. Польза. Красота. Доступность».

На новом оборудовании немецких и финских компаний-поставщиков для Казанского ДСК: Sommer Anlagentechnik GmbH, Eurobend и Steel-Kamet Oy на рынок будет выведен новый продукт — серия «АБД 9000». Характеристики этой серии позволят использовать ее как в малоэтажном, так и в многоэтажном строительстве и строительстве многосекционных зданий.

Применение заводом современных технологий производства строительных материалов обеспечит снижение себестоимости строительства и повысит доступность возводимого в Татарстане жилья. Уже сейчас продукция ООО «Казанский ДСК» находит применение при возведении ЖК «Светлая долина» группой компаний «АК БАРС Девелопмент». Именно на этот объект отправились наши коллеги после посещения завода.



«Светлая долина» – масштабный проект группы компаний «АК БАРС Девелопмент». Общая площадь территории комплекса составляет 40 га. В жилом комплексе запланировано строительство 21 дома, школы, трех детских садов и других объектов инфраструктуры. Всего по проекту предполагается построить 385 тыс. м² жилья. Благодаря применению индустриальной технологии крупнопанельного домостроения строительство на объекте ведется в два раза быстрее сроков, которые устанавливались ранее: полный монтаж «коробки» 17-этажного дома осуществляется за шесть месяцев, через десять месяцев дом готов к сдаче.

Выгодное расположение жилого комплекса в экологичном районе недалеко от крупнейшей транспортной развязки позволяет жителям попасть в любой район Казани. Жилые дома отделяются от трассы Мамадышского тракта зеленой зоной и запланированными по проекту торговыми комплексами. Жилой комплекс отличается привлекательными и разнообразными фасадами, удобными планировками квартир, обеспечением доступа в подвезды маломобильных групп населения. Наличие достаточного количества парковочных мест, благоустроенных детских площадок с дорожками для скейтбордистов, максимальное озеленение делают комплекс привлекательным для разных категорий жителей. Участники конференции, ставшие за эти пять лет сплоченным профессиональным сообществом, отметили все достоинства и недостатки осматриваемых объектов. Четко определили для себя, что можно использовать в своей работе, а на что необходимо обратить дополнительное внимание.



В 2015 г. в конференции приняли участие более 250 специалистов из 30 регионов Российской Федерации и пять зарубежных стран. Две трети участников – это руководители и ведущие специалисты 53 строительно-инвестиционных компаний и домостроительных предприятий и 29 проектных организаций. Представители 23 машиностроительных компаний из России, стран СНГ, Германии, Италии, Бельгии, ученые из трех российских вузов и шести научно-исследовательских институтов сочли необходимым участвовать в мероприятии. Организаторами конференции выступили АО «ЦНИИЭП жилища» и объединенная редакция журналов «Строительные материалы» и «Жилищное строительство» при поддержке Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан и группы компаний «АК БАРС Девелопмент». Партнерами конференции стали ЗАО «ПАТРИОТ-Инжиниринг» (Москва), SOMMER (Германия), PROGRESS GROUP (Германия), Allbau Software (Германия).



На открытии конференции присутствовали зам. министра строительства, архитектуры и ЖКХ РТ А.С. Ахметшин (третий слева), ректор Казанского государственного архитектурно-строительного университета д-р техн. наук Р.К. Низамов (четвертый слева)



Специалисты ООО «Викон» (Ленинградская обл.) впервые принимали участие в конференции InterConPan. На их стенде шла активная работа

Заместитель министра строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан А.С. Ахметшин начал выступление с цифр: в 2014 г. построено 2,4 млн м² жилья; объем строительных работ – 266,5 млрд р. В отрасли заняты 112 тыс. человек. За 2005–2014 гг. построено 2046 домов на 85,5 тыс. квартир общей жилой площадью 5,57 млн м². Он отметил, что к 2030 г. доля КРД в строительстве Татарстана увеличится до 40%. Это неизбежный процесс, так как индустриальное домостроение обеспечивает надлежащее качество при минимальных расходах.

Для любого развития необходимы цель и средства. Цель – современные новые дома. А вот средств, особенно в сегодняшних условиях состояния нашей банковской системы и практического отсутствия промышленной базы для выпуска соответствующего оборудования, практически нет. По мнению генерального директора ЦНИИЭП жилища С.В. Николаева в строительном комплексе за 10–15% прибыли никто не хочет работать. Маркетинговые службы российских машиностроительных предприятий тоже ждут большой доходности. Составляя бизнес-план по производству тех или иных видов строительных машин, зачастую закладывается окупаемость за два-три года, хотя во всем мире окупаемость за пять-семь лет считается хорошим результатом. В итоге отечественная техника на рынке стоит дороже импортной, при этом значительно уступая ей по качеству. Кроме того, эксплуатационные расходы (на ремонт техники, замену деталей в течение всего срока службы) у отечественных образцов по сравнению с зарубежными несравнимо выше. Плохо организован сервис отечественной техники, что и является одной из причин чаще выбора потребителем зарубежного оборудования. В современном мире производство строительной техники строится на известных технических достижениях. Зарубежные фирмы «заточены» на энергосбережение и экологичность. Российские производители в этом серьезно отстают. Отечественная практика производства строительных машин не использует давно существующий в мире метод четкого разделения труда: одно предприятие специализируется на производстве рам, другое – на гидравлике, третье – на системах управления и т. д. Опыт показывает, что это гораздо продуктивнее, тем самым повышается качество конечного продукта.



Диплом спонсора конференции вручен ГК «АК БАРС Девелопмент» (Казань) – одному из лидеров строительной отрасли Республики Татарстан



Специалисты ЗАО «ПАТРИОТ-Инжиниринг» (Москва) уже в пятый раз приняли участие в работе мероприятия. Компания в 2013 г. была спонсором конференции, а в 2014 и 2015 гг. – партнером



С 2011 г. фирма Allbau Software GmbH (Германия) является участницей конференции InterConPan. С 2014 г. фирма – партнер мероприятия



Генеральный директор ООО «ДОМКОР» (Набережные Челны) М.А. Гайнуллов рассказал, что предприятия холдинга за 10 лет ввели в эксплуатацию более 1 млн м² жилья в городах Татарстана. Обеспечивается это наличием единой производственной цели: разработка концепции застройки – проектирование – производство строительных материалов – строительно-монтажные работы – продажа и заселение – эксплуатация. Чтобы обеспечить рентабельность бизнеса, специалисты ООО «ДОМКОР» последовательно реализуют стратегию лидерства по издержкам. Для этого решаются задачи максимального снижения себестоимости строительства при сохранении качества (25 200 р. за м² – стоимость строительно-монтажных работ «под ключ»); наращивания масштабов строительства, для снижения доли постоянных издержек в структуре себестоимости; получения синергетического эффекта от плотного взаимодействия на всей цепочке создания ценности; повышения производительности труда за счет внедрения новых технологий строительства. Мы взяли курс на максимальную стандартизацию ЖБИ для снижения номенклатуры изделий. Стратегия создания на одной платформе разных продуктов: модернизированной 83-й серии для соцжилья; «Аркас» – для точечной застройки высотой до 25 этажей, парковок, торгово-офисных зданий.

«Домкор-Смарт» – собственная разработка не только для жилых домов, но и основа для детских садов, школ, малоэтажных домов, которая является самой гибкой системой. Для сокращения издержек и сохранения качества специалисты используют технологии 3D-моделирования зданий.

Моделирование на платформе Allplan позволяет с высокой степенью точности проработать проект, одновременно учитывая как требования заказчика-застройщика, так и возможности завода и генподрядчика, а также сформировать и постоянно пополнять библиотеку планировочных решений для гибкого реагирования на требования рынка.



Памятный знак «Объединение профессионалов гарантирует успех» получил В.А. Лихтнер «Progress Group» (Германия) – неизменный участник конференции на протяжении пяти лет



Фирма SOMMER (Германия), поставившая оборудование на Казанский ДСК, в 2015 г. выступила партнером конференции



Известно, что Татарстан – «цементозависимый регион». Весь цемент – привозной. В Татарстан ежегодно завозят около 2 млн т. Более 80% ввозимого цемента приходится на цементозаводы соседних регионов: Ульяновской области, Республики Мордовия, Башкортостана. Общие затраты на транспортировку цемента в РТ ежегодно составляют приблизительно 1 млрд р. Д-р техн. наук, профессор, зав. каф. Казанского государственного архитектурно-строительного университета В.Г. Хозин представил проект производства цемента низкой водопотребности (ЦНВ) на основе привозного клинкера или товарного цемента ПЦ400Д0 или ПЦ500Д0 и высокосиликатных карьеров известняков и доломитов, которые, по сути, являются их отходами. Россия потеряла лидерство в производстве многокомпонентных (смешанных) цементов. Например, в США с целью сохранения природной среды прекращена разработка карьеров известняка для производства портландцемента. Она завозит цементный клинкер из соседней Мексики и на его основе производит Blended Cements, смешивая его при помоле со своими техногенными отходами. Владимир Григорьевич рассказал о технологии производства смешанных, точнее, композиционных цементов на основе клинкера или бездобавочного портландцемента ПЦД0, привозимых из соседней Ульяновской области или соседней с ней Мордовии и собственных промышленных отходов, в частности, карбонатных.



Участники конференции еще не отвыкли читать журналы. Многие предприятия КПП являются постоянными подписчиками издания много лет! 60 лет журнал «Строительные материалы» является путеводителем в отрасли



Директор ООО «Казанский ДСК» А.Г. Сидоров рассказал об этапах реконструкции первой очереди комбината и отметил, что за три года компания смогла войти в сегмент крупнопанельного домостроения. Руководство комбината готово к модернизации второй очереди



Директор по строительству ЗАО «ККПД» (Ростов-на-Дону) Д.Г. Яценко привел основные преимущества продольной конструктивной схемы: свободная планировка на этаже; шпоночное соединение стеновых панелей — отсутствует сварка и необходимость в антикоррозионной защите; подвешенные балконы и лоджии; разнообразные фасадные решения; отсутствие лифтовых тубингов. С градостроительной точки зрения — возможность поворачивать секцию на 35°; функциональное использование первых этажей; освоение участка под квартальную застройку; возведение секций от 5 до 14 этажей.



О преимуществах проектов ДСК «Град» рассказал генеральный директор А.А. Ковалев (фото слева). Он отметил, что использование современных решений монтажных узлов увеличивает срок службы здания до 150 лет. Использование композитных материалов улучшает сроки долговечности и теплоизоляционные качества. Современные технологии теплоизоляции снижают теплоэнергос затраты на 20%. Разнообразие фасадных решений с применением фактурного цветного бетона позволяет создавать неповторимый облик зданий микрорайона, города. Использование цветного бетона исключает необходимость дорогостоящего обслуживания фасада здания (покраска, облицовка). В проектах «Град» реализованы гибкие планировочные решения. В отличие от устаревших серий домов потолок в квартире выше и составляет 2,8 м. Применена поэтажная разводка с индивидуальной регулировкой отопления. Встроенная электрическая проводка отвечает современным стандартам техники безопасности и сохраняет эстетический вид помещений. ДСК «Град» повышает уровень стандартов по качественным показателям технических характеристик, срокам, качеству производства и эксплуатации, эксплуатационным затратам зданий и сооружений. В 2014 г. совместно с ДСК «Град» специалистами ООО «Гален» (Чебоксары) разработаны гибкие связи с расположимыми на них втулками из нержавеющей стали. Решение позволило улучшить качество анкеровки гибкой связи в бетоне, повысить надежность соединения слоев панели. Об этом рассказал генеральный директор ООО «Гален» В.С. Гуринович (фото справа)



Представитель компании Nordimpianti (Италия) А. Борисенков представил машины, которые позволяют производить плиты с различной высотой сечения путем использования одной и той же вставки с шестью пустотами. В настоящее время для производства таких плит используют разные вставки на 4, 5, 6, 8 пустот

Генеральный директор ОАО «ЦНИИЭП жилища» С.В. Николаев рассказал о современных тенденциях проектирования зданий СПКД в крупнопанельном и панельно-каркасном исполнении. Они имеют одинаковый конструктивно-планировочный элемент — лестнично-лифтовой узел (ЛЛУ), который планировочно изолирован от помещений со свободной планировкой, располагаемых на первом этаже здания, служащих для входа в жилую часть дома; включает в себя все необходимые вспомогательные помещения (размещение консьержки, детских колясок, велосипедов и т. п.); располагается на уровне земли или не выше, чем на 200 мм, что помимо удобства для инвалидов позволяет устраивать входы в помещения первого этажа, обустроенные в виде общественных зон, без дополнительных пандусов и лестниц; позволяет размещать как жилые, так и технические помещения на первом этаже. Особенное внимание было уделено консольному исполнению вторых этажей панельных и панельно-каркасных зданий, которое позволяет получать: эффект «крыши» при расположении зданий вдоль фасада улицы, защищая от дождя, снега и сосулек; «воздушность» решения — просмотр пространства под домом и возможность прохода сквозь дом; использование пространства под домом для общественных нужд, от киосков и оказания разного рода общественных услуг — пекарни-булочные, кафе, отделения банков, юридические конторы — до стоянок машин (здания будут стоять 80–100 лет, и в течение ближайших лет запрет на парковки под домами в России будет отменен). Станислав Васильевич предложил проекты блокированного пятиквартирного жилого дома с первым и подземным этажами повышенной этажности в каркасном исполнении. А представленная планировочная структура дошкольных и школьных учреждений в СПКД предусматривает возможность трансформирования помещений в зависимости от количества детей.



Генеральный директор ООО «ДВИ ЕВРОТЕХ» (Москва) В.Е. Деречук (слева) представил современное направление в производстве ЖБИ Casttec-клеевая технология. И уникальные преимущества аппликаторов серии ТЕС (Power Adhesives, UK), которые полностью отвечают этим требованиям



О преимуществах объемно-блочного домостроения рассказал ведущий инженер ООО «ВКБ-Инжиниринг» (Краснодар) Ю.Н. Шедрин. Он отметил, что монтаж 16-этажного трехсекционного жилого дома занимает один месяц. Объемные блоки применяются для строительства домов высотой до 16 этажей в условиях повышенной сейсмичности. Конечной продукцией являются квартиры и коттеджи с полной отделкой и инженерным обеспечением



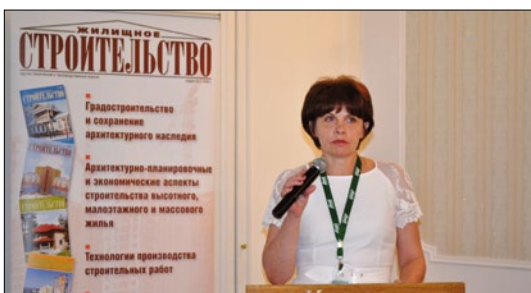
И.В. Чуков — руководитель продаж в странах СНГ Vollert Anlagenbau GmbH (Германия)



А.А. Батышин — начальник проектного отдела ОАО «ПЗСП» (г. Пермь)



А.Г. Ковригин — руководитель группы технической поддержки ООО «Бийский завод стеклопластиков» (Алтайский край)



Главный инженер проекта ООО «Строительная компания «Зодиак» (Московская обл.) Л.Н. Кондратенко представила проект высокотехнологичного панельного многоэтажного дома с высокими потребительскими свойствами и низкими показателями стоимости, трудоемкости и продолжительности строительства. Представлена стендовая (крупнопанельная) система здания с широким шагом несущих стен (до 7,2 м) и перекрытиями из плит безопалубочного формирования. Экономическая привлекательность возведения 1 м² составляет 7,2–8,4 тыс. р. по состоянию на 1.10.2014 г.



О.Н. Ситников (ООО «Инвестиционная строительная компания», г. Оренбург) отметил, что 60–62 тыс. р. за 1 м² – высокая стоимость продажи для Казани

На девелоперской секции в рамках конференции InterConPan обсуждались вопросы, связанные с выживаемостью КПД в условиях кризиса. Чем объясняется желание инвесторов вкладываться в модернизацию ДСК? Во-первых, модернизация существующих комбинатов может обходиться дешевле строительства новых. Во-вторых, технологии, разработанные на них, вполне успешны и современны, отвечают действующим нормативам, а значит, продукция, произведенная на их основе, будет востребована. Панельные дома ничем не хуже всех других типов домов и отлично подходят для массовой застройки. Поэтому надо обеспечить госзаказами выжившие и модернизированные комбинаты панельного домостроения и довести долю панельных домов в строительстве до уровня монолитного жилья.

Предприниматели во всем мире строят или реконструируют предприятия, имея минимум средств. Главное – продуманный бизнес-план, под который можно привлечь средства. Банки выделяют средства поэтапно: 2, 5, 10% на каждый этап, за который необходимо отчитаться. В это время процентная ставка минимальна. Политика российских банков такова, что даже при льготном кредитовании предприниматель должен сразу платить проценты.

По словам директора по развитию строительной компании «Унистрой» Х.У. Газалиева, среднерыночная стоимость 1 м² жилья в Казани 60–62 тыс. р. занижена. Причиной были названы льготные госпрограммы получения жилья. Например, по социальной ипотеке в Казани стоимость 1 м² – 35 тыс. р. Это сдерживает рост стоимости 1 м² на рынке. Президент Гильдии риелторов Республики Татарстан А.Ю. Савельев напомнил, что цены на жилье снизили темпы роста в 2000–2001 гг., когда люди начали получать квартиры по программе ликвидации ветхого жилья. Заместитель министра строительства, архитектуры и ЖКХ РТ В.Н. Кудряшов заметил, что в этом и заключается жилищная политика республики.

По словам А.Ю. Савельева, для продавцов жилья 2015 г. стал очень тяжелым. Продажи сократились почти вдвое: если весной 2014 г. в месяц заключалось 3 тыс. сделок с жилыми помещениями, то в этом году их менее 1,5 тыс. Ипотека упала на 39,5%: за пять месяцев 2015 г. заключено более 1,6 тыс. сделок, за аналогичный период прошлого года – 2,4 тыс. Это практически нулевой спрос.

Надеяться на изменение ситуации игрокам рынка недвижимости позволяет тот факт, что в улучшении жилищных условий нуждаются около 70% жителей Казани.

Востребованным у казанцев остается жилье эконом-класса, и спрос на него однозначно сохранится в ближайшие пять лет. Наибольшей популярностью в Казани пользуются однокомнатные квартиры площадью 38–42 м², двухкомнатные – 58–65 м², трехкомнатные – 75–80 м². Огромный спрос на квартиры гостиничного типа площадью 25–28 м². Адекватная стоимость 1 м² таких квартир – 70 тыс. р. вместо 60–62 тыс. р. Но в условиях кризиса цены будут снижаться.

Заместитель генерального директора ООО «АК БАРС Девелопмент» С.В. Ураков заявил, что выполняется большой объем благоустройства прилегающей к домам территории, чтобы повысить продажи и ликвидность своего продукта.

По данным агентства Cushman & Wakefield, по ежегодному объему ввода жилья Татарстан среди российских регионов находится на девятом месте. В 2014 г. около 40%, или 949,2 м² от общего объема составили многоквартирные дома; 44%, или около 1,1 млн м² – малоэтажное строительство; 16%, или 383,4 м² по программе соципотеки ввел Госжилфонд при Президенте РТ; 1%, или 20,8 тыс. м² пришлось на арендное жилье. В 2015 г. планируется ввести около 2,4 млн м², из них социально-ипотечного жилья около 400 тыс. м². На долю инвестиционного жилья придется около 500 тыс. м².



Банкет не только место развлечения! Коллеги не устают обсуждать итоги конференции и волнующие их проблемы



Не на каждом предприятии такое можно увидеть. Промышленный дизайн на заводе поднимает настроение и создает ощущение солнечной погоды даже в самое ненастье. Это, безусловно, способствует повышению производительности труда



3 июля 2015 г. участники Международной конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России – InterConPan-2015» провели выездную сессию в Набережных Челнах, где посетили ООО «Домкор Индустрия». Интерес к этому предприятию не случаен. Бывший ДСК, завод с более чем 40-летней историей, в 2012 г. первым в Республике Татарстан прошел полномасштабную модернизацию производства. В настоящее время производственные мощности составляют 277 тыс. м² железобетонных изделий в год, что позволяет обеспечивать ЖБИ не только стройки Набережных Челнов, но и поставлять их в Альметьевск, Нижнекамск, Елабугу, Казань, Зеленодольск. Ознакомившись с обновленным производством, участники конференции посетили строящиеся и уже построенные дома и детские сады Набережных Челнов в новых микрорайонах города «Замелекесе» и «Красные Челны», а также посетили Центр недвижимости ООО «ДОМКОР». Участники международной конференции отметили, что оборудование на заводе в Набережных Челнах позволяет на высоком технологическом уровне реализовать любые задачи. Кроме того, руководители завода улучшают качество и технологии строительства, делают процесс более быстрым и качественным. Впереди у ООО «Домкор Индустрия» второй этап реконструкции, предполагающий установку линии безопалубочного формирования для производства пустотных плит перекрытий и свай, а также проведение реконструкции бетоносмесительного цеха и входной группы, который должен завершиться до конца 2018 г. Предполагаемый объем инвестиций 250–300 млн р. Такие вложения возможны благодаря рациональной работе содружества четырех сильных предприятий строительной отрасли Набережных Челнов, образующих единую технологическую цепочку: проектной организации ООО «Домкор Проект», завода по изготовлению ЖБИ ООО «Домкор Индустрия», генерального подрядчика ООО «Домкор Строй» и заказчика ООО «ДОМКОР».

Основным поставщиком оборудования для модернизации выступила фирма EBAWE (Германия). Всего семь месяцев в 2012 г. потребовалось для проведения модернизации. При этом завод не прекращал выпуска продукции силами второй очереди. Участники конференции отметили, что реконструкция завода – дело затратное и без помощи крупных инвесторов не обойтись.

Специалисты предприятия создали гибкую систему панельного домостроения «ДОМКОР-СМАРТ», отвечающую современным теплотехническим требованиям за счет использования стеклопластиковых связей и стыков соединений с применением тросовых петель. Из этих изделий возводятся корпуса детских садов и административных зданий.



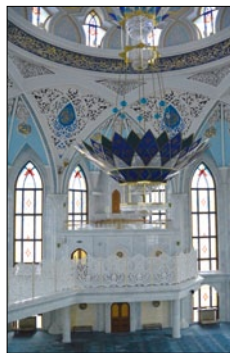
Большое уважение и одобрение участников выездной сессии вызвало наличие информации об оборудовании в цехах завода



В настоящее время в Набережных Челнах строятся три новых 18-этажных каркасных дома с навесными панелями и 25-этажный каркасно-панельный дом. Полумиллионный «белый город на Каме» – Набережные Челны – застраивается целыми комплексами



В 2015 г. для участников конференции были организованы интереснейшие экскурсии по Казани и на остров-град Свияжск.



И конечно, мы увидели сказочную мечеть Кул Шариф, возведение которой началось в 1996 г. с целью восстановления легендарной мечети, разрушенной в 1552 г. войском Ивана Грозного. Храм способен вместить 1500 человек, при этом на территории перед мечетью могут молиться около 10 тыс. человек. Высота основных минаретов мечети 58 м. Внутри мечеть по-восточному красива и строга

Укрепление фундаментов позволило остановить падение башни Сююмбике, которая отклонилась от оси почти на 2 м



В 2000 г. Казанский кремль включен в Список всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО. Казанский кремль подвергся серьезнейшей реставрации и восстановлению объектов музея-заповедника. Отреставрированы большая часть оборонительных стен, три башни — Преображенская, Тайницкая, Воскресенская. Выполнены консервация и музеефикация оснований четырех ранее обрушившихся и разобраных башен. Отреставрирован Губернаторский дворец — позже резиденция Президента Татарстана, с возрождением дворцовой анфиладной планировки и парадной площади перед главным фасадом



Для увековечения памяти строителей, зодчих, архитекторов в центре Казанского Кремля установлен памятник «Зодчим Казанского кремля»: две фигуры — татарский придворный архитектор со свитком-чертежом Ханского дворца и русский зодчий с чертежом Спасской башни. Постамент украшен двумя поясами орнамента — в нижней части татарский, в верхней — русский, что говорит о последовательности культурных слоев построек. Эта скульптурная композиция символизирует взаимопроникновение и взаимообогащение русской и татарской культур. Наши коллеги не смогли пройти мимо этого произведения искусства.



В настоящее время некоторые районы Казани не отличить от европейских городов



В Свияжске, легендарном острове-граде, коллеги смогли окунуться в атмосферу национального быта, попробовать лакомства, поучаствовать в интерактивных играх и, самое главное, оценить воссозданную реставраторами красоту былого «пряничного» города, который в годы советской власти превращен в тюрьму, церкви и храмы были разрушены. А в настоящее время Свияжск является объектом культурного наследия и гордости не только Республики Татарстан, но и Российской Федерации

До встречи в 2016 году!

Итальянская компания Nordimpianti – лидер безопалубочного формования в Тюменской области

Железобетонные пустотные плиты перекрытия – одна из самых востребованных позиций на рынке сборного железобетона. А самый высокопроизводительный способ производства пустотных плит – безопалубочное производство на длинных стандах. Как известно, безопалубочный способ производства плит пришел в Россию из Европы, вместе с «европейским» стандартом ширины плит – 1200 мм. Тем не менее при производстве плит по агрегатно-поточной технологии изделия выпускаются с шириной не только 1200 мм, но и 1500 мм, и 1000 мм. Использование этих типоразмеров по отдельности и в сочетании друг с другом позволяет решать широкое множество архитектурно-планировочных задач в строительстве. Таким образом, производители пустотных плит перекрытия безопалубочным способом крайне заинтересованы иметь в своем арсенале несколько типоразмеров плит, в частности плиты шириной 1500 мм.

Известно, что наиболее эффективное решение для производства многопустотных плит – это экструзионная технология. При использовании этой технологии достигаются минимальный собственный вес плит, минимальный расход цемента, минимальное использование ресурсов для проведения тепловлажностной обработки плит и достигается максимальная производительность на единицу площади производственного участка в сутки.

Одним из важнейших параметров пустотной плиты наряду с пролетом и несущей способностью, по мнению разработчика технической документации для производства плит директора и главного конструктора ООО «НИЛЖБ» (Москва) В.Я. Сухмана, является собственный вес плиты на 1 м² изделий. И уменьшение этого параметра дает увеличение экономического эффекта от производства пустотных плит. Максимальное снижение собственного веса плиты достигается за счет увеличения объема пустот в плитах. Учитывая, что в экструзионных плитах высотой 220 мм и шириной 1500 мм, производимых на территории РФ, применяются только круглые пустоты, экономический эффект пытаются получить за счет увеличения диаметра пустот до 170 мм и более. Соответственно толщина верхней и нижней полк плиты, а также ширина межпустотных ребер уменьшаются до размеров, близких к минимально допустимым. К уменьшению этих параметров стоит относиться с большой осторожностью, так как в плитах безопалубочного формования шириной 1500 мм в отличие от плит, выпускаемых по агрегатно-поточной технологии, отсутствует конструктивная арматура у опор (корытообразные сетки, приопорные каркасы, сетка в верхней зоне). Опорная поверхность таких плит и для таких плит (с увеличенными пустотами) должна быть идеальной, в противном случае в плите могут появляться трещины, недопустимые в конструкциях такого типа, и изделие будет считаться бракованным. Применение плит с уменьшенным диаметром отверстия порядка 160 мм позволяет получить надежное решение. Однако в этом случае резко возрастает собственный вес плиты и соответственно ее себестоимость, а следовательно, снижается конкурентная способность.

Решение вышеописанной проблемы было найдено за счет оптимизации формы пустотного сечения, при которой собственный вес плиты стал соответствовать круглому

сечению пустот диаметром 170 мм, а надежность в плане образования трещин и несущая способность – соответствовать плитам с отверстиями 160 мм. Оптимизированная форма сечения плит позволила снизить расход канатной арматуры на 20% и снизить расход бетона на 8% (для плит 160 мм – 0,121 м³/м², для плит с оптимизированной пустотой – 0,111 м³/м²).

Проанализировав все вышеуказанные проблемы и оценив экономическую выгоду от внедрения нового продукта, компания ОАО «Тюменский завод ЖБИ-1» приняла решение о запуске новой производственной линии по выпуску пустотной плиты шириной 1500 мм.

Свое нынешнее наименование – ОАО «Тюменский завод ЖБИ-1» – предприятие получило в апреле 1995 г., а основан завод был в 1959 г. как завод крупнопанельного домостроения ГлавСредУралстроя.

Завод не сразу стал современным крупным предприятием. С 1959 по 1967 г. построены и введены в эксплуатацию первый пролет формовочного цеха, ремонтно-механический цех, бетоносмесительный узел. В 1967 г. началось строительство основного здания формовочного цеха, которое является главным производственным корпусом и на сегодняшний день. С 1983 по 1985 г. введены в эксплуатацию здания арматурного цеха и административно-бытового корпуса.

Изначально налажено производство такой продукции, характерной для Тюмени и региона, как колонны и фермы для промышленных зданий, многопустотные плиты перекрытия серий 1-141.1, ИИ-04.4, 1.090.1.1, плиты покрытия, сваи, дорожные плиты и многое другое. Вся продукция поставлялась в первую очередь на стройки Тюмени. Продукция завода использована при строительстве многих промпредприятий, в том числе известных современных заводов: ТДСК, ЖБИ-3, Тоболполимер и др.

Начиная с 2000 г. завод обрел второе дыхание. В 2001 г. специалисты предприятия первыми в Тюменском регионе освоили выпуск девятиметровой плиты пустотного настила П-90.12-8. В 2002 г. внедрены в производство железобетонные конструкции для сборного каркасно-моноконтинного строительства жилых и промышленных зданий. Несомненным достижением 2005 г. стало внедрение технологии по изготовлению многопустотных плит шириной 1200 мм методом экструзии.



ОАО «Тюменский завод железобетонных изделий № 1»



Экструдер – уникальное решение для производства облегченных пустотных плит с наилучшими техническими характеристиками



Экструдер evo150 series для производства пустотных плит 1500 мм шириной



Машина для чистки, смазки производственных стенов и раскладки арматуры, работающая на сжиженном газе



Машина для распиловки готовых изделий под различными углами



Испытание несущей способности на заводе ЖБИ-1 в Тюмени

В качестве поставщика оборудования для нового участка руководство компании ОАО «Тюменский завод ЖБИ-1» выбрало одного из лидеров мирового рынка машин и оборудования – итальянскую компанию Nordimpianti System SRL. Первая встреча будущих партнеров произошла на выставке СТТ в 2012 г., где компания Nordimpianti выставила свою продукцию и оборудование.

По словам главного инженера завода ЖБИ-1 Р.А. Мухтеева, кроме экономического анализа целесообразности внедрения технологии безопалубочного производства пустотной плиты шириной 1500 мм был проведен сравнительный технический анализ различных поставщиков оборудования для производства вышеуказанных плит. В итоге сделан вывод, что компания Nordimpianti – это именно та компания, которая способна обеспечить нестандартное сечение пустоты в экструзионных плитах шириной 1500 мм. Специалисты завода ЖБИ-1 посетили предприятия, где работает оборудование компании Nordimpianti, – на Украине, в ОАЭ и других странах, посетили они также и производственные мощности компании – завод, расположенный в итальянском г. Кьети (регион Абруцци) в 200 км от Рима, практически на побережье Адриатического моря.

Реализация поставленных заводом ЖБИ-1 задач стала возможной во многом благодаря 40-летнему опыту компании Nordimpianti. Одна из ключевых особенностей компании – постоянные исследования в области выпускаемых машин и производимого ими продукта. К моменту начала выпуска экструдеров как производственных машин для предварительного напряженных железобетонных изделий компания Nordimpianti приняла для себя решение использовать метод «сдвигового уплотнения» как один из методов (одновременно с выталкиванием бетонной смеси шнеками) для уплотнения бетона рабочими органами машины. Использование метода «сдвигового уплотнения» в экструдере компании Nordimpianti позволяет получить сечение пустоты, которое в значительной мере отличается от стандартного круглого сечения.

По мнению генерального директора компании ЖБИ-1 В.В. Бурлицкого, производственная машина, экструдер компании Nordimpianti, способна обеспечить сечение пустоты, заданное проектировщиком, что в значительной степени «развязывает руки» и дает прекрасный инструмент для про-

ектирования плит с особыми характеристиками. Это ведет к повышению уровня проектирования изделий, зданий и сооружений; приводит к непосредственной экономии материалов – стали и бетона.

Производственная линия по выпуску плит шириной 1500 мм, установленная на заводе ЖБИ-1, является не первой линией по выпуску плит указанной ширины. Так, в 2009 г. компания Nordimpianti успешно ввела в эксплуатацию первый в мире на тот момент экструдер для производства плит шириной 1500 мм на соседнем предприятии в Тюмени. Появление второй линии в одном регионе свидетельствует об огромном потенциале развития строительства Тюменского региона, всего Урала и Российской Федерации в целом.

Новая линия была введена в эксплуатацию в ноябре 2014 г., состоит она из четырех формовочных стенов длиной по 92 м каждый с реакционными упорами. Кроме того, в комплект поставки входил полный набор вспомогательных машин – машины для чистки, смазки производственных стенов и раскладки арматуры, работающие на сжиженном газе, домкраты для предварительного напряжения арматуры, машины для распиловки готовых изделий под различными углами, траверсы с комплектами захватов для изделий и бункеров подачи бетонной смеси. Суммарная мощность линии может достигать 540 м² пустотного настила при работе в одну смену.

Р.А. Мухтеев отметил, что в настоящее время завод выпускает более двухсот наименований железобетонных изделий. По большей части коллектив завода составляют высококвалифицированные работники, в том числе проработавшие на заводе более 20 лет. Наряду с опытными мастерами своего дела трудятся выпускники высших и средних профессиональных учебных заведений.

При выполнении данного проекта компания Nordimpianti сотрудничала с местными предпринимателями с целью обеспечить постоянную двустороннюю коммуникацию со специалистами ЖБИ-1. Такое сотрудничество продолжалось и после запуска линии. Дизайн и инженерное искусство являются основополагающими моментами в работе компании Nordimpianti, но одной из наиболее сильных ее сторон можно, без сомнения, назвать сервис и послепродажную поддержку своих заказчиков.

nordimpianti  Concrete Experience...

Nordimpianti System SRL
Via Erasmo Piaggio, 19/A
66100 Chieti (CH) – Abruzzo, Italy
T +39 0871 540222
F +39 0871 562408
info@nordimpianti.com
www.nordimpianti.com



TZBI-1 OJSC
Respubliki street, 249
Tyumen, 625014, Russia
T +7 3452 379049,
F +7 3452 379123
info@tzbi.ru
www.tzbi1.ru

NILJB «Research on Reinforced Concrete Laboratory»
50 let Oktyabrya, 11 Moscow, 119618, Russia
T +7 495 722 52 48
nilgb@mail.ru

СОВРЕМЕННАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ПУСТОТНЫХ ПЛИТ

Компания Nordimpianti System SRL успешно ввела в эксплуатацию новую линию по производству предварительно напряженных пустотных плит для компании Kambeton — турецкого производителя сборных железобетонных изделий, тем самым расширив свое присутствие на мировых рынках. Начало производства пустотных плит перекрытия является важной вехой не только в истории компании Kambeton, но и не менее важным событием для всей строительной индустрии г. Адана (Турция), переживающей в последние годы значительный рост в гражданском и промышленном строительстве.

Предварительно напряженные пустотные плиты — не новый элемент для турецкого рынка, но на сегодняшний день в Турции лишь несколько компаний верят в успех от использования этих сборных железобетонных элементов, столь распространенных по всему миру. Одной из них является Kambeton — компания основанная в 1978 г. и возглавляемая г-ном Зеки Байкам, компания ориентирована на предоставление продуктов высочайшего качества. Именно его предпринимательский талант принес успех компании, которая насчитывает 426 сотрудников, работающих на двух заводах — в г. Адане и в г. Низип (Турция).

Kambeton предлагает широкий выбор из более чем 3 тыс. наименований продуктов, охватывающих весь спектр сборных железобетонных элементов: колонны, стеновые панели, ригели; предварительно напряженные балки; инфраструктурные элементы, водопропускные трубы и колодцы; центрифугированные опоры освещения; элементы ландшафтного дизайна; подпорные и ограждающие стены; и специализированные элементы, такие как бетонные лестницы и элементы тоннелей.

Имея более чем 35-летний опыт в проектировании, производстве и возведении конструкций из сборного железобетона, Kambeton является ведущей компанией в строительной индустрии Турции и за ее пределами. Уделяя особое внимание качеству и надежности производимых продуктов, Kambeton стала надежным партнером для тысячи инвесторов. В настоящее время Kambeton является крупнейшим производителем в регионе с общей производственной площадью 240 тыс. м².

Своей безупречной репутации компания смогла достичь следуя трем принципам управления: справедливость, надежность и инновации. Постоянно развивая строительную отрасль, Kambeton продолжает предлагать самые быстрые, доступные и высококачественные решения для своих клиентов. Одна из последних инициатив, направленная на достижение таких решений, — создание производственного участка для выпуска предварительно напряженной пустотной плиты методом безопалубочного производства.

Идея замены старой системы производства пустотных плит, с использованием форм, на безопалубочную систему производства возникла еще в 2000-х гг. Однако спрос на такие плиты в регионе возрос только в последнее время. В 2013 г. турецкая компания начала переговоры с различными поставщиками оборудования для производства пустотных плит безопалубочным методом.

Компания Kambeton изучила различные варианты, присутствующие на рынке оборудования, проводя тщательный анализ решений, которые были предложены и реализованы в других странах. Выбор пар-

тнеров для поставки оборудования был весьма непросто. До принятия окончательного решения техническим персоналом компании Kambeton было посещено множество производственных объектов и выставок по всему миру.

Одним из непростых вопросов для г-на Зеки Байкам стал выбор технологии производства пустотных плит перекрытия. Каждая технология имеет свои достоинства и недостатки. После большого количества встреч с различными производителями машин для г-на Зеки Байкам по-прежнему оставался открытым вопрос — какая система поможет компании Kambeton достичь наилучшие результаты с точки зрения качества готового изделия с самой низкой себестоимостью, чтобы быть конкурентоспособными на рынке. И благодаря поддержке и детальным разъяснениям со стороны компании Nordimpianti руководитель компании Kambeton сделал свой выбор и отверг все сомнения.

Обширный опыт компании Nordimpianti в производстве машин для всех трех технологий формования позволил определить конечный выбор компании Kambeton, позволяющий удовлетворить потребности рынка — экструзионный метод производства пустотных плит перекрытия.

Экструдер Nordimpianti — машина специально разработанная для производства пустотных плит перекрытия, позволяющая выпускать эти изделия и обладающая следующими преимуществами (относительно других методов производства плит): высокое уплотнение бетона; низкое содержание цемента на 1 м³ бетона; низкие затраты на обслуживание машины; высокая степень обжатия арматуры бетоном; простое управление машиной; идеальные наружные поверхности выпускаемой плиты.

Остановившись на экструзионной технологии производства пустотных плит, технические специалисты компании Kambeton также высоко оценили неоспоримые преимущества экструдера Nordimpianti — трансмиссионный блок, полностью погруженный в масляную ванну; минимальное количество открытых движущихся частей; составные шнеки для уплотнения бетона; комбинированная система уплотнения бетона, с возможностью регулировки каждой фазы; гальванизированные элементы машины и прочие преимущества.

Производственная линия была установлена в одном из производственных цехов на фабрике Kambeton в г. Адана. Эта линия состоит из пяти металлических производственных стенов, длиной по 144 м каждый. Каждый стенов имеет реакционные опоры и системой плавного отпуса предварительно напрягаемой арматуры перед порезкой изделий после тепловой обработки. Производственная машина — экструдер EVO e120, способная формовать изделия высотой 150, 200, 265, 320,





400 и 500 мм. Порезка заформованного массива, после набора бетоном отпусковой прочности, осуществляется пилой модели 500AM, которая оснащена поворотным диском и может производить порезку изделий под любым углом.

Также производственная линия оснащена пилой модели 500L, которая используется для продольной порезки свежееуложенного массива (для получения плит шириной меньше, чем 1200 мм) – машина также была выбрана компанией Kambeton для достижения минимальной себестоимости производимой продукции, так как с применением данной машины нет необходимости производить продольную порезку изделий по бетону, который уже набрал прочность. А это – прямая экономия режущих алмазных дисков, воды, бетона, времени и трудовых ресурсов. Для очистки производственных стенов линия укомплектована универсальной машиной, оснащенной вращающейся щеткой и контейнером для сбора мусора; форсунками и насосом для нанесения разделительной смазки на стенды; гребенкой для правильного позиционирования и раскладки предварительно напрягаемой арматуры – т. е. всем необходимым арсеналом средств, позволяющим сделать работу на линии эффективной и комфортной.

Обучение штата компании и ввод в эксплуатацию производственной линии был осуществлен специалистами Nordimpianti менее чем за две недели. Технические специалисты компании Nordimpianti совместно со специалистами компании Kambeton провели множество работ по правильному подбору инертных материалов, проектированию состава бетона, подбору режимов формования изделий и т. д. И как результат их командной работы – ни 1 м² с момента тестовых формовок плиты не был признан бракованным!

Осуществление инновационного проекта модернизации производства компании Kambeton – это результат партнерского сотрудничества компаний, объединяющих в себе производственный опыт, многолетнее присутствие на рынке и чуткое следование потребностям заказчика. Стоит заметить, что реализация этого проекта осуществлялась компанией Nordimpianti совместно с компанией Atlas Muhendislik, представители которой находятся в Стамбуле и именно благодаря сотрудничеству этих компаний потребности компании Kambeton были удовлетворены на 100%.

Одной из основных стратегий развития компании Nordimpianti является сотрудничество с партнерами в различных странах мира. Nordimpianti имеет более 40 представителей по всему миру. Столь широкая сеть представителей позволяет Nordimpianti быть ближе к конечному потребителю и предлагать постоянные и надежные услуги в течении всего времени работы производства.

Обе компании удовлетворены результатом: компания Kambeton, которая реализовала свой инновационный проект, вышла на рынок с высококонкурентным продуктом и нашла для себя надежного партнера, готового оказать любую поддержку в любое время; компания Nordimpianti, которая успешно запустила новую линию – первую линию Nordimpianti в Турции открывающую новые горизонты на рынке с огромным строительным потенциалом.



Базальтопластик

Современный композитный материал на основе базальтовых волокон и органического связующего.



Базальтопластиковые гибкие связи «THERMOSAVE™» различных модификаций используются уже более 15 лет. С 2014 года в конструкции применяются втулки из нержавеющей стали. Втулки позволяют улучшить качество анкеровки гибкой связи в бетоне, повысив надежность соединения слоев панели.



Сетка «ROCKMESH®» из базальтопластиковых стержней для армирования лицевого слоя стеновой панели. Устойчивость сетки к коррозии препятствует возникновению ржавых подтёков на панели и нарушению целостности наружного слоя.

Сетка «ROCKMESH®»

- ТУ 5714-011-13101102-2012;
- Сертификат соответствия № РОСС RU.АГ98;
- Сертификат соответствия «Наносертифика» № 0000189.

Базальтопластиковые гибкие связи «THERMOSAVE™»

- ТУ 5714-022-13101102-2014;
- ТС № 4434-14;
- Сертификат соответствия на арматурные стержни базальтопластиковые т.м. «Гален» № 1807271;
- Сертификат соответствия «Наносертифика» № 0000196.

Гибкие связи «Гален» «THERMOSAVE™» – более 15 лет успешного применения!



«Гален» – российский производитель современных композитных материалов для промышленно-гражданского строительства, электроэнергетики и дорожной отрасли. Разработчик и пионер внедрения базальтопластиковых технологий в России и Европе, лидер российского рынка строительных композитных материалов.

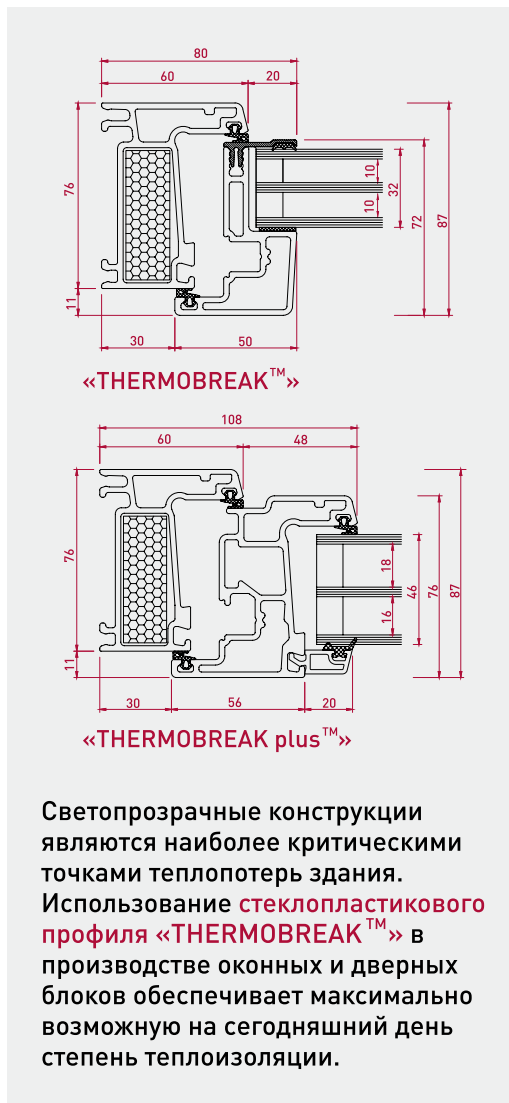
Повышение теплоэффективности трёхслойных панелей, снижение расхода бетона, снижение себестоимости производства.

Стеклопластик

Наиболее перспективный материал для изготовления оконных и дверных блоков.

- Высокая теплоэффективность;
- Высокая прочность;
- Высокая атмосферостойкость и долговечность;
- Экологичность;
- Возможность применения в любых климатических условиях.

Стоимость сопоставима с близкими по уровню качества решениями из привычного ПВХ.



- более 16 лет на рынке;
- свыше 20 патентов и ноу-хау;
- продукция экспортируется в страны Западной Европы;
- широкая дилерская сеть в России, странах СНГ и Западной Европе.

Оконные и дверные конструкции компании «Гален» «THERMOBREAK™» и «THERMOBREAK plus™» на основе стеклопластикового профиля:

- широкий выбор цветов и фактур позволяет интегрироваться в любые архитектурные и дизайнерские решения;
- изготавливаются с применением подлинно немецкой фурнитуры концерна «SIEGENIA»;
- выпускаются с различными нанотехнологичными энергоэффективными стеклопакетами;
- обладают всем перечнем необходимых в Российской Федерации испытаний, пройденных в НИИСФ РААСН и ГУП «НИИМосстрой».

ООО «Гален». 428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, 52.
Отдел продаж: market@galen.su, +7 (8352) 24-25-92.





Всё «из одних рук»

технологии и оборудование для заводов
индустриального домостроения и железобетонных
конструкций



TEC 7300

(пневматический, производительный, распыляющий, 1000Вт, 220В)



HB 5010

(резервуарная клеевая система, 1260 Вт, 220В)



TEC 3400

(механический, 400Вт, 220В)



ИДЕАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ФИКСАЦИИ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ В ЖБИ-ОПАЛУБКЕ

CASTTEC — клеевая технология крепления закладных деталей в ЖБИ-производстве основана на применении термоплавкого клея CASTTEC 42-43 /CASTTEC 27-ВК и оборудования для его нанесения: TEC- пистолетов и клеевых систем резервуарного типа.

CASTTEC выгодно отличается от других методов фиксации закладных рядом основных факторов: производительностью; простотой применения; мобильностью; низкой трудоёмкостью и себестоимостью.

CASTTEC — клей не требует использования праймеров, схватывается практически мгновенно, легко удаляется с формы и закладных после распалубки.

CASTTEC наносится с помощью высокопроизводительных TEC-клеевых пистолетов в виде точек, линий или распылением и значительно упрощает и ускоряет процесс подготовки ЖБИ-изделий.

CASTTEC — эффективно «работает» (в т. ч. по смазке) на «горизонте» и «вертикали» с различными материалами: металлом, деревом, ПНД и другими пластиками, пенополистиролом, финской фанерой и деревом.

В России и СНГ **CASTTEC** клеевую технологию от Power Adhesives Ltd. представляет компания «DVI Eurotech Ltd». В производстве ЖБИ, в монтажно-строительных и отделочных операциях, в производстве окон и дверей, а также для сотен других задач соединения материалов специалисты «DVI Eurotech Ltd» всегда подберут для Вас оптимальную формулу клея.

Инженеры DVI Eurotech бесплатно проведут испытания в условиях Вашего производства и при необходимости передадут **CASTTEC** — комплект для тестовой эксплуатации на период 1-2 месяца.



Фиксация элементов электро-разводки.



Фиксация металлической закладной после нанесения CASTTEC-клея.



Фиксация пенополистирола к форме и металлической закладной к пенополистиролу.

Эксклюзивный представитель в России и СНГ



109 129, Россия, Москва
ул. Текстильщиков 8-я; дом 11
Телефон: [499] 176 8751,

Факс: [499] 176 8752
E-mail: info@dvieurotech.com
www.dvieurotech.com

А.И. КУДЯКОВ, д-р техн. наук, В.С. ПЛЕВКОВ, д-р техн. наук, К.Л. КУДЯКОВ, инженер,
А.В. НЕВСКИЙ, инженер, А.С. УШАКОВА, инженер (tsuab_rc@mail.ru)

Томский государственный архитектурно-строительный университет (634003, г. Томск, Соляная пл., 2)

Совершенствование технологии изготовления базальтофибробетона с повышенной однородностью

Исследованы технологические приемы изготовления базальтофибробетонной смеси с повышенной однородностью. Установлено оптимальное содержание базальтовых волокон 0,5% от массы цемента, обеспечивающее их равномерное распределение в объеме бетона, прирост прочности бетона при сжатии 51,2% и при растяжении 28,8%. При исследовании микроструктуры базальтофибробетона выявлены новообразования на поверхности базальтовых волокон, которые свидетельствуют о повышении адгезии цементного камня к волокнам. При введении базальтовых волокон в бетонную смесь существенно повышается однородность показателей качества бетона.

Ключевые слова: фибробетон, базальтовое волокно, распределение волокон, прочность на сжатие и растяжение, однородность, базальтофибробетон.

A.I. KUDYAKOV, Doctor of Sciences (Engineering), V.S. PLEVKOV, Doctor of Sciences (Engineering),
K.L. KUDYAKOV, Engineer, A.V. NEVSKY, Engineer, A.S. USHAKOVA, Engineer (tsuab_rc@mail.ru)
Tomsk State University of Architecture and Building (2, Solyanaya Street, 634003, Tomsk, Russian Federation)

Improvement in Manufacturing Technology of Basalt Fiber Concrete with Increased Uniformity

Technological methods for preparing the basalt fiber concrete mix with increased uniformity are studied. It is established that 5% of basalt fibers of cement mass is an optimal content ensuring the uniform distribution of fibers in the concrete volume, the growth of compression strength of concrete by 51.2% and tensile strength by 28.8%. In the course of microscopic study of basalt fiber, new formations on the surface of basalt fibers are revealed; it shows the increase in adhesion of cement stone to fibers. The introduction of basalt fibers in the concrete mix significantly improves the uniformity of concrete quality indicators.

Keywords: fiber concrete, basalt fiber, fiber distribution, compression strength, tensile strength, uniformity, basalt fiber concrete.

На строительном рынке получили развитие эффективные архитектурно-строительные объекты со сложными условиями эксплуатации и ресурсосберегающие технологии возведения зданий с использованием малоэнергоемких конструкционных материалов с повышенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками [1]. При изготовлении несущих конструкций зданий с малой материалоемкостью используют модифицированные бетоны с повышенной прочностью и однородностью параметров качества, характеристики которых используются при расчетах конструкций на основе классов бетонов по прочности.

В рамках выполнения работ по комплексному проекту № 02.G25.310022 с Минобрнауки России и № 109-12/НИОКТР с ОАО «Томский ДСК» научно обоснованы технологические приемы повышения уровня и стабильности прочностных показателей бетонов путем введения в бетонную смесь микроармирующих и водоредуцирующих (суперпластифицирующих добавок) [1, 2]. Дисперсное армирование структуры бетона осуществляется волокнами (фибрами) минерального и органического происхождения. При введении в смесь волокон в бетоне формируется пространственная микроармированная цементная матрица, которая противодействует сжимающим и растягивающим напряжениям, возникающим в бетоне при усадочных деформациях в процессе твердения и при внешнем силовом воздействии [3, 4].

Перспективным материалом для дисперсного армирования бетона являются базальтовые волокна, однако их применение затруднено в связи с технологическими сложностями обеспечения равномерности распределения в цементной матрице бетона, а также с наличием проблем в инженерных методах расчета конструкций из базальтофибробетона, особенно применительно к использованию в мелкозернистых бетонах [3, 5–8].

Цель работы – разработка рациональных технологических приемов введения базальтовых волокон в бетонную смесь при достижении максимальной прочности бетона и составление математической модели управления прочностью в зависимости от содержания волокон.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с программой (рис. 1), предусматривающей изучение влияния: содержания базальтовых волокон в смеси (μ_{fb}), способов их предварительной подготовки различными водными растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ), селективного введения компонентов, скорости перемешивания фибробетонной смеси на прочность при сжатии и раскалывании фибробетонных образцов. Содержание волокон в бетонной смеси назначалось по отношению к массе цемента в процентах. Минимальное количество образцов для каждого испытания принималось равным шести.

В качестве сырьевых материалов при проведении исследований применялись: портландцемент бездобавочный Цем I 42,5Н (ГОСТ 30515–2012) производства ООО «Топкинский цемент» (г. Топки, Кемеровская обл.); песок Кандинского месторождения (Томская обл.) с модулем крупности 2,8 мм (ГОСТ 8736–93); отсеvy камнедробления фракции 5–10 мм (ГОСТ 31424–2010); водопроводная вода (ГОСТ 23732–2011); базальтовое волокно диаметром 13–17 мкм, средней длиной 14 мм (ТУ 5769-004-80104765–2008), изготовленное НПО «Вулкан» (г. Пермь).

Для определения влияния ПАВ на качество распределения волокон в объеме бетонной смеси выбраны:

– гиперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов Muraplast FK 48 (ТУ 5745-006-51552155–2003);

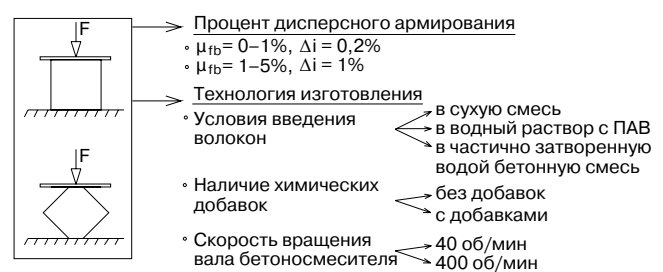


Рис. 1. Программа экспериментальных исследований

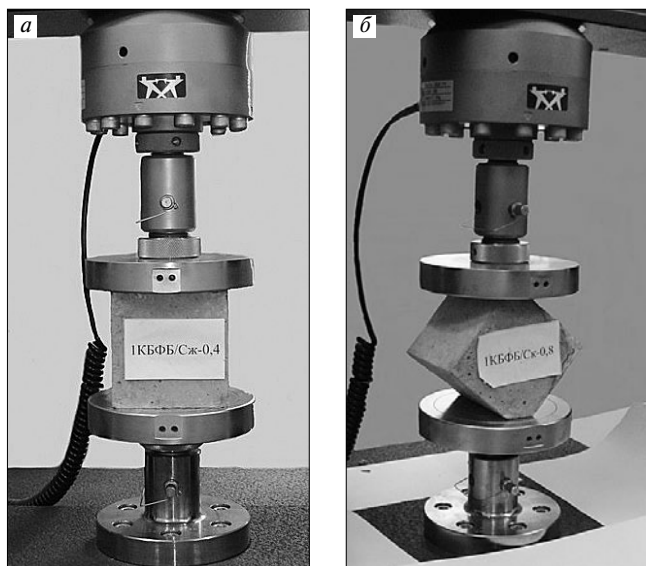


Рис. 2. Общий вид испытания экспериментальных образцов: а – при сжатии; б – при раскалывании

- суперпластификатор на основе эфиров поликарбок-силатов Power Flow 1190 (ТУ 5745-096-51552155–2011);
- комплексный модификатор «Полипласт-1МБ», представляющий собой смесь поверхностно-активных натриевых солей метиленабиссульфокислоты и кремнеземистого компонента (ТУ 5745-013-58042865–2006).

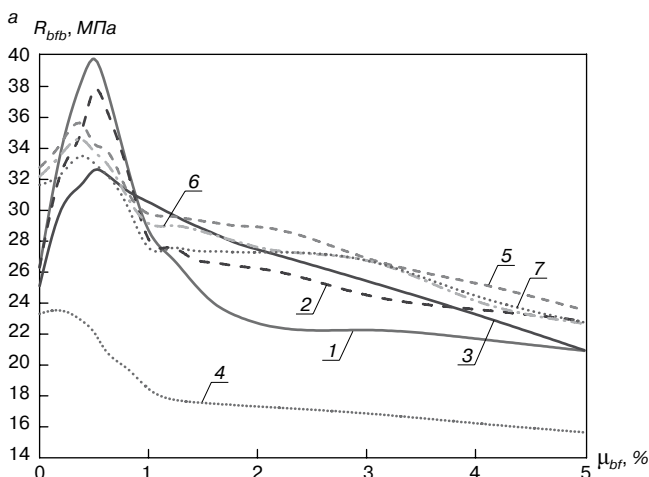


Рис. 3. Влияние содержания базальтовых волокон и способа приготовления бетонной смеси на прочность фибробетона при сжатии (а) и при растяжении (б): 1 – Т1; 2 – Т2; 3 – Т3; 4 – Т4; 5 – Т5; 6 – Т6; 7 – Т7

Разработка составов фибробетонной смеси с маркой по подвижности П2 проводилась по методике кафедры «Строительные материалы и технологии» ТГАСУ. Базовый состав бетонной смеси принят 1:1,5:4 (Ц:П:Щ) при В/Ц = 0,65 и средней плотности бетона $\rho = 2300 \text{ кг/м}^3$. Исследовалось семь вариантов введения базальтовых волокон и перемешивания бетонной смеси (табл. 1).

В бетонную смесь с подвижностью П2 вводились базальтовые волокна в количестве $\mu_{bf} = 0-1\%$ от массы цемента с шагом 0,2% и $\mu_{bf} = 1-5\%$ от массы цемента с шагом 1%.

Бетонные образцы испытывались в возрасте 28 сут статической нагрузкой на электромеханическом прессе Instron-3382 на сжатие по ГОСТ 10180–2012 и на раскалывание по известным рекомендациям (М.Ю. Лещинский, Б.Г. Скрамтаев. Испытание прочности бетона. М.: Стройиздат, 1973. 272 с.). Общий вид испытания опытных образцов представлен на рис. 2.

Полученные экспериментальные данные были обработаны с использованием математических методов статистики. На рис. 3 представлены установленные закономерности влияния содержания базальтовых волокон и способов приготовления фибробетонной смеси на прочность бетона при сжатии и растяжении.

Максимальные значения прироста прочности при сжатии и растяжении (51,2% и 28,8%, соответственно) получены при содержании базальтовых волокон $\mu_{bf} = 0,5\%$ и высокоскоростном способе приготовления бетонной смеси (вариант Т1) по сравнению с аналогичными образцами бетона без волокон. При введении базальтовых волокон в сухую смесь и перемешивании в

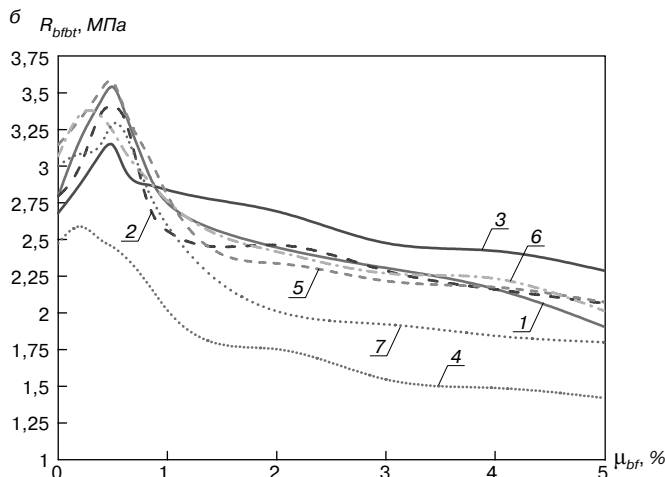


Таблица 1

Технологические приемы приготовления фибробетонных смесей

Варианты изготовления фибробетонных смесей	Способ введения волокон		Скорость перемешивания, об/мин		Предварительное разделение волокон в воде с ПАВ		
	В сухую смесь	В частично затворенную водой смесь*	40	400	Power Flow 1190	Muraplast FK 48	Полипласт 1МБ
T1		+		+			
T2	+			+			
T3	+		+				
T4**	+						
T5		+		+	+		
T6		+		+		+	
T7		+		+			+

* Бетонная смесь предварительно перемешивалась с 40% воды затворения.

** Смесь перемешивалась вручную.

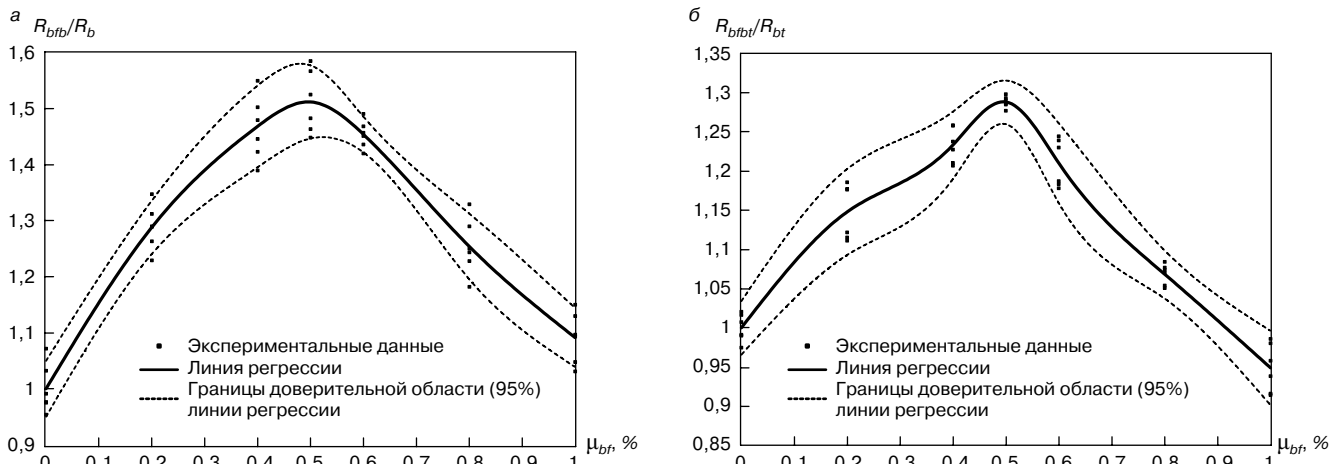


Рис. 4. Зависимость прочности базальтофибробетона, изготовленного по технологии Т1, от процента дисперсного армирования: а – при сжатии; б – при растяжении

Полиномиальные аппроксимирующие функции для определения прочности базальтофибробетона при сжатии и растяжении, изготовленного по варианту Т1

Таблица 2

Степень полинома	Аппроксимирующая функция	Коэффициент детерминации R^2
При сжатии:		
3	$R_{bfb} = R_b \cdot (1 + 2,202\mu_{bf} - 2,917\mu_{bf}^2 + 0,79\mu_{bf}^3)$	0,9744
4	$R_{bfb} = R_b \cdot (1 + 1,205\mu_{bf} + 2,552\mu_{bf}^2 - 8,213\mu_{bf}^3 + 4,547\mu_{bf}^4)$	0,9983
5	$R_{bfb} = R_b \cdot (1 + 1,481\mu_{bf} + 0,157\mu_{bf}^2 - 1,387\mu_{bf}^3 + 3,3\mu_{bf}^4 + 3,141\mu_{bf}^5)$	0,9986
При растяжении:		
3	$R_{bft} = R_{bt} \cdot (1 + 1,206\mu - 1,656\mu_{bf}^2 + 0,387\mu_{bf}^3)$	0,9585
4	$R_{bft} = R_{bt} \cdot (1 + 0,426\mu_{bf} + 2,623\mu_{bf}^2 - 6,658\mu_{bf}^3 + 3,558\mu_{bf}^4)$	0,9841
5	$R_{bft} = R_{bt} \cdot (1 + 0,699\mu_{bf} + 0,249\mu_{bf}^2 + 0,108\mu_{bf}^3 - 4,22\mu_{bf}^4 + 3,114\mu_{bf}^5)$	0,9847

обычных смесителей принудительного действия (вариант Т3) с дозировкой волокон 0,5% получен прирост прочности при сжатии 29,8%, а при растяжении – 17,4%. Повышение прочности при сжатии 0,9% и при растяжении 4,7% получено при перемешивании бетонной смеси вручную с содержанием базальтовых волокон 0,2% (вариант Т4), при значительном ухудшении показателя однородности.

При предварительном разделении базальтовых волокон в водном растворе с добавками Power Flow 1190, Miraplast FK 48, Полипласт 1МБ и введении их в бетонную смесь, частично затворенную водой, при скорости перемешивания 400 об/мин (варианты Т5, Т6, Т7) приводит к увеличению прочности при сжатии до 34,9% и растяжению до 27,8% при улучшении показателя однородности в сравнении с бетоном базового состава.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены зависимости прироста прочности базальтофибробетона, изготовленного по технологии Т1 от процента дисперсного армирования при $\mu_{bf} = 0-1\%$ (рис. 4). Средний коэффициент вариаций прочности при сжатии и растяжении для составов Т1 не превышал 4,1%, а для составов Т5–Т7 – не более 2,8%. Установленные зависимости выражены полиномиальными аппроксимирующими функциями 3-й, 4-й и 5-й степени с соответствующими им коэффициентами детерминации (табл. 2).

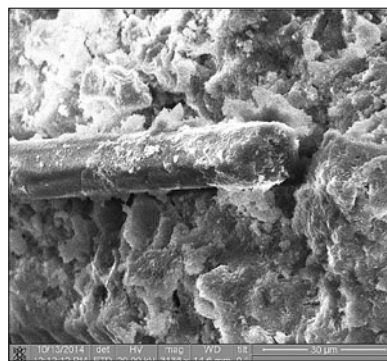


Рис. 5. Микрофотография базальтового волокна в бетоне

Для установления причин изменения прочностных характеристик бетона проведены исследования поверхностей разрушенных образцов с помощью сканирующего электронного микроскопа Quanta 200 3D с термоэмиссионным катодом и сфокусированным ионным пучком.

На поверхности базальтовых волокон идентифицируются новообразования низкоосновных гидросиликатов кальция вследствие химического взаимодействия базальтового волокна и продуктов гидратации цемента, что способствует повышению прочности сцепления волокна с цементным камнем (рис. 5).

На рис. 6 представлены микрофотографии поверхности базальтофибробетона, изготовленного по технологиям Т1 и Т5 с содержанием волокон 0,5% и 5%; сплошной линией выделены закрепленные в бетоне волокна, пунктирной линией выделены выдернутые волокна.

При $\mu_{bf} = 0,5\%$ (рис. 6, а), высокоскоростном и обычном принудительном перемешивании смеси наблюдается равномерное распределение волокон в базальтофибробетоне (плотность содержания волокон до 7,4 волокон на 1 мм² при количестве выдернутых волокон 8,5%). При $\mu_{bf} = 0,8-1\%$ в базальтофибробетоне наблюдаются скопления базальтовых волокон (13,3 волокна на 1 мм², до 9,8% выдернутых волокон). При $\mu_{bf} = 1-5\%$ обнаружены локальные скопления базальтовых волокон как с параллельно, так

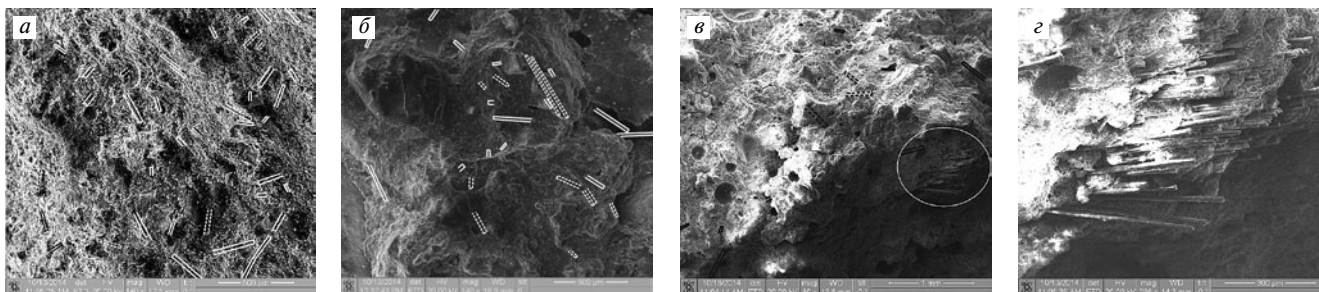


Рис. 6. Распределение волокон в базальтофибробетоне, изготовленном по технологиям: а – Т1, $\mu_{bf} = 0,5\%$; б – Т5, $\mu_{bf} = 0,5\%$; в – Т1, $\mu_{bf} = 5\%$; г – Т1, $\mu_{bf} = 5\%$ (с увеличением выделенного фрагмента)

и с хаотически направленными волокнами, при этом волокна не распределяются равномерно по объему, что нарушает однородность структуры фибробетона и способствует образованию зон концентрации напряжений и образованию трещин (рис. 6, в, з). В фибробетонах, изготовленных по технологиям Т5–Т7 (рис. 6, б), отмечено наличие большого количества выдернутых из тела бетона волокон (до 6,9 волокна на 1 мм^2 , до 42,3% выдернутого волокна), в связи с чем можно сделать вывод, что поверхностно-активные вещества покрывают поверхность базальтовых волокон и выступают в роли «смазки», снижая прочность сцепления волокон с бетоном. Во всех случаях повреждения или разрывы базальтовых волокон в бетоне не были обнаружены.

По результатам анализа установленных закономерностей и микроструктуры базальтофибробетона определено оптимальное содержание базальтовых волокон 0,5% от массы цемента по критерию прироста прочности. Максимальный прирост прочности фибробетона получен при введении волокон в частично увлажненную смесь с последующим высокоскоростным перемешиванием и составил 51,2% при сжатии и 28,8% при растяжении, при этом коэффициент вариаций прочности не превышал 4,1%. Предварительное разделение волокон в водном растворе с Power Flow 1190 с дальнейшим введением полученной суспензии в увлажненную бетонную смесь (вариант Т5) позволяет увеличить прочность при сжатии до 34,9%, при растяжении 27,8% относительно базового состава бетона и уменьшить коэффициент вариаций прочности до 2,8%. Полученные результаты исследований использованы при разработке технологического регламента приготовления базальтофибробетонной смеси.

Список литературы


1. Кудяков А.И., Ушакова А.С., Кудяков К.Л., Дубасаров Д.И., Ефремова В.А. Тенденции в развитии технологии высокопрочных тяжелых цементных бетонов // *Строительство энергоэффективного полнооборного жилья экономического класса: Сборник научных трудов*. Томск: ТГАСУ, 2014. С. 125–131.
2. Кудяков А.И., Ушакова А.С., Кудяков К.Л., Невский А.В. Влияние пластифицирующих и микроармирующих добавок на прочностные и реологические характеристики бетона // *Ресурсосберегающие технологии и эффективное использование местных материалов в строительстве: Международный сборник научных трудов*. Новосибирск: НГАУ, 2013. С. 10–14.
3. Васильовская Н.Г., Енджиевская И.Г., Калугин И.Г. Цементные композиции, дисперсно-армированные базальтовой фиброй // *Вестник ТГАСУ*. 2011. № 3. С. 153–158.
4. Войлоков И. А., Канаев С.Ф. Базальтофибробетон. Исторический экскурс // *Инженерно-строительный журнал*. 2009. № 4. С. 26–31.
5. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-

армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. М.: АСВ, 2004. 560 с.

6. Weimin L., Jinyu X. Mechanical properties of basalt fiber reinforced geopolymeric concrete under impact loading // *Material Science and Engineering: A*. 2010. Vol. 505, pp. 178–186.
7. Abdulhadi M. A comparative study of basalt and polypropylene fibers reinforced concrete on compressive and tensile behavior // *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. 2014. Vol. 9. № 6, pp. 295–300.
8. Elshekh A.E.A., Shafiq N., Nuruddin M.F., Fathi A. Evaluation the effectiveness of chopped basalt fiber on the properties of high strength concrete // *Journal of Applied Sciences*. 2014. Vol. 14. № 10, pp. 1073–1077. doi: 10.3923/jas.2014.1073.1077.

References

1. Kudyakov A.I., Ushakova A.S., Kudyakov K.L., Dubasarov D.I., Efremova V.A. Trends in technology development of high strength heavy cement concrete. *Building of energy-efficient full assembly economy-class housing: Collection of scientific papers*. Tomsk: TSUAB. 2014, pp. 125–131. (In Russian).
2. Kudyakov A.I., Ushakova A.S., Kudyakov K.L., Nevskii A.V. Influence of plasticizers and microarming additives on strength and rheological characteristics of the concrete. *Resource-saving technologies and efficient using of local materials in building. International collection of scientific papers*. Novosibirsk: NGAU. 2013, pp. 10–14. (In Russian).
3. Vasilovskaya N.G., Endzhievskaya I.G., Kalugin I.G. Cement compositions disperse-reinforced by the basalt fiber. *Vestnik TGASU*. 2011. № 3, pp. 153–158. (In Russian).
4. Voilokov I.A., Kanaev S.F. Bazaltofibrbeton. Historical excursus. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2009. № 4. pp. 26–31. (In Russian).
5. Rabinovich F.N. Kompozity na osnove dispersno-armirovannykh betonov. Voprosy teorii i proektirovaniya, tekhnologiya, konstruksii [Composites based on concrete with dispersed reinforcement. Issues of theory and design, technology, design]. Moscow: ASV. 2004. 560 p. (In Russian).
6. Weimin L., Jinyu X. Mechanical properties of basalt fiber reinforced geopolymeric concrete under impact loading. *Material Science and Engineering: A*. 2010. Vol. 505. pp. 178–186. (In English).
7. Abdulhadi M. A comparative study of basalt and polypropylene fibers reinforced concrete on compressive and tensile behavior. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. 2014. Vol. 9. № 6. pp. 295–300. (In English).
8. Elshekh A.E.A., Shafiq N., Nuruddin M.F., Fathi A. Evaluation the effectiveness of chopped basalt fiber on the properties of high strength concrete. *Journal of Applied Sciences*. 2014. Vol. 14. № 10. pp. 1073–1077. doi: 10.3923/jas.2014.1073.1077. (In English).



**ИНЖИНИРИНГ
ПОД КЛЮЧ:
ИДЕЯ
ОБРЕТАЕТ
ФОРМУ**

WWW.VKB-ENGINEERING.RU

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ОСНАЩЕНИЕ И ЗАПУСК ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Компания ООО «УКВ-Инжиниринг» основана в августе 2012 года, но уже на сегодняшний день занимает лидирующие позиции в списке инжиниринговых компаний, работающих на территории юга России.

Наша основная задача – воплощение идей Заказчика в оптимальные практические решения успешной реализации проектов. ООО «УКВ-Инжиниринг» осуществляет полный комплекс инжиниринговых услуг по проектированию, поставке и строительству производственных объектов и объектов сельскохозяйственного назначения (инжиниринг «под ключ»).

Услуги ООО «УКВ-Инжиниринг» включают в себя:

- технико-экономические обоснования / оценка текущего состояния объекта;
- проектировка объектов строительства с учетом всех требований заказчика;

- выбор места строительства и освоение земель;
- разработка проектной продукции;
- разработка и сопровождение договоров поставки оборудования (в том числе нестандартного);
- выполнение функций технического заказчика (Генподрядчика).

Выбирая ООО «УКВ-Инжиниринг» Вы приобретаете надежного партнера, заинтересованного в долгосрочном сотрудничестве.

ООО «УКВ-Инжиниринг» имеет успешный опыт участия в строительстве крупных промышленных объектов не только в Краснодарском крае, но и за его пределами. Кроме непосредственно участия в организации и контроле процесса строительства/модернизации объектов, ООО «УКВ-Инжиниринг» оказывает широкий спектр услуг по техническому сопровождению и ведению проектов, поставке оборудования и комплектующих российских и зарубежных поставщиков.

УДК 691.544

И.В. ЖЕРНОВСКИЙ¹, канд. геол.-мин. наук, В.В. НЕЛЮБОВА¹, канд. техн. наук (309991@mail.ru),
В.В. СТРОКОВА¹, д-р техн. наук; Е.Г. ОСАДЧИЙ², д-р хим. наук (euo@iem.ac.ru)

¹ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

² Институт экспериментальной минералогии Российской академии наук (142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, 4)

Фазообразование вяжущих в системе известь – гранитное НВ в условиях автоклавного твердения*

Представлены результаты рентгенографических исследований фазообразования в модельных системах, твердеющих в гидротермальных условиях в соответствии с параметрами производства материалов автоклавного твердения. Приведены реакционные активности минеральных составляющих гранитного НВ. Обоснованы количественные зависимости кристаллических новообразований от исходного состава исследуемой композиции. На основании данных РФА предложен механизм фазообразования системы известь – гранитное НВ, который состоит в следующем: содержащийся в составе вяжущего активный кремнезем способствует формированию низкоосновных гидросиликатов кальция (тоберморита и фошагита) – основных носителей прочностных свойств материалов автоклавного твердения. Наличие алюмосиликатной составляющей в вяжущем приводит к образованию цеолитовой фазы – вайракита, отвечающей за долговечность изделий в процессе их эксплуатации, а также гидрогранатов. При этом рассматриваемая система характеризуется суперпозицией механизмов твердения композиции: гидратационного и геополимеризационного.

Ключевые слова: наноструктурированное вяжущее, магматический генезис, фазообразование, минеральные фазы, алюмосиликатное вяжущее.

I.V. ZHERNOVSKIY¹, Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), V.V. NELUBOVA¹, Candidate of Sciences (Engineering) (309991@mail.ru),
V.V. STROKOVA¹, Doctor of Sciences (Engineering); E.G. OSADCHIY², Doctor of Sciences (Chemistry) (euo@iem.ac.ru)

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukova Street, Belgorod, 308012, Russian Federation)

² Institute of Experimental Mineralogy Russian Academy of Sciences (4, Academic Osip'yan Street, Moscow Region, Chernogolovka, 142432, Russian Federation)

Phase Formation of Binders in the System «Lime – Granite NB» in Autoclaved Hardening Conditions*

This work introduces the results of X-ray diffraction study of phase formation in model systems, hardened in hydrothermal conditions in accordance with the parameters of the production of autoclaved materials. Reaction activity of the mineral components of granite NB is presented. Quantitative ratios of crystalline growths depending on the initial compound of the test composition were found. On the basis of X-ray diffraction analysis data a mechanism of phase formation of system «lime – Granite NB», which consists of the following: reactive silica contained in the binder composition assists the formation of low-basic calcium hydrosilicates (tobermorite and foshagite) – the main contributors of the strength properties of autoclaved materials. The presence of the aluminosilicate component in the binder leads to the formation of the zeolite phase as wairakite which is responsible for durability of products during their operation, as well as hydrogarnets. At the same time the studied system is characterized by the superposition of the hardening mechanisms of the composition: hydrational and geopolymeric.

Keywords: nanostructured binder, magmatic genesis, phase formation, mineral phases, aluminosilicate.

Изучение процессов твердения и связанного с этим минералообразования в автоклавных известково-алюмосиликатных вяжущих на основе магматических пород кислого состава представляется одним из перспективных направлений исследований в свете разработки и применения композиционных вяжущих. Особую актуальность это приобретает при использовании алюмосиликатного компонента в виде наноструктурированного вяжущего (НВ), синтезированного по технологии ВКВС (многостадийного мокрого помола) [1–5]. Важнейшей особенностью этих вяжущих является присутствие реакционно-активной алюмосиликатной аморфной (коллоидной) составляющей.

В случае использования в качестве алюмосиликатного сырья для получения НВ горных пород кислого состава – гранитов предполагается, что характерной особенностью вяжущих автоклавного твердения является суперпозиция механизмов твердения – гидратационного, с образованием гидросиликатов кальция С–S–Н, и геополимеризационного, с образованием водных алюмосиликатов – цеолитов. Ближайшими аналогами этих вяжущих можно считать известково-золевые вяжущие автоклавного твердения с использованием низкокальциевых электрофильтрованных зол-уноса ТЭС [6–8]. В этих исследованиях, основанных на результатах ин-

терпретации термического анализа автоклавированного известково-золевого камня, утверждается, что фазовый состав новообразований представлен ПА-алюминий-содержащим тоберморитом, α -C₂SH и Са-алюмосиликатным гелем С–S–А–Н.

В данной работе представлены результаты рентгенографического изучения автоклавированных образцов вяжущей системы известь – гранитное НВ. С помощью этих данных определен минеральный состав кристаллических новообразований.

Исходным материалом для получения гранитного НВ служил отсев дробления гранитных пород Павловского месторождения (Воронеж).

Объектами исследования являлись образцы затвердевшего гранитного НВ и автоклавированных в течение 12 ч при 190°C известково-алюмосиликатных вяжущих составов с весовыми отношениями известь/гранитное НВ – 1/1; 1/1,5; 1/2; 1/2,5 и 1/3.

Дифракционные спектры образцов получены на рентгеновской рабочей станции WorkStation ARL 9900 в Центре высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием излучения Со-анода.

Рентгенометрическая диагностика минеральных кристаллических фаз (качественный РФА) проведена с использованием базы дифракционных данных PDF-2.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-33-50853.

* This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project № 15-33-50853.

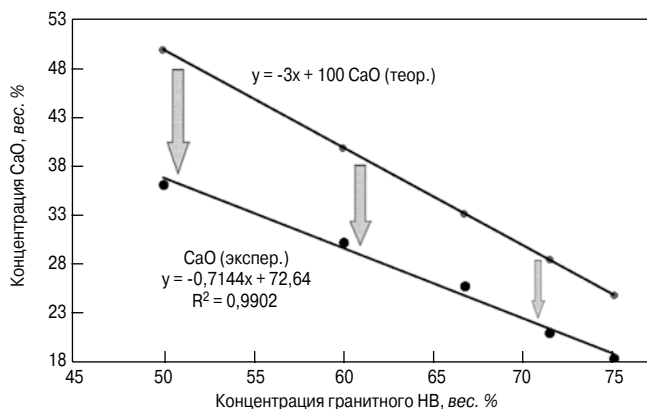


Рис. 3. Тренды изменения концентраций CaO в начальном и конечном состоянии вяжущей системы

няться пропорционально содержанию гранитного НВ в модельной системе. На этом основании можно проиллюстрировать изменение концентраций кварца и анортита в зависимости от содержания НВ в вяжущей системе (рис. 2, а, б).

Уменьшение экспериментально определенной концентрации кварца и анортита в модельных системах относительно расчетных значений может быть интерпретировано как растворение этих компонентов гранитного НВ в щелочной среде извести.

Оценка концентрации извести в вяжущей системе осложняется тем, что известковые компоненты представлены не CaO, а портландитом и всеми известными полиморфными модификациями карбоната кальция – кальцитом, арагонитом и ватеритом.

Поэтому предположение, что известковый компонент модельных вяжущих систем был представлен 100% CaO, маловероятно. Для оценки баланса извести в системе был произведен пересчет содержания извести в этих минеральных компонентах путем вычитания из их весовых концентраций молярных составляющих – H₂O для портландита и CO₂ для карбонатов кальция по формулам:

$$C_{CaO}^{Ca(OH)_2} = \frac{C_{Ca(OH)_2} \cdot (V_{Ca(OH)_2} - V_{H_2O})}{V_{Ca(OH)_2}} \text{ и}$$

$$C_{CaO}^{CaCO_3} = \frac{C_{CaCO_3} \cdot (V_{CaCO_3} - V_{CO_2})}{V_{CaCO_3}},$$

где $C_{CaO}^{Ca(OH)_2}$ и $C_{CaO}^{CaCO_3}$ – весовые концентрации CaO в портландите и карбонатах кальция; V_{CaCO_3} , V_{H_2O} и V_{CO_2} – молекулярные веса обозначенных компонентов.

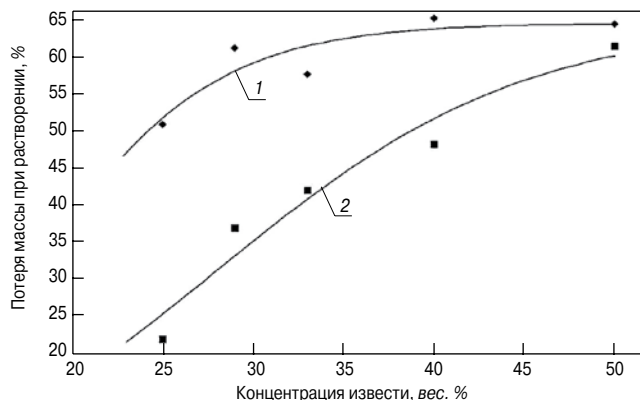


Рис. 4. Реакционная активность кварца (1) и анортита (2) в модельных вяжущих системах

Таблица 1

Минеральный состав гранитного НВ (вес. %)					
Кварц	Анортит	Биотит	Роговая обманка	Корунд	Σ
29,77	49,02	3,06	2,09	15,52	100

Результаты расчетов концентрации CaO в автоклавированных известково-гранитных вяжущих представлены в табл. 3.

На основе приведенных данных изменение концентрации извести в вяжущей системе можно проиллюстрировать зависимостями (рис. 3).

Таким образом, при твердении в автоклавных условиях модельных вяжущих композиций известь – гранитное НВ происходило активное растворение породообразующих кристаллических компонентов – кварца, анортита и извести с образованием C–S–A–H-геля. Следует отметить, что определенное количество алюмосиликатного геля в форме коллоидного раствора образуется в процессе синтеза гранитного НВ. К сожалению, в настоящее время авторский коллектив не обладает достоверными количественными данными о его концентрационных значениях и составе. Поэтому, имея только результаты рентгенографического изучения описываемых автоклавированных модельных вяжущих систем, в дальнейшем изложении приведена информация об C–S–A–H-геле, образовавшемся в процессе твердения в результате растворения.

Таблица 2

Минеральный компонент	Известь/гранитное НВ (вес.% гранитного НВ)					
	1/1 (50)	1/1,5 (60)	1/2 (67)	1/2,5 (71)	1/3 (75)	
НВ на основе гранита	Кварц	5,33±0,61	6,26±0,42	8,47±0,51	8,26±0,59	11,05±0,30
	Анортит	9,43±0,51	15,24±0,73	18,92±0,72	21,94±0,83	28,71±1,13
	Биотит	2,32±0,21	2,47±0,24	2,23±0,25	2,34±0,29	2,27±0,18
Известь и продукты ее карбонизации	Портландит	15,42±0,74	9,43±0,84	7,22±0,93	10,70±0,82	7,87±2,83
	Кальцит	13,31±1,08	21,13±1,87	15,01±2,03	11,80±2,52	11,33±1,91
	Арагонит	14,64±1,76	6,90±1,42	6,39±1,1	4,05±0,92	4,91±1,13
	Ватерит	16,04±2,11	13,40±2,46	15,11±2	7,51±1,46	6,26±1,21
Новообразованные фазы	11Å-тоберморит	2,59±0,51	3,88±0,39	4,30±0,41	7,38±0,71	5,65±0,44
	Фошагит	3,04±2,7	2,36±1,72	2,65±1,64	4,77±1,64	3,75±1,5
	Вайрацит	2,17±0,38	2,91±0,43	2,85±0,43	4,08±0,85	2,31±0,71
	Катоит	9,59±1,25	7,49±1,02	7,31±0,96	6,99±1,17	5,01±0,99
Намол	Корунд	6,14±0,28	8,54±0,36	9,54±0,29	10,16±0,33	10,88±0,32
Σ		100,01	99,99	100	100	99,99

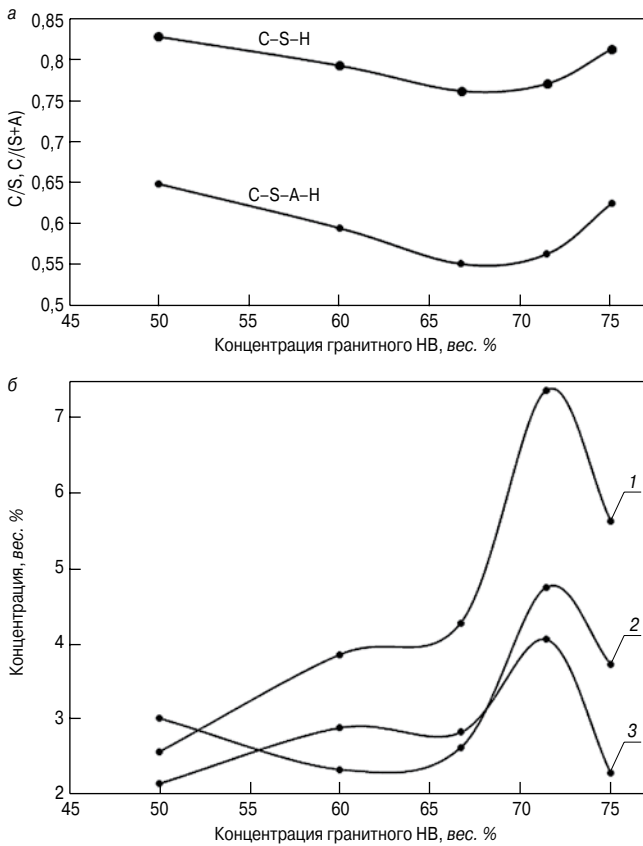


Рис. 5. Зависимости C/S и C/(A+S), C-S-H и C-S-A-H-гелей (а) и концентрации новообразований (б) от состава вяжущих: 1 – 11Å-тоберморит; 2 – фошагит; 3 – вайрацит

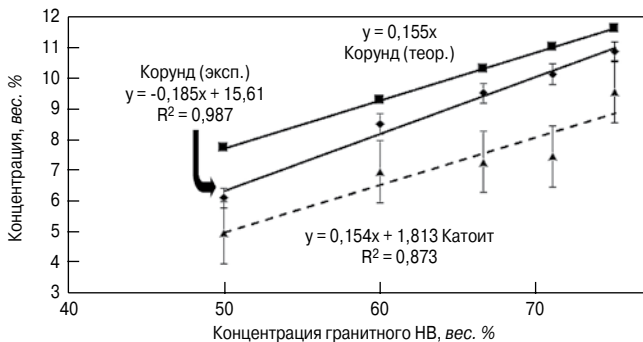


Рис. 6. Концентрационная связь корунда и катоита в вяжущей системе

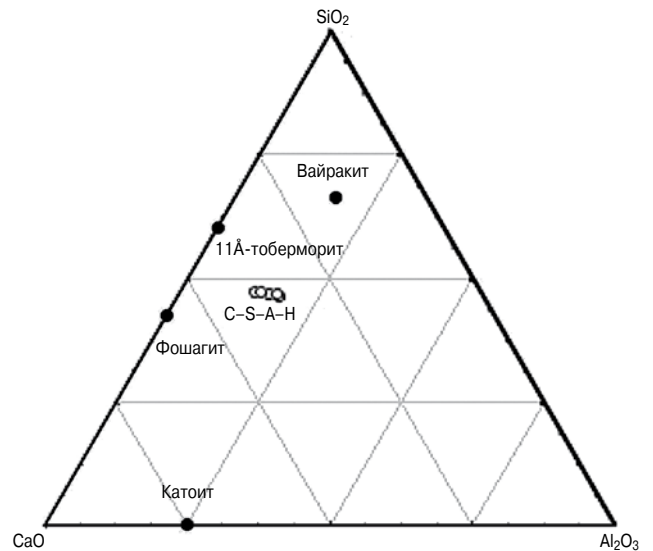


Рис. 7. Поля составов новообразований и C-S-A-H-геля в автоклавированных вяжущих системы известь – гранитное НВ в проекции на грань CaO-SiO₂-Al₂O₃ тетраэдра составов CaO-SiO₂-Al₂O₃-H₂O

Таблица 3

Известь/гранитное НВ (вес. % гранитного НВ)				
1/1 (50)	1/1,5 (60)	1/2 (67)	1/2,5 (71)	1/3 (75)
36,32	30,35	25,92	21,19	18,57

Реакционную активность кварца и анортита по отношению к извести в модельных автоклавированных вяжущих можно представить в виде зависимости, представленной на рис. 4.

Эти результаты не противоречат здравому смыслу, что в щелочной среде более кислый компонент системы (кварц) растворяется (связывается с известью) более активно, чем компонент более основный (анортит).

У авторов нет экспериментальных доказательств присутствия в продуктах автоклавного синтеза двух типов гелей – C-S-H и C-S-A-H, тем не менее для большей наглядности можно представить зависимости изменения величин C/S (для C-S-H-геля) и C/(A+S) (для C-S-A-H-геля) от состава модельных систем (рис. 5, а). Эти данные получены исходя из концентраций растворенных компонентов – кварца, анортита и извести. С ними коррелируют концентрационные зависимости от состава вяжущих, основных новообразований – 11Å-тоберморита, фошагита и вайракита

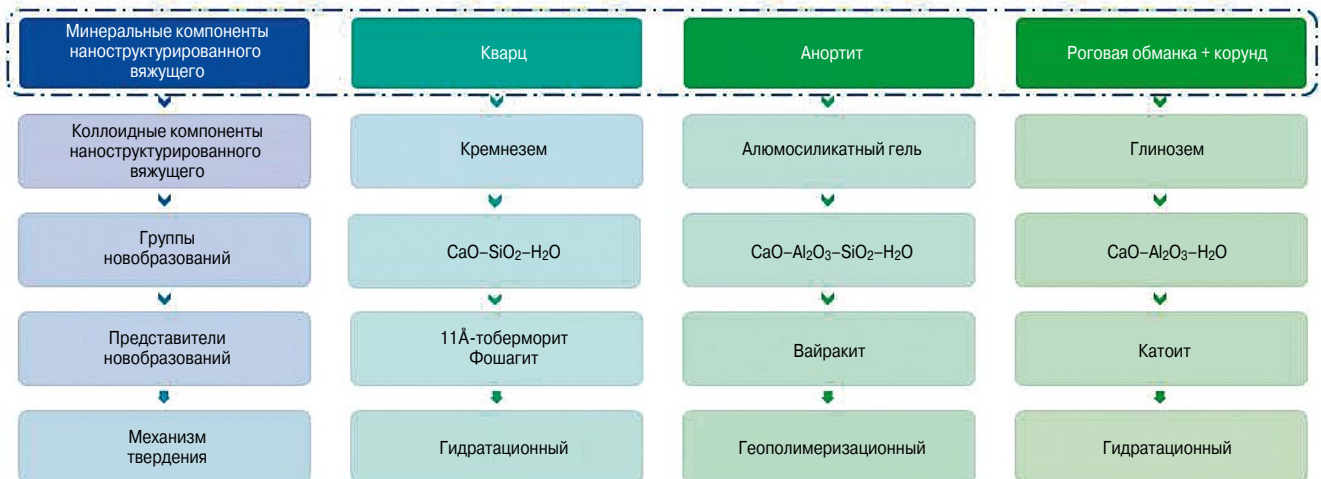


Рис. 8. Феноменологическое представление фазообразования в системе автоклавного вяжущего известь – гранитное НВ

(рис. 5, б). Следует отметить, что ввиду малых интенсивностей $hk0$ -отражений 11\AA -тоберморита проверка схожести вычислительного процесса при полнопрофильных расчетах количественного РФА с использованием структурной модели (Al)- 11\AA -тоберморита не проводилась. Поэтому у авторского коллектива в настоящее время нет оснований для отнесения этой фазы к (Al)-разновидности. Тем более что уточненный параметр с элементарной ячейки 11\AA -тоберморита равен $22,67\text{\AA}$, что соответствует межплоскостному расстоянию $d=11,335\text{\AA}$ диагностического отражения (002).

Это же отражение (Al)-разновидности 11\AA -тоберморита имеет межплоскостное расстояние $dd=11,300\text{\AA}$. Основываясь на этой разнице, авторы работы [8] отнесли 11\AA -тоберморит в составе автоклавных известково-золевых материалов к (Al)-разновидности.

Отдельно необходимо отметить в числе новообразований гидрограната – катоита. Авторы придерживаются предположения, что этот минеральный компонент образовался не за счет C–S–A–H-геля, а благодаря растворению в щелочной среде вяжущего «паразитного» компонента системы – корунда (рис. 6).

В пользу такой трактовки следует привести однотипность координационного октаэдрического окружения Al^{VI} в корунде и катоите в отличие от Al^{IV} в C–S–A–H-геле и в связанном с ним новообразовании – вайраките. При этом характерно, что прямая концентрации катоита (в допущении линейной зависимости концентрации катоита от содержания известкового компонента вяжу-

щего) повторяет ход расчетной прямой концентрации корунда. В пользу этой интерпретации формирования катоита можно привести факт его «обособленного» положения относительно полей составов C–S–A–H-геля и новообразований на его основе на диаграмме составов системы (рис. 7).

Во всяком случае, дискутировать на эту тему представляется преждевременным, до получения новых представлений о формировании катоита в исследуемых вяжущих системах.

Завершая изложение результатов исследования, следует заметить, что кристаллизация цеолитной фазы – вайракита свидетельствует о протекании наряду с гидратационными процессами формирования C–S–H-фаз процессов геополимеризационного типа твердения. Это позволяет рассматривать вяжущую композицию извести – гранитное НВ как систему с суперпозицией механизмов твердения.

На этом основании можно предложить феноменологическую модель твердения рассматриваемых вяжущих систем (рис. 8).

К числу вопросов, выходящих за рамки настоящего исследования и требующего отдельного рассмотрения, необходимо отнести возникновение в затвердевшем вяжущем всех структурных модификаций карбоната кальция – кальцита, арагонита и ватерита. Уверенно отнести их образование к этапу производства извести или автоклавного синтеза в настоящее время не представляется возможным.

Список литературы

1. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В. Алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // *Строительные материалы*. 2014. № 1–2. С. 38–41.
2. Нелюбова В.В., Кобзев В.А., Капуста М.Н., Подгорный И.И., Пальшина Ю.В. Особенности наноструктурированного вяжущего в зависимости от генезиса сырья // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2015. № 3. С. 7–9.
3. 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.
4. Череватова А.В., Павленко Н.В. Пенобетон на основе наноструктурированного вяжущего // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2009. № 3. С. 115–119.
5. Павленко Н.В., Капуста М.Н., Мирошников Е.В. Особенности армирования ячеистых бетонов неавтоклавного твердения на основе наноструктурированного вяжущего // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. № 1. С. 33–36.
6. Овчаренко Г.И., Михайленко А.А. Взаимосвязь прочности и фазового состава автоклавного известково-золевого камня. Часть I // *Известия вузов. Строительство*. 2013. № 10. С. 28–32.
7. Овчаренко Г.И., Михайленко А.А. Взаимосвязь прочности и фазового состава автоклавного известково-золевого камня. Часть II // *Известия вузов. Строительство*. 2014. № 1. С. 26–32.
8. Овчаренко Г.И., Гильмияров Д.И. Фазовый состав автоклавных известково-золевых материалов // *Известия вузов. Строительство*. 2013. № 9. С. 28–33.
9. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization // *Journal of Applied Crystallography*. 2004. No. 37, pp. 743–749.

References

1. Zhernovskii I.V., Osadchaya M.S., Cherevatova A.V., Strokov V.V. Aluminum-silicate nano-structured binder on the basis of granite raw materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 1–2, pp. 38–41. (In Russian).
2. Neljubova V.V., Kobzev V.A., Kapusta M.N., Podgorniy I.I., Pal'shina Ju.V. Features of nanostructured binder according to the genesis of raw materials. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2015. No. 2, pp. 25–28. (In Russian).
3. Miroshnikov E.V., Strokov V.V., Cherevatova A.V., Pavlenko N.V. A Nanostructured perlite binder and foam concrete on its base. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 9, pp. 105–106. (In Russian).
4. Cherevatova A.V., Pavlenko N.V. Foam-concrete on the basis of nanostructured binder // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2009. No. 3, pp. 115–119. (In Russian).
5. Pavlenko N.V., Kapusta M.N., Miroshnikov E.V. Features of reinforcement of non-autoclave curing cellular concretes based on nanostructured binder. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2013. No. 1, pp. 33–36. (In Russian).
6. Ovcharenko G.I., Mihajlenko A.A. Interconnection of strength and phase composition of the autoclaved lime-ash stone. Part I. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*. 2013. No. 10, pp. 28–32. (In Russian).
7. Ovcharenko G.I., Mihajlenko A.A. Interconnection of strength and phase composition of the autoclaved lime-ash stone. Part II. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*. 2014. No. 1, pp. 26–32. (In Russian).
8. Ovcharenko G.I., Gil'mijarov D.I. Phase composition of the autoclaved lime-ash materials. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*. 2013. No. 9, pp. 28–33. (In Russian).
9. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization. *Journal of Applied Crystallography*. 2004. No. 37, pp. 743–749.

Е.М. ЧЕРНЫШОВ, д-р техн. наук, академик РААСН (chem@vgasu.vrn.ru),
О.В. АРТАМОНОВА, канд. хим. наук (ol_artam@rambler.ru), Г.С. СЛАВЧЕВА, д-р техн. наук
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84)

Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 3. Эффективное наномодифицирование систем твердения цемента и структуры цементного камня (критерии и условия)*

Рассмотрена проблема эффективности наномодифицирования систем твердения цемента и структуры цементного камня. Реализован кинетический подход при изучении процесса гидратации цемента в условиях наномодифицирования структуры цементного камня. Оценка наномодифицирования проведена путем анализа критериальных характеристик, интегрирующих в привязке к условиям наномодифицирования меру достигаемых изменений кинетических параметров протекания гидратации и твердения цемента и связанных с ними критериев E , τ , R . Установлено, что введение наномодификаторов в оптимальных дозировках ускоряет процесс гидратации цемента, при этом имеющее место модифицирование структуры цементного камня по дисперсности и морфологии новообразований сопровождается повышением величины прочности в 28-суточном возрасте на 45–65% в зависимости от вида добавки.

Ключевые слова: цемент, нанодобавки, наномодифицирование, критерии эффективности, эффективность наномодифицирования, энергия активации.

E.M. CHERNYSHEV, Doctor of Sciences (Engineering), Academician of RAACS (chem@vgasu.vrn.ru),
O.V. ARTAMONOVA, Candidate of Sciences (Chemistry) (ol_artam@rambler.ru), G.S. SLAVCHEVA, Doctor of Sciences (Engineering)
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering (84, 20-letiya Oktyabrya Street, 394006, Voronezh, Russian Federation)

Concepts and Technology Base Nanomodification of Structures of Building Composites. Part 3: Effective Nanomodification of Systems and Structures of Cement Hardening Cement Stone (Criteria and Conditions)*

The problem of the effectiveness of the nanomodification of systems and structures of cement hardening cement paste. Implemented kinetic approach in studying the process of hydration of cement in a modification of the nanostructure of cement stone. Evaluation of nanomodification of carried out by analyzing the performance criterion is integrated into the «anchor» to the conditions of the nanomodification of measure is achieved by varying the flow of kinetic parameters of hydration and hardening of cement and related criteria E , τ , R . The introduction of nano modifiers optimal dosages accelerates the hydration of cement, with the modification taking place by cement stone structure and morphology of dispersion of tumors is accompanied by elevated-strength values at 28 days age 45–65% depending on the kind of additive.

Keywords: system hardening cement, performance criteria, efficiency of the nanomodification of activation energy, efficiency of the nanomodification of strength.

В развитие публикаций [1, 2] по проблеме «концепций и оснований технологии наномодифицирования структур строительных композитов» в данной статье обсуждаются вопросы наномодифицирования применительно к гидратации цемента и представляются инженерные решения по управлению структурообразованием и свойствами цементного камня.

Контекст прикладной задачи управления формированием структуры и свойствами цементного камня в условиях применения нанохимического подхода и использования средств из арсенала *нано* делает обоснованным обращение к следующим посылкам.

Уместно, учитывая ранее опубликованное [1, 2], напомнить, что наномодифицирование требуется рассматривать одновременно как *действие*, как *процесс* и как *результат*. При этом *действие* выбирается из арсенала *нано* в предположении и стремлении организовать *процесс* гидратации цемента и структурообразования цементного камня с учетом желаемого *результата*, оцениваемого по критериям эффективности наномодифицирования. Такими критериями принимаются энергоэффективность процесса структурообразования системы твердения цемента — E , длительность его протекания и завершения — τ , достигаемый уровень качества мате-

риала по его конструкционным и функциональным характеристикам — R .

С учетом указанного при наномодифицировании речь должна идти о решении двуединой задачи обеспечения условий эффективности наномодифицирования систем твердения цемента и структуры цементного камня. В этом смысле, с одной стороны, требуется организовать процесс по критерию E и связанному с ним критерию τ , а с другой — по критерию R . В первом случае потребуются рассмотреть вопросы, относящиеся к существу кинетики гидратации и твердения цемента, а во втором — к существу взаимосвязи механики проявления конструкционных и функциональных свойств с характеристиками формируемой структуры цементного камня по его химическому, минералогическому, дисперсному, морфологическому составу.

В постановке «кинетических» вопросов потребуются исходить из того, что гидратация цемента развивается как гетерогенный механофизико-химический процесс. И поэтому целесообразно рассматривать и раскрывать пространственно-геометрическую обстановку при гидратации зерен цемента, выделяя так называемые приповерхностные и межзерновые гидратационные объ-

* Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки Воронежскому ГАСУ на 2014 г.; Исследования осуществлялись по проекту № 1/2015 Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО.

* This article was prepared within the framework of the state order Ministry of Education Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering to 2014; Research carried out for the project № 1/2015 of the Fund for Infrastructure and Educational Programs RUSNANO.

емы, в которых будет происходить зарождение и развитие новообразований твердой фазы (рис. 1).

Есть основания полагать, что в приповерхностных и межзерновых объемах эволюционный маршрут формирования твердого состояния будет существенно различаться. И это означает, что наномодифицирование структуры цементного камня в этих объемах будет связано с применением отличающихся приемов из арсенала *нано*.

Образование новой фазы в приповерхностных объемах можно квалифицировать как процесс, протекающий с участием и большим влиянием фактора поверхности зерен цемента — площади поверхности и ее свойств. Поэтому в данном случае с точки зрения условий и технологии наномодифицирования необходимо говорить о применимости средств механохимической активации поверхности частиц цемента, а также о возможности физико-химического изменения свойств поверхности введением в цементно-водные суспензии добавок поверхностно-активных веществ, в том числе пластификаторов, суперпластификаторов.

Развитие новой фазы в межзерновых объемах допустимо рассматривать как квазигомогенный процесс [3–5], в связи с чем формирование новообразований правомерно анализировать в трактовках эволюционного маршрута обретения твердого состояния в гомогенных системах [1, 6]. В результате в данном случае применимым из средств арсенала *нано* здесь видится в первую очередь использование добавок наномодификаторов.

Все отмеченные послылки имеют прямое отношение к обоснованию методологических и методических вопросов организации экспериментальных исследований проблемы эффективности наномодифицирования систем твердения цемента и структуры цементного камня.

Система твердеющего цемента как объект технологии наномодифицирования

Количественные и качественные кинетические изменения характеристик твердой, жидкой фаз и порового пространства твердеющего цемента являются результатом последовательного и параллельно-последовательного протекания во времени совокупности следующих процессов: смачивания, адсорбции и хемосорбции; пептизации частиц цемента (диспергирования в жидкой фазе); диссоциации клинкерных минералов цемента и образования соответствующих катионов и анионов; диффузии продуктов диссоциации из приповерхностного в межзерновой гидратационный объем; формирования и изменения в ходе диффузии градиента концентраций этих продуктов в приповерхностном и межзерновом объемах; постепенного повышения концентрации анионов, катионов и достижение состояния их насыщения и пересыщения в жидкой фазе межзернового объема. Все указанные процессы можно рассматривать как своего рода подготовку к реализации стадий и переходов эволюционного маршрута формирования твердой фазы, т. е. к появлению молекулярных кластеров и зародышей частиц новой фазы, росту частиц, их агломерации в ходе формирования из них кристаллов, сростков кристаллов и пространственного твердофазного каркаса цементного камня.

Для оценки эффективности технологии наномодифицирования по критериям E и τ требуется количественно охарактеризовать эволюционный маршрут кинетической функцией степени гидратации цемента во времени $C_t = f(\tau)$, скоростью гидратации $dC_t/d\tau$, энергией активации процесса гидратации E_a в причинно-следственном соотношении этих показателей с видом и характеристиками применяемого цемента, с величина-

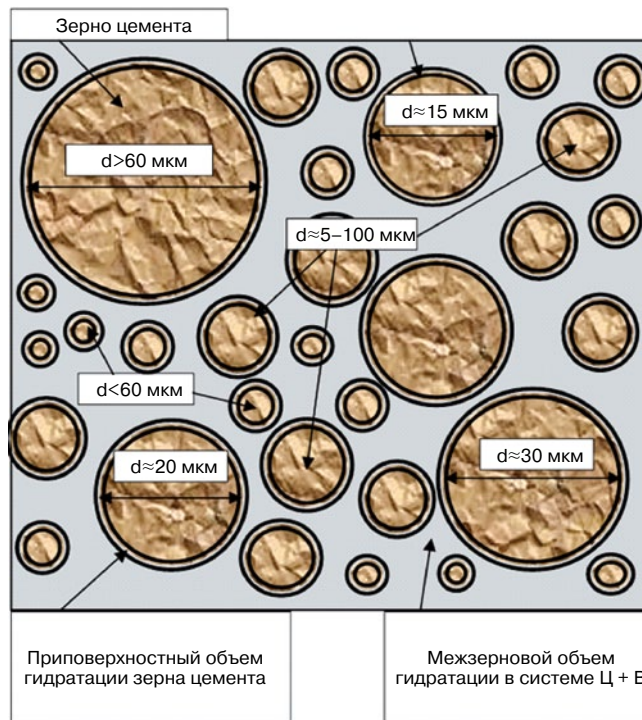


Рис. 1. Пространственно-геометрическая обстановка при гидратации цемента в исходной системе Ц + В

ми В/Ц отношения, типом добавок наномодификаторов, их дозировкой ω , а также с температурными условиями T осуществления гидратации.

В межзерновом объеме кинетика реализации эволюционного маршрута будет оказываться под непосредственным влиянием развития процесса гидратации цемента в приповерхностном объеме его зерен. Средством управления показателями эволюционного маршрута следует считать прежде всего изменение условий и обстановки по насыщению $(C - C_1)$ и пересыщению $\gamma_{кр} = C_1 / (C - C_1)$ системы цемент+вода анионами и катионами, образующимися в приповерхностном объеме при гидратации клинкерных минералов. Изменение обстановки по насыщению и пересыщению будет зависеть от скорости гидратации в приповерхностном объеме зерен цемента, а с другой стороны, от скорости диффузии катионов и анионов в межзерновой объем.

Чем большее пересыщение $\gamma_{кр}$ создается в целом в системе, тем меньшим оказывается энергетический порог $\Delta G_{кр}$ формирования частиц новой фазы [7] с молярным объемом V_m и поверхностным натяжением σ :

$$\Delta G_{кр} = \frac{16\pi\sigma^3 V_m^2}{3R^2 T^2 (\ln \gamma_{кр})^2} \quad (1)$$

Одновременно чем более высоким будет насыщение $(C - C_1)$, тем меньшим окажется критический размер $r_{кр}$ зарождающихся частиц:

$$r_{кр} = \frac{2\sigma V_m C_1}{T(C - C_1)} \quad (2)$$

Таким образом, именно с проблемой управления мерой насыщения и пересыщения оказывается связана энергоэффективность процесса. Наиболее приемлемыми технологическими приемами такого управления следует считать влияние температурных условий и действие фактора введения нанодобавок как потенциальных центров зародышеобразования и кристаллизации.

Результативность введения добавок наномодификаторов может исходить из вышеизложенного характеризоваться мерой понижения энергетического порога фор-

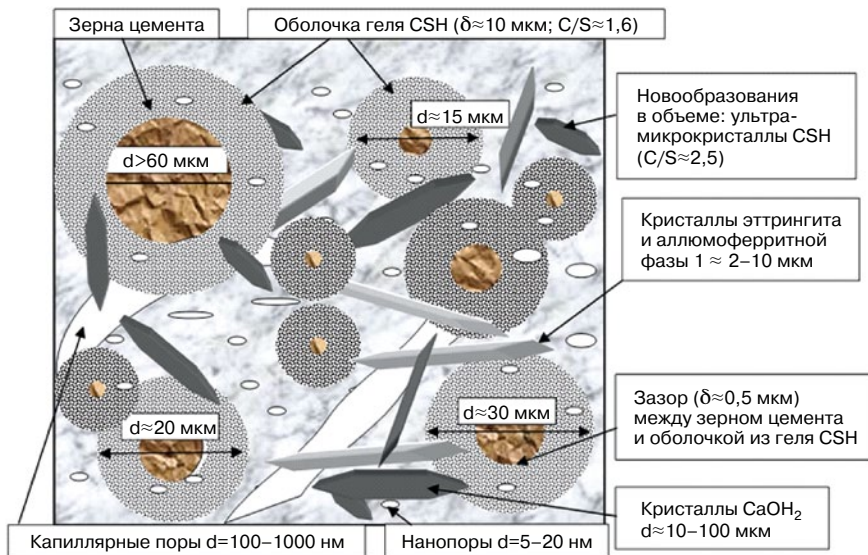


Рис. 2. Геометрическая модель системы твердения цемента в эволюционном маршруте формирования новообразований

мирования частиц новой фазы $\Delta G_{кр}$ и соответственно уменьшения энергии активации E_a процесса гидратации. Константа его скорости K будет экспоненциально (по Аррениусу) возрастать согласно:

$$K = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (3)$$

При этом влияние числа вводимых при применении нанодобавок центров кристаллизации $I_{ц}$ на увеличение скорости гидратации v обеспечит повышение приращения объема новой фазы (возрастание степени гидратации цемента) dV в единицу времени t согласно [8] выражению:

$$dV = \frac{4\pi I_{ц}}{3} [V_0 - V(t)] \vartheta^3 (\tau_0 - t)^3 dt \quad (4)$$

Анализируя систему твердеющего цемента как объект технологии наномодифицирования, важно специально отметить, что эволюционный маршрут образования и накопления твердой фазы, развиваясь параллельно в приповерхностном и межзерновом объемах, будет находиться в условиях кинетического и диффузионного контроля процесса гидратации и твердения цемента. И эта характерная особенность гидратации и твердения цемента должна учитываться в технологии наномодифицирования структуры. К примеру, результативность введения добавок наномодификаторов с учетом этого будет зависеть от температурных условий осуществления процесса гидратации, поскольку параметры кинетического и диффузионного контроля в значительной мере связаны с температурным фактором. Важно акцентировать внимание на том, что действие фактора введения добавок наномодификаторов и температурного фактора может оказаться в противоречии, если иметь в виду влияние кинетического и диффузионного контроля на развитие гидратации, на ее кинетику. Такое противоречие от влияния этих двух факторов может оцениваться по изменению величины температурного коэффициента скорости гидратации в цементно-водных смесях в присутствии нанодобавок.

В двуединой задаче обеспечения эффективности технологии наномодифицирования систем твердения цемента определяющим является не только вопрос кинетики процесса, но и вопрос регулирования при этом характеристик формируемой структуры цементного камня по его дисперсному и морфологическому составу. Средством такого регулирования, важного с точки зрения критерия R , оказывается изменение дозировки

нанодобавок соответствующего вида, от чего непосредственно зависит мера дифференциации межзернового кристаллизационного объема, в котором возникают частицы новой фазы, на зоны кристаллизации (явления зонирования). Формирование и появление таких зон оказывается следствием влияния активных наноразмерных частиц добавок на энергетическую неравновесность состояния кристаллизационного объема. В целом в вопросе наномодифицирования следует говорить о задаче размерного зонирования и кластеризации кристаллизационного объема продуктов гидратации цемента.

Одновременно с управляемым зонированием и кластеризацией принципиально важным оказывается вопрос возможности регулирования морфологии частиц образующейся твердой фазы как за счет действия и влияния вида нанодобавок, величины их дозировок, так и за счет фактора комплексности состава добавок, когда совместно с наноразмерными частицами используются пластификаторы и суперпластификаторы [9] и когда одновременно реализуются два механизма наномодифицирования. Первый из них связан с действием наночастиц как центров кристаллизации, а второй – с действием поверхностно-активных веществ как регуляторов свойств поверхности частиц цемента и формы частиц возникающих новообразований и развивающихся кристаллов в условиях избирательной адсорбции на них поверхностно-активных веществ.

Обратимся к некоторым количественным интерпретациям пространственно-геометрической обстановки в эволюционном маршруте развития гидратации цемента и структурообразования цементного камня одновременно как результата квазигомогенного и гетерогенного процессов. Расчетный межзерновой объем в исходной системе цемент+вода на начальной стадии процесса гидратации составляет в зависимости от величины В/Ц 44–60% от общего ее объема (табл. 1). При этом расстояние между зернами цемента находится в пределах 0,95–3,32 мкм, и это на 1–2 порядка меньше размера зерна цемента, лежащего в диапазоне 5–60 мкм. Если принять размер диаметра катионов $d(\text{Ca}^{2+}) = 1,04 \cdot 10^{-10}$ м и анионов $d([\text{SiO}_4]^{4-}) = 2,64 \cdot 10^{-10}$ м, то величина межзернового расстояния оказывается больше указанного их размера в 10^3 – 10^4 раз. Из этого следует, что для диффундировавших из приповерхностного в межзерновой объем катионов и анионов последний может считаться квазигомогенным (с точки зрения реализации в нем эволюционного маршрута формирования частиц новой фазы в трактовках И.В. Мелихова).

Можно обратиться к априорной оценке соразмерности частиц продуктов гидратации цемента с геометрическими параметрами межзернового пространства. Если иметь в виду размер кристаллов, например портландита, гидросиликатов кальция величиной 10–100 нм, то в межзерновом размерном интервале может разместиться от 10 до 100 таких кристаллов. Если же в качестве продуктов гидратации цемента иметь в виду и длинномерные кристаллы, например гидросульфаталюминатов кальция или магниевых гидросиликатов, то можно говорить о пересечении ими межзернового пространства как нано- и микроармирующими (самоармирующими по В.В. Тимашеву) элементами (рис. 2).

Диапазон размеров кристаллов, их морфология, размещение их общего количества в межзерновом объеме

Таблица 1

Пространственно-геометрические характеристики исходной системы Ц + В в зависимости от В/Ц и соответствующие им оценки размещения катионов кальция и кремнекислородных анионов в межзерновом размерном интервале

В/Ц	Объем зерен цемента $V_{\text{цп}}$, $\text{м}^3/\text{м}^3$	Объем воды $V_{\text{в}}$, $\text{м}^3/\text{м}^3$	Число зерен цемента $N_{\text{цп}}$, м^3	Межзерновой размерный интервал δ , м	Число укладываемых в межзерновом размерном интервале	
					катионов кальция	кремне-кислородных анионов
0,27	0,56	0,44	$1,33 \cdot 10^{14}$	$0,95 \cdot 10^{-6}$	$9,20 \cdot 10^3$	$3,61 \cdot 10^3$
0,3	0,53	0,47	$1,26 \cdot 10^{14}$	$1,29 \cdot 10^{-6}$	$1,24 \cdot 10^4$	$4,92 \cdot 10^3$
0,35	0,49	0,51	$1,17 \cdot 10^{14}$	$1,84 \cdot 10^{-6}$	$1,77 \cdot 10^4$	$6,94 \cdot 10^3$
0,4	0,46	0,54	$1,09 \cdot 10^{14}$	$2,36 \cdot 10^{-6}$	$2,27 \cdot 10^4$	$8,91 \cdot 10^3$
0,45	0,43	0,57	$1,02 \cdot 10^{14}$	$2,85 \cdot 10^{-6}$	$2,74 \cdot 10^4$	$1,08 \cdot 10^4$
0,5	0,4	0,6	$0,96 \cdot 10^{14}$	$3,32 \cdot 10^{-6}$	$3,19 \cdot 10^4$	$1,26 \cdot 10^4$

Примечание. В расчетах средний размер зерен цемента принят равным $14 \text{ мкм} = 14 \cdot 10^3 \text{ нм}$.

должны рассматриваться в качестве целей и результатов наномодифицирования. В целом наряду с кинетическими эффектами технологиями наномодифицирования структуры твердеющего цемента (оцениваются по критериям E и τ) вторым важным моментом такой технологии оказывается эффективность приемов изменения размера и формы продуктов гидратации, зонирования и кластеризации кристаллизационного объема новообразований (оценивается по критерию R).

В связи с такой постановкой проблемы критериев и условий эффективности технологии наномодифицирования важно коснуться вопроса о возможной дозировке добавок. Для этого требуется исходить из модели физико-химического и соответственно энергетического влияния отдельной наноразмерной частицы на развитие процессов формирования новообразований в окружающем ее объеме системы, наполненной катионами и анионами, диффундирующими из приповерхностных объемов в качестве продуктов диссоциации клинкерных минералов в водной среде. В этой связи можно говорить о нано- и микрообъеме влияния наноразмерной частицы как модификатора кристаллизационного объема. По-видимому, можно представить контактирование таких единичных объемов влияния во всем общем кристаллизационном объеме. Отсюда появляется принципиальная возможность рассчитать необходимое число наночастиц и предположить рациональную дозировку добавки для выполнения этого последнего условия. Однако из-за отсутствия теоретических и фактических данных о нано- и микрообъеме влияния частиц нанодобавок различного вида получить расчетную величину дозировки не представляется возможным. В связи с этим для нахождения рациональной дозировки нанодобавки требуется проведение специальных экспериментов, в которых оценочными критериями приемлемого решения должны выступать E , τ , R .

Основные положения методики экспериментальных исследований условий эффективного наномодифицирования систем твердения цемента и структуры цементного камня

В проведенных авторами экспериментальных исследованиях рассматривались возможность и эффективность использования 12 добавок, относимых [1] по размерному признаку к трем группам: 1 – к группе наноразмерных – это специально синтезированные частицы $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, золи частиц гидроксида алюминия и гидроксида железа, монтмориллонит, цеолит типа NaX, нанотрубки хризотила, углеродные нанотрубки фуллероидного типа; 2 – к группе ультрадисперсных – микрокремнезем (отход ферросплавного производства), углеродные

трубки типа «Астрален–С», отход от сгорания высокоэнергетического топлива; 3 – к группе микродисперсных – природные монтмориллонит, трепел, шунгит.

Мониторинг указанных добавок проводился по влиянию их вида, дозировок, способов введения в цементно-водную суспензию на процессы структурообразования [4, 10–13]. В экспериментах при изменении В/Ц, введенных в ряде случаев суперпластификаторов (С-3 на основе лигносульфоната нафталина; GLENIUM[®] ACE 30 и Sika[®]ViscoCrete[®]20HE на основе поликарбонилатных эфиров; Sikament-FF на основе меламинсульфоната) фиксировали степень гидратации во времени, кинетику набора прочности цементного камня. Исследованию кинетики гидратации и прочности модифицированного цементного камня проводили в сопоставлении с эталонной цементной системой без добавок.

При варьировании дозировки нанодобавок от 1 до 0,0001% от массы цемента показано, что оптимальная ее величина отвечает сотым долям процента [4, 10].

На основе мониторинга выявлена различная мера влияния изученных добавок и установлено, что наиболее эффективными из них можно считать комплексную добавку наночастиц SiO_2 в сочетании с Sika[®]ViscoCrete[®]20HE, а также индивидуальную добавку хризотилового или углеродных нанотрубок.

Далее приводятся экспериментальные данные по применению указанной комплексной (добавка КНД) и добавки углеродных нанотрубок фуллероидного типа марки «Nanosyl-7000», обработанные ультразвуком (добавка УНТ в принятом в статье обозначении) для наномодифицирования структуры цементного камня.

В опытах при получении цементного теста с В/Ц=0,33 использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5 (ГОСТ 31108–2003) и названные нанодобавки с дозировкой 0,01%. Исследования параметров кинетики процесса гидратации цемента проводили в условиях термостатирования при температуре 0; 20; 40; 60°C (соответственно 273; 293; 313; 333 К) с продолжительностью реализации процесса в течение 1, 3, 7, 12 ч; 1, 3, 7, 14, 28 сут. Фазовый состав эталонного и наномодифицированного цементного камня контролировали рентгенодифрактометрическим методом ($\text{CuK}\alpha$ -излучение; $\gamma=1,541788 \text{ \AA}$; дифрактометр ARL X'TRA); обработка дифрактометрических данных осуществлялась автоматически с использованием компьютерной программы PDWin 4.0. Степень гидратации рассчитывали [14] по формуле:

$$C_f(C_3S) = \left(1 - \frac{I_{\text{мод}}}{I_0}\right) \cdot 100\%, \quad (5)$$

где $I_{\text{мод}}$ – интенсивность дифракционного максимума при $d=2,75 \text{ \AA}$ фазы $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S) образцов разного состава по видам добавки, температурным условиям и

Таблица 2

Степень гидратации цемента (в процентах по массе) в зависимости от температуры твердения в условиях наномодифицирования оптимальными дозировками добавок КНД и УНТ

Состав	Степень гидратации цемента (в процентах по массе) для продолжительности процесса								
	1 ч	3 ч	7 ч	12 ч	24 ч	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут
Температура твердения 273 К									
Ц + В	11	12	15	18	20	40	45	48	51
Ц + В + КНД	37	42	54	57	62	67	72	75	78
Ц + В + УНТ	28	33	37	42	49	55	64	69	73
Температура твердения 293 К									
Ц + В	39	41	49	53	55	61	65	68	75
Ц + В + КНД	60	63	69	71	75	81	92	93	93
Ц + В + УНТ	55	60	65	68	70	78	87	88	89
Температура твердения 313 К									
Ц + В	42	48	51	59	68	75	81	83	89
Ц + В + КНД	81	85	88	91	93	95	96	96	97
Ц + В + УНТ	78	79	83	88	91	94	95	96	96
Температура твердения 333 К									
Ц + В	71	75	79	85	91	92	93	95	95
Ц + В + КНД	84	88	91	93	96	96	97	97	98
Ц + В + УНТ	85	87	92	93	95	96	97	97	97

Таблица 3

Кинетические параметры процесса гидратации цемента, модифицированного нанодобавками (при содержании 0,01 % от массы цемента), в зависимости от температуры

Состав	Константа скорости гидратации K_{cp} при температуре твердения				n_{cp}	$E_{акт}$, кДж/моль
	273 К	293 К	313 К	333 К		
Ц + В	17,53	25,4	27,72	31,68	0,13	173,4
Ц + В + КНД	46,53	54,19	56,71	57,19	0,08	61,7
Ц + В + УНТ	42,84	53,55	56	57,29	0,08	76,2

срокам гидратации цемента; I_0 – интенсивность дифракционного максимума при $d=2,75 \text{ \AA}$ фазы $3CaO \cdot SiO_2 (C_3S)$ исходного цемента.

Кинетика гидратации описывались формально-кинетическим уравнением [8, 15]:

$$C_t = (k\tau)^n, \quad (6)$$

где C_t – степень гидратации цемента в г/г к моменту времени τ , ч; k – константа скорости гидратации; n – показатель степени кинетического уравнения.

Опираясь на уравнение (6), для всех указанных выше условий получали изотермы степени гидратации и на их основе вычисляли n_{cp} . С учетом этой величины из логарифмического уравнения:

$$\ln(C_t) = n_{cp} \cdot \ln(k_{cp}) + n_{cp} \cdot \ln(\tau) \quad (7)$$

определяли $\ln(k_{cp})$ для каждой из температур и далее рассматривали аррениусовскую зависимость $\ln k_{cp} = f(1/T)$, по которой расчетом находили эффективную энергию активации (ЭЭА) как показателя, характеризующего энергетику развития процесса гидратации в условиях применения добавок наномодификаторов структурообразования.

Для получения вывода о лимитирующих кинетической или диффузионной составляющих процесса гидратации цемента определяли температурные коэффициенты ее скорости. При этом вычисление вели по правилу Вант-Гоффа с использованием полученных для разных составов кинетических зависимостей степени гидратации цемента от температуры.

Предел прочности при сжатии цементного камня определяли через 1, 3, 7, 14, 28 сут твердения в нормальных условиях; испытания образцов размером $5 \times 5 \times 5$ см вели на испытательной системе INSTRON Sates 1500HDS; для обеспечения статистической достоверности результатов физико-механических испытаний количество образцов в сериях составляло от 9 до 12. Определено, что внутрисерийный коэффициент изменчивости результатов оценки прочности не превышал 7–10%.

Обсуждение результатов экспериментальных исследований кинетики гидратации цемента в условиях наномодифицирования

Основная проблема обеспечения условий эффективного развития процесса гидратации цемента по критериям E и τ при наномодифицировании в определяющей мере состоит в оптимальном сочетании кинетической и диффузионной составляющих структурообразования. Кинетическая составляющая контролирует эволюционный маршрут образования твердой фазы при гидратации цемента по возможности реализации всех явлений (стадий, переходов и т. п.) зарождения частиц новой фазы и их развития [1]; диффузионная составляющая, действующая в противовес кинетической, контролирует динамику явлений эволюционного маршрута. При оптимальном сочетании этих видов контроля возможно обеспечить минимизацию энергоемкости формирования цементующей связки и продолжительности технологического процесса твердения.

Основанием для нижеследующих выводов об энергетической эффективности наномодифицирования являются полученные авторами результаты по изменению скорости, температурного коэффициента скорости, эффективной энергии активации процесса гидратации

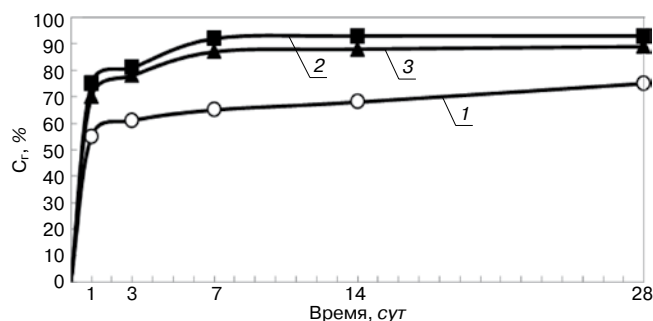


Рис. 3. Кинетика степени гидратации цемента при температуре 293 К в условиях наномодифицирования: 1 – смесь Ц + В бездобавочная; 2 – смесь Ц + В + КНД; 3 – смесь Ц + В + УНТ

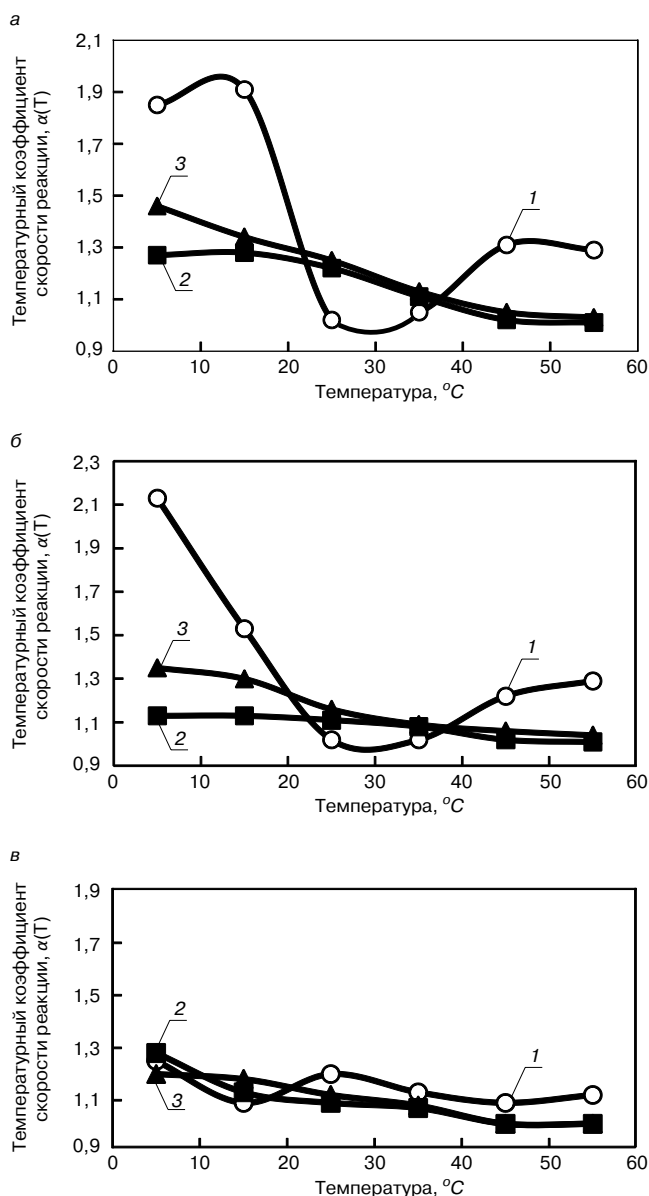


Рис. 4. Температурный коэффициент скорости гидратации цемента в условиях модифицирования процесса нанодобавками: а – 1 ч; б – 7 ч; в – 72 ч; 1 – Ц + В; 2 – Ц + В + КНД; 3 – Ц + В + УНТ; дозировка наномодификатора 0,01% от массы цемента

цемента под влиянием факторов введения нанодобавок и изменения температурных условий, представленные в табл. 2–4 и на рис. 3–4.

Обобщение экспериментальных данных показывает, что в системах с наномодифицирующими добавками процесс гидратации цемента существенно (табл. 2) ускоряется: к суточной продолжительности твердения при 20°C (293 К) степень гидратации достигает значений не менее 70–75%. Такой результат для эталонной бездобавочной системы фиксируется только к 28 сут (рис. 3). И таким образом, в данном примере имеет место ускорение гидратации по критерию τ почти в 30 раз.

Эффект ускоряющего действия добавок справедлив для всех вариантов составов и температурных условий гидратации, отличаясь, однако, по величине и срокам достижения предельных значений степени гидратации. Для вариантов пониженной температуры (0°C; 273 К) степень гидратации 70–75% достигается к 7 сут, если применяется добавка КНД, и к 14 сут, если используется добавка УНТ. При этом в бездобавочной системе такая величина степени гидратации не достигается вообще. К 28 сут она составляет только 50% от возможной максимальной величины.

Для вариантов повышенной температуры (40–60°C; 303–333 К) в системах с рассматриваемыми нанодобавками степень гидратации уже к продолжительности твердения 1 ч достигает 80–85%; к 7 ч она составляет 90%, а к 1-м сут – до 95%. Из этих данных можно сделать выводы: во-первых, в присутствии нанодобавок основная часть эволюционного маршрута гидратации цемента реализуется практически в течение первого часа; во-вторых, полная гидратация цемента может завершиться в течение уже первых суток.

Эффекты такого ускорения гидратации объясняются достигаемым снижением эффективной энергии активации процесса в условиях наномодифицирования: величина эффективной энергии активации, необходимой для запуска процесса, уменьшается 2,3–2,8 раза по сравнению с эталонной бездобавочной системой (табл. 3).

Уместно подчеркнуть, что полученное в экспериментах наименьшее значение величины ЭЭА (61,7 кДж/моль) отвечает варианту применения комплексной модифицирующей добавки на основе наноразмерных частиц SiO_2 в сочетании с суперпластификатором. Объясняется это тем, что в отличие от углеродных нанотрубок наночастицы SiO_2 имеют родственное минеральным фазам новообразований твердеющего цемента кристаллохимическое строение, облегчающее образование молекулярных кластеров и зародышей на наночастицах SiO_2 как активных центрах кристаллизации. Обратим здесь внимание на то, что ускоряющая роль добавки КНД имеет место, несмотря на то что присутствующее в комплексной добавке поверхностно-активное вещество, как известно, замедляет гидратационные процессы.

Анализируя результаты кинетических исследований, необходимо обратиться к вопросу о целесообразности сочетания фактора введения добавок наномодификаторов с температурным фактором ускорения процесса гидратации цемента. И в этой связи обсудим полученные данные о величинах температурного коэффициента скорости реакции (табл. 4, рис. 4).

Только для эталонной бездобавочной системы при пониженной температуре осуществления процесса гидратации реализуется ситуация действия кинетического его контроля. Действительно, температурный коэффициент скорости реакции, вплоть до продолжительности гидратации 1 сут, имеет величину, близкую к 2 ($\alpha(T)=1,85\text{--}2,25$). Но уже к продолжительности 3 сут

Температурный коэффициент $\alpha(T)$ скорости гидратации цемента в условиях модифицирования процесса нанодобавками

Состав	Температурный коэффициент скорости реакции при температуре					
	273–283 К	283–293 К	293–303 К	303–313 К	313–323 К	323–333 К
Для времени гидратации 1 ч						
Ц + В	1,85	1,91	1,02	1,05	1,31	1,29
Ц + В + КНД	1,27	1,28	1,22	1,11	1,02	1,01
Ц + В + УНТ	1,46	1,34	1,25	1,13	1,05	1,03
Для времени гидратации 3 ч						
Ц + В	2,25	1,52	1,09	1,06	1,25	1,25
Ц + В + КНД	1,23	1,21	1,19	1,13	1,02	1,01
Ц + В + УНТ	1,36	1,33	1,15	1,14	1,06	1,03
Для времени гидратации 7 ч						
Ц + В	2,13	1,53	1,02	1,02	1,22	1,29
Ц + В + КНД	1,13	1,13	1,11	1,08	1,02	1,01
Ц + В + УНТ	1,35	1,3	1,16	1,09	1,06	1,04
Для времени гидратации 12 ч						
Ц + В	1,95	1,51	1,07	1,03	1,32	1,21
Ц + В + КНД	1,11	1,12	1,14	1,12	1,01	1,01
Ц + В + УНТ	1,26	1,3	1,17	1,1	1,04	1,01
Для времени гидратации 1 сут						
Ц + В	1,91	1,45	1,05	1,07	1,15	1,16
Ц + В + КНД	1,09	1,1	1,13	1,09	1,02	1,01
Ц + В + УНТ	1,22	1,17	1,14	1,13	1,02	1,02
Для времени гидратации 3 сут						
Ц + В	1,25	1,09	1,2	1,13	1,09	1,12
Ц + В + КНД	1,28	1,13	1,09	1,07	1,01	1,01
Ц + В + УНТ	1,2	1,18	1,12	1,08	1,01	1,01
Для времени гидратации 7 сут						
Ц + В	1,21	1,2	1,12	1,11	1,05	1,08
Ц + В + КНД	1,2	1,12	1,03	1,02	1,01	1,01
Ц + В + УНТ	1,14	1,19	1,07	1,02	1,01	1,01
Для времени гидратации 14 сут						
Ц + В	1,23	1,17	1,1	1,11	1,05	1,09
Ц + В + КНД	1,15	1,12	1,03	1,01	1,01	1,01
Ц + В + УНТ	1,13	1,12	1,05	1,03	1,01	1,01
Для времени гидратации 28 сут						
Ц + В	1,22	1,2	1,11	1,09	1,03	1,04
Ц + В + КНД	1,09	1,09	1,02	1,02	1,01	1,01
Ц + В + УНТ	1,09	1,11	1,05	1,02	1,01	1,01

коэффициент $\alpha(T)$ снижается до значений 1,25 и в последующем (для продолжительности 7, 14, 28 сут) остается на указанном уровне. Это свидетельствует о переходе процесса в область диффузионного контроля, что и объясняет относительно низкие (в пределе около 50%) значения степени гидратации, фиксируемые для эталонной системы (табл. 3).

Применение наномодифицирующих добавок принципиально меняет кинетическую картину процесса. Он ускоряется настолько, что даже при пониженной температуре уже в первый час переходит (табл. 5, рис. 4) в область смешанного (для добавки УНТ $\alpha(T)=1,46$) и диффузионного (для добавки КНД $\alpha(T)=1,27$) контроля. Явление перехода кинетики процесса из области кинетического контроля в диффузионную область в систе-

мах с нанодобавками наблюдается в существенно более ранние сроки, чем в эталонной системе.

В совокупном действии факторов введения нанодобавок и температурных условий проявление первого фактора оказывается заметно более сильным. Поэтому применение технологий, предусматривающих подъем температуры твердения цемента свыше 30°C, оказывается неактуальным, более того, неприемлемым. Действительно, для всех систем с добавками повышение температуры приводит к снижению коэффициента $\alpha(T)$ до значений 1–1,1, т. е. к переходу процесса гидратации в область жесткого диффузионного контроля.

В отличие от этого для эталонной бездобавочной системы повышение температуры оказывается положительным фактором для кинетики процесса. В данном

Критерии и коэффициенты эффективности наномодифицирования систем твердения цемента при введении добавок КНД и УНТ

Критерии и коэффициенты эффективности	Показатели для составов		
	Ц + В	Ц + В + КНД	Ц + В + УНТ
Эффективная энергия активации процесса гидратации E_a , кДж/моль	173,4	61,7	76,2
Коэффициент эффективности наномодифицирования по снижению эффективной энергии активации, отн. ед.	–	2,8	2,3
Время достижения 75-и %-й степени гидратации цемента в нормальных условиях твердения $C_t(\tau)$, сут	28	1	3
Коэффициент эффективности наномодифицирования по ускорению гидратации, крат.	–	28–30	9–10
Удельная прочность цементного камня $R(\tau)/C_t(\tau)$, МПа:			
– в возрасте 1 сут	31	83	34
– в возрасте 7 сут	58	74	62
– в возрасте 28 сут	72	98	90
Коэффициент эффективности наномодифицирования по повышению удельной прочности, отн. ед.:			
– в возрасте 1 сут	–	2,67	1,09
– в возрасте 7 сут	–	1,28	1,07
– в возрасте 28 сут	–	1,36	1,25
Достижимая максимальная прочность $R(\tau=28 \text{ сут})$ в нормальных условиях твердения, МПа	55	90	80
Коэффициент эффективности наномодифицирования по повышению прочности $R(\tau=28 \text{ сут})$, отн. ед.	–	1,64	1,45
Время достижения 70% прочности в нормальных условиях твердения, сут	7	1	7
Коэффициент эффективности по сокращению продолжительности достижения 70% прочности, крат.	–	7	1

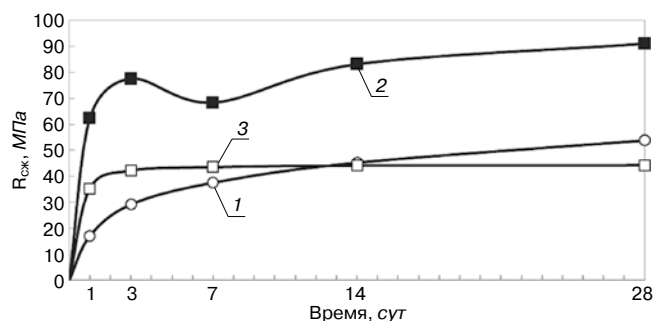


Рис. 5. Кинетика набора прочности цементного камня в условиях наномодифицирования при введении комплексной добавки на основе наночастиц SiO_2 : 1 – Ц + В; 2 – Ц + В + КНД при содержании добавки 0,01%; 3 – Ц + В + КНД при содержании 1%

случае можно говорить о явлении так называемого температурного пробоя, когда ускоряется диффузия анионов и катионов в межзерновой объем через приповерхностный, слой экранирующий поверхность зерен цемента. По этой причине при пониженной температуре развитие процесса из области диффузионного контроля может переходить в область смешанного контроля (коэффициент $\alpha(T)$ повышается с 1–1,05 до 1,3).

Итак, показано, что применение наномодифицирующих добавок сопровождается изменением параметров развития процесса гидратации цемента с точки зрения его кинетики и энергетики. Результат возможного сокращения времени гидратации τ оказывается следствием ускорения реакций по причине существенного понижения их эффективной энергии активации.

К выбору температурных режимов ускорения твердения цемента в условиях применения нанодобавок требуется подходить с учетом неоднозначного и противоречивого совместного действия этих факторов в области повышенной температуры. Напротив, в области пониженной, а возможно, и отрицательной температуры

применение нанодобавок представляется весьма эффективным, обеспечивающим высокий температурный коэффициент скорости реакции, характерный для развития процесса гидратации в кинетической области.

Обсуждение результатов экспериментальных исследований кинетики прочности цементного камня в условиях наномодифицирования его структуры

При модифицировании структуры цементного камня нанодобавками определяющим в эффективности этого может быть не только изменение параметров и показателей кинетики гидратации (эффективной энергии активации, скорости гидратации, температурного коэффициента скорости реакции, степени гидратации и времени завершения процесса по степени гидратации), но и изменение параметров и показателей кинетики прочности (скорости набора прочности, продолжительности достижения отпускных и достигаемых предельных значений прочности цементного камня). Исходя из этого эффективность наномодифицирования систем твердения цемента и структуры цементного камня требуется оценивать одновременно (и это уже отмечалось) и по критерию сопротивления его разрушению [16]. Именно в этой связи важно было проанализировать кинетику прочности в соотношении с видом и дозировкой нанодобавок.

В экспериментах при оценке влияния наномодифицирования структуры на прочность исследованы указанные выше добавки (КНД и УНТ) в дозировках 0,01% и 1% от массы цемента.

Из рис. 5, отражающего механизм действия добавок на кинетику прочности, следует вывод об ускорении набора прочности цементного камня при использовании минимальной и максимальной дозы добавок.

В случае применения комплексной добавки наночастиц SiO_2 в сочетании с суперпластификатором близкие к предельным значения прочности достигаются для со-

ставов с разной дозировкой к 3-м сут твердения. Применение этой комплексной добавки позволяет обеспечить 70% прочности от значений, достигаемых к 28 сут, в течение 1 сут. Для варианта дозировки добавки 0,01% отмечается повышение предельных значений прочности до 90 МПа против 50 МПа у эталонной системы. Такое различие объясняется модифицирующим влиянием добавки на дисперсный и морфологический состав новообразований цементного камня, которые приобретают нанодисперсное и скрытокристаллическое состояние. Именно это в соответствии с известной теорией «мелкого зерна» П.А. Ребиндера и закономерностью Холла–Петча [17] и предопределяет более высокое сопротивление модифицированной структуры разрушению [18].

Аналогичная ситуация при применении добавки углеродных нанотрубок в дозировке 0,01%. Однако кинетика прочности в данном варианте наномодифицирования заметно отличается тем, что в ранние сроки твердения набор прочности проходит медленнее: достижение 70% прочности от значений ее в 28-суточном возрасте обеспечивается в данном варианте за 7 сут, а в течение 1-х сут цементный камень набирает только 20%. Другое отличие касается и предельно достигаемого значения прочности, которое составляет 80 МПа.

Из этих данных можно говорить о том, что введение добавки углеродных нанотрубок менее эффективно в сравнении с добавкой наноразмерных частиц SiO₂, и прежде всего по кинетическим показателям набора прочности при твердении.

По результатам экспериментов следует специально остановиться на вопросе кинетики прочности для вариантов с дозировкой добавок 1% от массы цемента. При такой концентрации также отмечается ускоренное нарастание прочности в начальные (1–3 сут) сроки твердения, однако в последующие сроки никакого приращения прочности не отмечается и она остается на уровне 35–40 МПа, что ниже значений для бездобавочного состава. Можно полагать, что при повышенной дозировке происходит так называемое «отравление» системы, когда чрезмерно ускоренная гидратация цемента и кристаллизация новообразований приводят к развитию саморазрушающего кристаллизационного давления. Это действительно так: в наших опытах, предусматривавших введение 5%-й дозы добавки наночастиц SiO₂, наблюдалось саморазрушение образцов цементного камня уже после первых суток твердения в нормальных температурно-влажностных условиях. Данные экспериментальные факты подтверждают актуальность проблемы оптимизации дозировок добавок, рекомендуемых в технологиях наномодифицирования структуры цементного камня.

Таким образом, показано, что эффект наномодифицирования цементного камня в отношении *R* заключается в том, что он быстрее упрочняется в ранние сроки структурообразования и становится более прочным при завершении процесса твердения. И это является основанием для сокращения в целом сроков твердения и отката от тепловой обработки твердеющего цемента.

Заключение

Оценивая эффективность наномодифицирования, необходимо анализировать критериальные характеристики, интегрирующие в «привязке» к условиям наномодифицирования (к виду и дозировке добавки, к продолжительности процесса твердения, к температуре его протекания) меру достигаемых изменений кинетических параметров протекания гидратации и твердения цемента и связанных с ними критериев *E*, *τ*, *R*. При этом потребуются ввести соответствующие сопоставительные

показатели эффективности в виде коэффициентов. Обработка полученных экспериментальных данных на принципе их интегрирования (табл. 5) приводит к следующим выводам:

- введение в цементно-водную систему наномодифицирующих добавок изменяет кинетические параметры развития эволюционного маршрута и ускоряет гидратацию цемента в 10–30 раз, что объясняется снижением энергии активации процесса практически в 2–3 раза;

- имеющее место модифицирование структуры цементного камня по дисперсности и морфологии новообразований сопровождается повышением величины прочности в 28-суточном возрасте на 45–65% в зависимости от вида добавки (при их дозировке 0,01% от массы цемента);

- применение добавок на основе наночастиц SiO₂, родственных по кристаллохимическому строению минералам новообразований цементного камня, обеспечивает завершение процесса твердения практически в первые сутки;

- коэффициент эффективности наномодифицирования по повышению удельной прочности цементного камня (то есть по показателю эффективности реализации потенциала активности цемента при синтезе прочности в условиях применения нанодобавок), т. е. в первые сутки твердения в 2,5 раза выше для добавки КНД по сравнению с добавкой УНТ;

- в «зрелом» 28-суточном возрасте величина коэффициента эффективности наномодифицирования по повышению удельной прочности цементного камня составляет 1,36 для добавки КНД и 1,25 для добавки УНТ, и это показывает, что влияние наномодифицирования введением добавок целесообразно оценивать не только в первые сроки, когда проявляется ускоряющее их действие на параметры кинетики гидратации и соответственно на количественные накопления фазы новообразований, но и в нормативные сроки (28 сут), когда в полной мере начинают проявлять себя качественные характеристики продуктов гидратации цемента;

- действие добавок на основе углеродных нанотрубок заметно менее эффективно по коэффициентам ускорения гидратации, набора прочности при твердении, повышения достигаемых максимальных значений прочности цементного камня, повышения удельной его прочности, т. е. по реализации потенциала активности цемента при синтезе прочности.

Список литературы

1. Артамонова О.В., Чернышов Е.М. Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 1: Общие проблемы фундаментальности, основные направления исследований и разработок // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 82–95.
2. Чернышов Е.М., Артамонова О.В., Славчева Г.С. Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 2: К проблеме концептуальных моделей наномодифицирования структуры // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 73–84.
3. Артамонова О.В., Коротких Д.Н., Чернышов Е.М. Формирование структуры и управление прочностными свойствами в гидросиликатных системах, модифицированных ультра- и наноразмерными частицами. *Деформация и разрушение материалов: Сборник трудов Первой международной конференции*. Москва. 2006. С. 514–516.
4. Артамонова О.В., Кукина О.Б., Солохин М.А. Исследование структуры и свойств цементного кам-

- ня, модифицированного комплексной нанодобавкой // *Деформация и разрушение материалов*. 2014. № 11. С. 18–22.
5. Помазков В.В. Вопросы кинетики гидратации минеральных вяжущих веществ. *Исследования по цементным и силикатным бетонам. Тр. пробл. лаб., вып. 7*. 1964. Воронеж. С. 5–21.
 6. Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 309 с.
 7. Эйринг Г., Лин С.Г., Лин С.М. Основы химической кинетики. М.: Мир, 1983. 527 с.
 8. Третьяков Ю. Д., Путляев В.И. Введение в химию твердофазных материалов. М.: МГУ, 2006. 400 с.
 9. Lothenbach B., Winnefeld F., Figi R. The influence of superplasticizers on the hydration of Portland cement. *Proceedings of the 12th International Congress on the Chemistry of Cement*. Montreal. 2007, pp. 211–233.
 10. Артамонова О.В., Кукина О.Б. Исследование кинетики набора прочности модифицированного цементного камня // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения*. 2014. № 2 (9). С. 83–93.
 11. Артамонова О.В., Сергуткина О.Р., Останкова И.В., Шведова М.А. Синтез нанодисперсного модификатора на основе SiO₂ для цементных композитов // *Конденсированные среды и межфазные границы*. 2014. Том 16. № 1. С. 152–162.
 12. Артамонова О.В. Исследование процессов структурообразования в цементных системах, модифицированных нанотрубками хризотила // *Вестник Центрального территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук*. 2015. Выпуск 14. С. 154–162.
 13. Artamonova O.V., Sergutkina O.R., Shvedova M.A. Synthesis of complex additives based on SiO₂ nanoparticles to modify of cement stone. *International Conference «Functional Materials». ICFM'2013. Ukraine*. 2013, p. 428.
 14. Теория цемента / Под ред. А.А. Пашенко. Киев: Будівельник, 1991. 168 с.
 15. Vest A. Химия твердого тела. Теория и приложения в 2 ч. Ч. 1, 2 / Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 336 с.
 16. Чернышов Е.М., Славчева Г.С., Артамонова О.В. К концептуальным моделям управления сопротивлением разрушения наномодифицированных структур конгломератных строительных композитов // *Известия КГАСУ*. 2014. № 3 (29). С. 156–161.
 17. Армстронг Р.В. Прочностные свойства металлов со сверхмелким зерном. Сверхмелкое зерно в металлах: Сб. статей / Пер. с англ. В.В. Романеева, А.А. Григорьяна. М.: Металлургия, 1973. С. 11–40.
 18. Щуров А.Ф. Дисперсная структура и прочность гидросиликатов кальция // *Гидросиликаты и их применение. Тез. докл. Всесоюзного семинара*. Каунас, 1980. С. 159–161.
- References**
1. Artamonova O.V., Chernyshov E.M. Conceptions and bases of nano-modification technologies of building composites structures. Part 1. General problems of fundamentality, main direction of investigations and developments. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 7, pp. 82–95. (In Russian).
 2. Chernyshov E.M., Artamonova O.V., Slavcheva G.S. Concepts and bases of technologies of nanomodification of building composite structures. Part 2. of the problem of conceptual models of nanomodification of the structure. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 73–84. (In Russian).
 3. Artamonova O.V., Korotkikh D.N., Chernyshev E.M. Formation of the structure and management of the strength properties of modified systems in hydrosilicate ultra- and nano-sized particles. *Deformation and fracture of materials: Proceedings of the First International Conference*. Moscow. 2006, pp. 514–516. (In Russian).
 4. Artamonova O.V., Kukina O.B., Solokhin M.A. Investigation of the structure and properties of cement paste, modified complex nano-additive. *Deformacija i razrushenie materialov*. 2014. No. 11, pp. 18–22. (In Russian).
 5. Pomazkov V.V. Questions hydration kinetics of mineral binders. Research on cement and silicate concrete. *Tr. probl. Lab., vol. 7. Voronezh*. 1964, pp. 5–21. (In Russian).
 6. Melihov I.V. Fiziko-himicheskaja jevoljucija tverdogo veshhestva [Physico-chemical evolution of the solid]. Moscow: BINOM. Laboratorija znaniy. 2009. 309 p.
 7. Eiring G., Lin S.G., Lin S.M. Osnovy khimicheskoi kinetiki [Fundamentals of chemical kinetics]. Moscow: Mir. 1983. 527 p.
 8. Tretyakov Y.D., Putlyaev V.I. Vvedenie v khimiyu tverdogofaznykh materialov [Introduction to the chemistry of solid-phase materials]. Moscow: MGU. 2006. 400 p.
 9. Lothenbach B., Winnefeld F., Figi R. The influence of superplasticizers on the hydration of Portland cement. *Proceedings of the 12th International Congress on the Chemistry of Cement*. Montreal. 2007. pp. 211–233.
 10. Artamonova O.V., Kukina O.B. A study of the kinetics of curing modified cement stone. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Fiziko-himicheskie problemy i vysokie tehnologii stroitel'nogo materialovedeniya*. 2014. No. 2 (9), pp. 83–93. (In Russian).
 11. Artamonova O.V., Sergutkina O.R., Ostanokova I.V., Shvedova M.A. Synthesis of nanoparticulate modifier based on SiO₂ cement composites. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granicy*. 2014. Vol. 16. No. 1, pp. 152–162. (In Russian).
 12. Artamonova O.V. Investigation of the processes of structure formation in cement systems modified nanotubes of chrysotile. *Vestnik Central'nogo territorial'nogo otdeleniya Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk*. 2015. Vol. 14, pp. 154–162. (In Russian).
 13. Artamonova O.V., Sergutkina O.R., Shvedova M.A. Synthesis of complex additives based on SiO₂ nanoparticles to modify of cement stone. *International Conference «Functional Materials». ICFM'2013. Ukraine*. 2013, p. 428.
 14. Teoriya cementa [Theory of cement] Ed. by A.A. Pashenko. Kiev: Budivel'nik, 1991. 168 p.
 15. Vest A. Khimiya tverdogo tela. Teoriya i prilozheniya v 2-kh ch. Ch. 1, 2 [Solid State Chemistry. Theory and Applications in 2 parts. Part 1, 2]. Moscow: Mir. 1988. 336 p.
 16. Chernyshev E.M., Slavcheva G.S., Artamonova O.V. By conceptual models management breaking strength of the nanomodified structures conglomerate building composites. *Izvestija KGASU*. 2014. No. 3 (29), pp. 156–161. (In Russian).
 17. Armstrong R.V. Mechanical properties of metals with ultrafine grain. Ultrafine grains in metals. *Collection of articles, translated from English by V.V. Romaneeva, A.A. Grigor'yana*. Metallurgiya. Moscow. 1973, pp. 11–40. (In Russian).
 18. Shchurov A.F. Disperse structure and strength of hydrated silicates of calcium. Silicate and its application. *Abstracts of the All-Union seminar*. Kaunas. 1980, pp. 159–161. (In Russian).

К.А. САРАЙКИНА¹, магистр (Ksenya_s2004@mail.ru),
В.А. ГОЛУБЕВ¹, канд. техн. наук (Golubev_va@cems.pstu.ru);
Г.И. ЯКОВЛЕВ², д-р техн. наук (jakowlew@udm.net);
Г.Д. ФЕДОРОВА³, канд. техн. наук (fedorovagd@mail.ru), Г.Н. АЛЕКСАНДРОВ³, инженер;
Т.А. ПЛЕХАНОВА², канд. техн. наук (tat-plekhanova@yandex.ru), И.Г. ДУЛЕСОВА², инженер

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29)

² Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7)

³ Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова (677000, г. Якутск, ул. Кулаковского, 50)

Модификация базальтофибробетона нанодисперсными системами

Управление структурообразованием цементных систем может быть обеспечено введением нанодисперсных компонентов, что подтверждается исследованиями различных ученых. Однако эффект их применения в базальтофибробетонах на сегодняшний день изучен недостаточно. В статье приводятся результаты исследования модификации базальтофибробетона различными нано- и ультрадисперсными добавками на основе углерода. По результатам исследований установлено, что за счет введения дисперсии многослойных углеродных нанотрубок появляется возможность избирательной дифференциации состава новообразований по поверхности базальтовых волокон, обеспечивающего повышение адгезии в граничных слоях системы, способствующее значительному росту прочностных показателей модифицированных образцов базальтофибробетона. А при модификации базальтофибробетона дисперсией сажи происходит образование частично закристаллизованных тоберморитоподобных гидросиликатов кальция в структуре, также уплотняющих контактную зону армирующих волокон и цементной матрицы. На основании результатов проведенных исследований можно говорить о структурной модификации базальтофибробетона нано- и ультрадисперсными углеродсодержащими системами, интенсификации процесса гидратации портландцемента и уплотнении цементной матрицы на границе с поверхностью базальтового волокна.

Ключевые слова: базальтофибробетон, модификация, нанотрубки, сажа, структурирование.

K.A. SARAYKINA¹, Master (Ksenya_s2004@mail.ru), V.A. GOLUBEV¹, Candidate of Sciences (Engineering) (Golubev_va@cems.pstu.ru);
G.I. YAKOVLEV², Doctor of Sciences (Engineering) (jakowlew@udm.net); G.D. FEDOROVA³, Candidate of Sciences (Engineering) (fedorovagd@mail.ru),
G.N. ALEKSANDROV³, Engineer; T.A. PLEKHANOVA², Candidate of Sciences (Engineering) (tat-plekhanova@yandex.ru), I.G. DULESOVA², Engineer

¹ Perm State National Research Polytechnic University (29, Komsomolskiy Avenue, Perm, 614990, Russian Federation)

² Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov (7, Studencheskaya Street, Izhevsk, 426069, Russian Federation)

³ North-Eastern Federal University in Yakutsk (50, Kulakovskogo Street, Yakutsk, 677000, Russian Federation)

Modification of Basaltfiberconcrete by Nanodispersed System

Management of cement systems structure formation can be achieved by introducing nano-dispersed components, which is supported by studies of various scientists. However, the effect of their use in basaltfiberconcrete to date has not been studied. The article presents the results of research modification basaltfiberconcrete various nano- and ultradisperse carbon-based additives. According to the research found that by the introduction of multi-walled carbon nanotube dispersion is possible to differentiate the composition of the electoral of tumors on the surface of basalt fibers, providing increased adhesion in the boundary layers of the system, contributing to a significant increase in strength characteristics of modified basaltfiberconcrete samples. A modification at basaltfiberconcrete by soot dispersion is formed partially crystallized calcium hydrosilicate tobermorit structure, also sealing the contact zone of reinforcing fibers and a cement matrix. Based on the results of the research we can talk about structural modification of basaltfiberconcrete by nano- and ultradisperse carbon-containing systems, intensifying the process of hydration of Portland cement matrix and the seal on the border with the surface of basalt fiber.

Keywords: basaltfiberconcrete, modification, multi-walled carbon nanotube, soot, structural.

На сегодняшний день большая часть строительных работ ведется с применением бетона. Несмотря на ряд неоспоримых достоинств и широкое применение, неармированные бетоны характеризуются относительно невысокой трещиностойкостью изделий из них. Традиционно эта проблема решается армированием бетона стальной арматурой в виде отдельных стержней, сеток и каркасов [1]. Однако условия эксплуатации и экономические соображения часто диктуют необходимость замены металлической арматуры на неметаллическую, что значительно снижает вес конструкций и улучшает другие характеристики (стойкость к кислотной и электрохимической коррозии, немагнитность, диэлектрические свойства и др.). При этом дисперсное армирование неметаллическими волокнами позволяет изготавливать конструкции сложной конфигурации, повышает пластичность бетонной массы и уменьшает образование усадочных трещин.

Перспективность использования в бетонах неметаллических волокон в качестве дисперсного армирования подтверждена исследованиями, выполненными различными отечественными и зарубежными учеными

To date, most part construction work is carried out using concrete. Despite a number of undeniable advantages and wide application, non-reinforced concrete are characterized by relatively low crack resistance of these products. Conventionally, this problem is solved by steel rebar reinforced concrete to form individual rods, meshes and scaffolds [1]. However, operating conditions and economic considerations frequently dictate the need for replacement of metallic reinforcing elements non-metallic, which significantly reduces the construction weight and improves other structural characteristics (acid resistance and electrochemical corrosion, non-magnetic, dielectric properties and others.). This particulate nonmetallic reinforcement by fibers allows to make the construction of complex configuration, increases the plasticity of the concrete mass and reduces the formation of shrinkage cracks.

The prospect of the use of non-metallic fibers in concrete as particulate reinforcement is confirmed by studies carried out by various national and foreign scientists of the Institute of Materials, Academy of Sciences of Ukraine, NIIZhB, TsNIIPromzdany, LatNIInstroitelstva, ArmNIIS and others. They show the fundamental possibility of the use of basalt fibers to improve the performance and physical and mechanical properties of concrete [2].

Института материаловедения АН Украины, НИИЖБ, ЦНИИПромзданий, ЛатНИИСтроительства, АрмНИИС и др. Показана принципиальная возможность применения базальтовых волокон для улучшения эксплуатационных и физико-механических свойств бетона [2].

Однако массовое применение базальтофибробетон (БФБ) в строительстве сдерживается недостаточной изученностью их долговечности, износостойкости и эксплуатационной пригодности в различных условиях эксплуатации. Также основным препятствием для широкого внедрения этого материала является неоднозначность результатов исследований стойкости базальтового волокна в цементных матрицах: по данным исследований некоторых ученых, его прочность в цементных бетонах не изменяется в течение всего срока эксплуатации, по другим – базальтовое волокно разрушается в цементном камне в течение трех лет. Тем не менее нельзя недооценивать химические процессы, протекающие в базальтофибробетоне в период его интенсивной эксплуатации [3].

Противоречивость результатов исследований может быть связана с использованием различных экспериментальных моделей при изучении данного вопроса, отличием в химических составах базальтовых волокон и типах применяемых цементов. Следует отметить, что процесс формирования новообразований на поверхности базальтового волокна при его взаимодействии с цементом имеет неконтролируемый характер.

Управление структурообразованием цементных систем может быть обеспечено введением нанодисперсных компонентов, что подтверждается различными исследованиями [4–7 и др.]. Однако эффект их применения в базальтофибробетонах на сегодняшний день изучен недостаточно.

При оценке возможности направленного управления структурообразованием в контактной зоне базальтового волокна – цементная матрица авторами были исследованы различные виды нанодисперсных систем. На первом этапе исследования была применена дисперсия многослойных углеродных нанотрубок, содержащая 2% МУНТ, разработанная сотрудниками Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова и производимая в промышленных масштабах ООО «Новый дом» (г. Ижевск) под торговой маркой Ful Vec.

Для сравнительной оценки эффекта модифицирования базальтофибробетона дисперсией МУНТ были изготовлены серии образцов следующих составов: контрольный цементно-песчаный раствор; цементно-песчаный раствор, модифицированный дисперсией Ful Vec; базальтофибробетон, модифицированный дисперсией МУНТ. В исследованиях была принята дозировка нанотрубок, рекомендуемая производителем, в количестве 0,005% от массы цемента; содержание базальтового волокна составляло 0,4% от массы цемента (оптимальная дозировка базальтовой фибры согласно литературным данным). После проведения тепловлажностной обработки были определены физико-механические пока-

However, massive application basaltfiberconcrete (BFC) in the construction of constrained insufficient knowledge of its longevity, durability and serviceability in various operating conditions. It is also the main obstacle to the widespread introduction of this material is the ambiguity of the results of studies of basalt fiber resistance in cement matrices, according to research of some scientists its strength in cement concrete does not change during the entire period of operation, according to others – basalt fiber is destroyed in the cement stone for 3 years. Nevertheless, one should not underestimate the chemical processes occurring in basaltfiberconcrete during its intensive use [3].

The contradictory results of research may be associated with the use of different experimental models in the study of this issue, the differences in the chemical compositions of basalt fibers and types of cement used. It should be noted that the formation of tumors on the surface of the basalt fiber due to its interaction with cement is uncontrollable.

Control structurization cement systems may be provided by introducing nanosized components, as evidenced by various studies [4–7, etc.]. However, the effect of their use in basaltfiberconcrete to date insufficiently studied.

In the research of the possibility of directional control structure formation in the contact zone “basalt fiber – cement matrix” we investigated different types of nano-dispersed systems. In the first stage of research was applied dispersion of multilayer carbon nanotubes, containing 2% MWCNTs, developed by employees of the Kalashnikov Izhevsk State Technical University and produced on an industrial scale of “Noviy dom” OOO (Izhevsk) under the brand name Ful Vec.

To compare the effect of basaltfiberconcrete modification dispersion of MWNTs were produced series of samples the following compositions: a control cement-sand mortar; cement-sand mortar, modified dispersion Ful Vec; basaltfiberconcrete modified dispersion of MWNTs. The research has been accepted dose nanotubes recommended by the manufacturer, in an amount of 0,005% by weight of cement, basalt fiber content was 0,4% by weight of cement (optimal dose of basalt fiber according to the literature). After the heat and humidity treatment were defined physical and mechanical characteristics of control and experimental samples, the results are summarized in Table 1.

In analyzing presented data, should be noted the increase in compressive strength to 50% with the introduction of carbon nanotubes as compared to the control sample. Increase in flexural strength modification basaltfiberconcrete of multilayer carbon nanotubes was 25%, during compression – up to 80% relative to a strength characteristics of control sample. Thus, as can be seen from Table 1, with the introduction of modifiers placeability mixture is in the regulatory region at a constant water/cement-ratard.

In the study of the microstructure of the obtained samples is clearly visible a significant contribution from the introduction of the dispersion of multilayer carbon nanotubes in the formation of a defect-free dense shell growths on the surface of basalt fiber (Figure 1, a).

By studying the structure of the boundary layer on the submitted images, we can say firmly, adjacent to the surface of the fiber sheath tumors (Fig. 1, a), which provides im-

Таблица 1
Table 1

Состав The composition	В/Ц W/C	Расплав конуса, мм Wreathed cone, mm	$R_{изг}$ (ср), МПа $R_{Flexural\ strength}$, МПа	$R_{сж}$ (ср), МПа $R_{Compressive\ strength}$, МПа
Контрольный Control	0,4	109	4,67	28,97
МУНТ MWNTs		111–114	5,31	43,42
Фибра+МУНТ Fiber+MWNTs		107	5,76	51,93

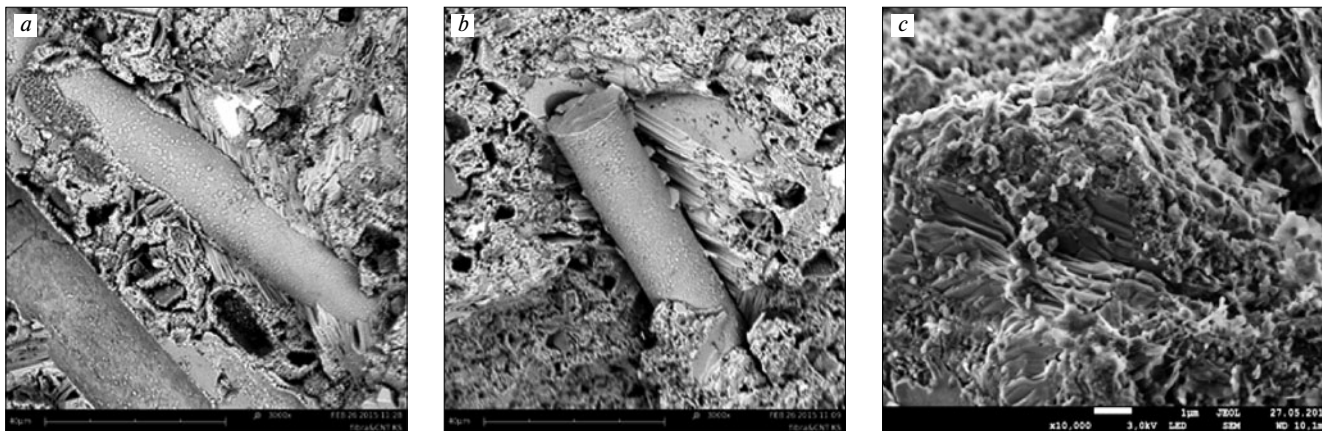


Рис. 1. Микроструктура базальтофибробетона, модифицированного дисперсией МУНТ: а – плотное прилегание оболочки из новообразований к поверхности базальтового волокна; б – базальтовое волокно в окружении блоков из пластинок новообразований на изломе; с – новообразования в цементной матрице; увеличение $\times 10000$

Fig. 1. Microstructure basaltfiberconcrete modified MWCNT dispersion: a – a snug fit sheath tumors of the surface of basalt fiber; b – basalt fiber surrounded by blocks of tumors plates on a break; c – tumors in the cement matrix, increase $\times 10000$

затели контрольных и опытных образцов, полученные результаты сведены в табл. 1.

Анализируя представленные данные, стоит отметить прирост прочности при сжатии до 50% при введении углеродных нанотрубок в сравнении с контрольным образцом. Увеличение прочности при изгибе при модификации базальтофибробетона многослойными углеродными нанотрубками составило до 25%, при сжатии – до 80% относительно прочностных показателей контрольного образца. При этом, как видно из табл. 1, с введением модификаторов удобоукладываемость смеси находится в нормативном диапазоне при постоянном В/Ц.

При изучении микроструктуры полученных образцов отчетливо заметен значительный вклад от введения дисперсии многослойных углеродных нанотрубок в формирование плотной бездефектной оболочки новообразований на поверхности базальтового волокна (рис. 1, а).

Изучая структуру граничных слоев на представленных снимках, можно говорить о плотно прилегающей к поверхности волокна оболочке новообразований (рис. 1, а), обеспечивающей улучшение адгезионных свойств системы базальтовое волокно – цементный камень за счет структурирования цементной матрицы вокруг волокна с формированием кристаллогидратов, ориентированных вертикально к поверхности твердой фазы (рис. 1, б).

На изломе образца (рис. 1, б) отчетливо видны новообразования в виде блоков из пластинок (предположительно из гидроксида кальция), прилегающих к базальтовому волокну. Это позволяет говорить об интенсификации гидролиза трехкальциевого силиката в цементном клинкере в присутствии углеродных нанотрубок, сопровождающегося кристаллизацией новообразований на поверхности базальтового волокна в объеме цементной матрицы, модифицированной дисперсией углеродных нанотрубок Ful Vec. Наблюдается достаточно плотное прилегание даже крупных блоков гидроксида кальция к поверхности базальтового волокна, что говорит о подтверждении выдвинутой гипотезы об обеспечении уплотнения контактной зоны волокно – цементный камень за счет структури-

proved adhesion properties of the basalt fiber – cement stone due to the structuring of the cement matrix around the fibers to form a crystalline oriented perpendicular to the surface of the solid phase (Fig. 1, b).

At the turn of the sample shown in Figure 1, b, clearly visible tumors in blocks of records (presumably from calcium hydroxide), adjacent to the basalt fiber, which suggests an intensification of hydrolysis of tricalcium silicate in the cement clinker in the presence of carbon nanotubes being accompanied by tumors on surface of the basalt fiber in the volume of the cement matrix, the modified carbon nanotube dispersion Ful Vec. There is sufficiently a snug fit even large blocks of calcium hydroxide to the surface of basalt fiber, which indicates the confirmation of the hypothesis of providing seals contact zone fiber – cement stone by structuring the dispersion of multi-walled carbon nanotubes. Besides plates calcium hydroxide, tumors near the basalt fibers surface are presented and other products of hydration of portland cement (Fig. 1, c).

To determine the composition of the cement matrix adjacent to the surface of the basalt fiber X-ray microanalysis was carried out tumors, the results of which are shown in Fig. 2.

According the presented data it can be argued that there are around basalt fiber tumors lamellar structure (calcium hydroxide) coated with amorphous calcium hydrosilicates. The presence of carbon in the composition indicates the presence of carbon nanotubes in the test microvolume.

Thus, we can conclude a significant influence of the dispersion of multi-layer carbon nanotubes on the structure and

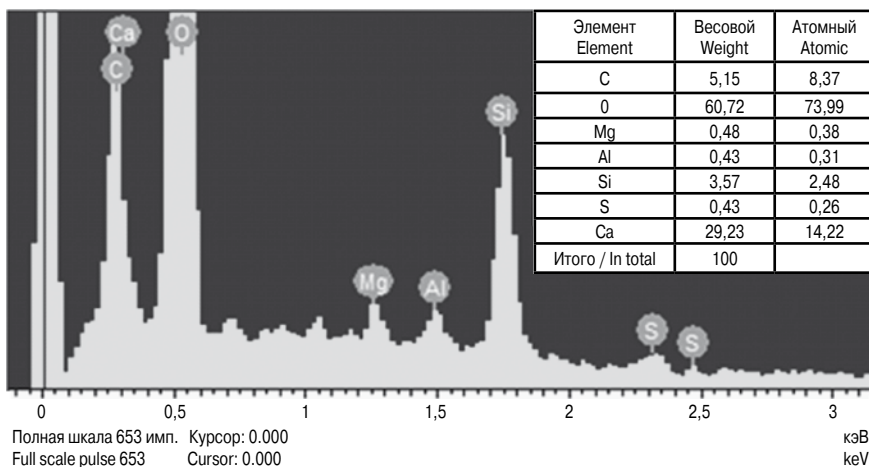


Рис. 2. Результаты рентгеновского микроанализа новообразований на поверхности базальтового волокна

Fig. 2. The results of X-ray microanalysis of tumors on the surface of basalt fiber

Таблица 2
Table 2

Состав The composition	В/Ц W/C	Фибра, %Ц Fiber, %C	Сажа, % от массы цемента Soot, % by weight of cement	$R_{изг}$ (ср), МПа $R_{Flexural}$ strength, МПа	$R_{сж}$ (ср), МПа $R_{Compressive}$ strength, МПа
Контрольный Control	0,4	0	0	4,75	28,85
Сажа Soot		0	0,03	4,7	33,3
Фибра+сажа Fiber+Soot		0,4	0,03	5,75	35,13

рования дисперсией многослойных углеродных нанотрубок. Помимо пластинок гидроксида кальция новообразования вблизи поверхности базальтового волокна представлены и другими продуктами гидратации портландцемента (рис. 1, с).

Для определения состава цементной матрицы, прилегающей к поверхности базальтового волокна, был проведен рентгеновский микроанализ новообразований (рис. 2).

Проанализировав полученные данные, можно утверждать, что вокруг базальтового волокна присутствуют новообразования пластинчатой структуры (гидроксид кальция), покрытые аморфными гидросиликатами кальция. При этом наличие углерода в составе говорит о присутствии углеродных нанотрубок в исследуемом микрообъеме.

Таким образом, можно сделать вывод о существенном влиянии дисперсии многослойных углеродных нанотрубок на структуру и свойства базальтофибробетона. За счет введения МУНТ появляется возможность избирательной дифференциации состава новообразований по поверхности базальтовых волокон, обеспечивающего повышение адгезии в граничных слоях системы, способствующее улучшению прочностных показателей модифицированных образцов базальтофибробетона.

Высокая стоимость дисперсии углеродных нанотрубок привела к поиску возможных заменителей нанодисперсных добавок. Согласно исследованиям П.Н. Курочкин, А.В. Гаврилова [8], Г.В. Несветаева, Та Ван Фана [9], введение в бетонную смесь дисперсной сажи позволяет обеспечить плотную упаковку зерен бетонной матрицы, обеспечить повышение плотности контактных слоев матрицы и наполнителей, повысить прочность и трещиностойкость модифицированного бетона. Таким образом, сажа повышенной дисперсности могла бы выступать в качестве альтернативы МУНТ.

Для проведения экспериментальной части исследования был использован диспергированный концентрат сажи в водном растворе ПАВ, представленный в виде суспензии, торговой марки «PalZh» производства ООО «Новый дом». Дисперсионный анализ данной добавки, выполненный на лазерном сканирующем анализаторе размера частиц Horiba LA 950, представлен на рис. 3.

На основании представленных данных можно сделать вывод, что средний размер частиц составляет 0,158 мкм, что можно отнести к ультрадисперсным системам.

Результаты физико-механических испытаний образцов, модифицированных дисперсией сажи, представлены в табл. 2.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что предел прочности при изгибе при модифицировании дисперсией сажи находится на уровне прочности контрольного образца, в то время как прочность этих же образцов при сжатии выше прочности кон-

properties of basaltfiberconcrete. Due to the introduction of MWCNTs appears possible to selectively differentiate tumors on the surface of the composition of basalt fibers, providing increased adhesion in the boundary layers of the system, contributing to the improvement of strength characteristics of modified basaltfiberconcrete samples.

Relatively expensive dispersion of carbon nanotubes has led to the search for possible replacements nanodispersed additives. According to research by P.N. Kurochkin, A.V. Gavrilova [8], G.V. Nesvetaeva, Ta Van Phan [9], the introduction of the concrete mixture was dispersed of soot enables dense packing of the grains of the matrix of the concrete, to provide increased density of contact layers of the matrix and fillers, to improve the strength and fracture toughness of the modified concrete. Thus, the increased soot dispersion could serve as an alternative to MWCNTs.

For conducting the experimental part of the study was used the concentrate dispersed soot in the aqueous surfactant, presented in the form of suspension of trade mark «PalZh» produced by «Novyi dom» Dispersion analysis of the additive, made on a laser scanning particle size analyzer Horiba LA 950, shown in Fig. 3.

From the data it can be concluded that the average particle size of 0.158 microns, which can be attributed to the ultradispersed systems.

The results of physical and mechanical tests samples modified of soot dispersion are shown in Table 2.

Analyzing the obtained data it should be noted that the flexural strength in the modification of soot dispersion at a level of strength is the control sample, while as the strength of the same samples at a higher compression strength at 15% control. In the study of effect of basaltfiberconcrete modification by ultradisperse soot observed increase the flexural strength of more than 15% relative to samples without the fibers, and the compressive strength exceeds the strength of the control composition is 20%.

In order to study processes occurring when introduced into a mixture of soot dispersion, investigated the structure of

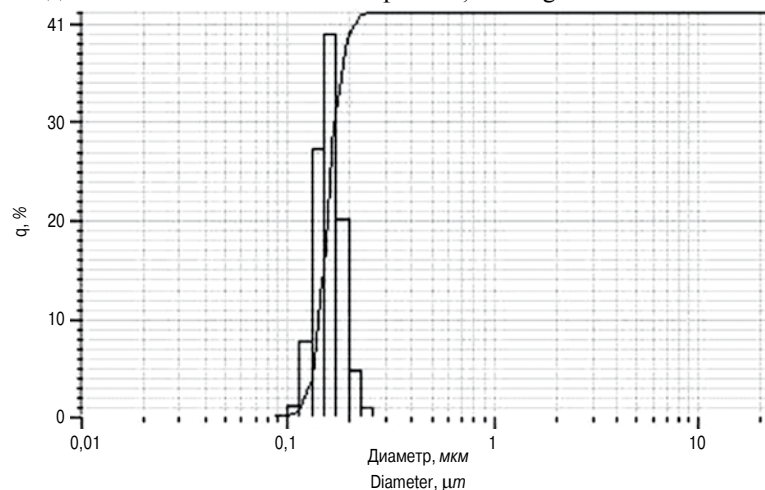


Рис. 3. Дисперсионный анализ частиц в суспензии сажи
Fig. 3. Dispersion analysis of soot particles in suspension

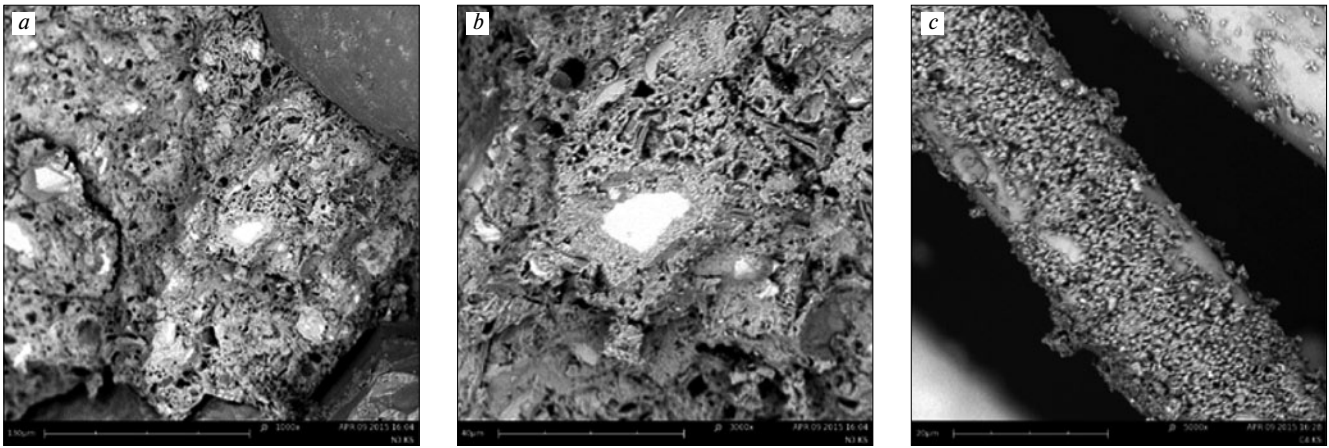


Рис. 4. Микроструктура БФБ, модифицированного дисперсией сажи: а – границная зона с заполнителем; б – частица цемента в окружении новообразований из гидросиликатов кальция; с – поверхность базальтового волокна после взаимодействия с цементным камнем, модифицированным дисперсией сажи

Fig. 4. The microstructure of the BFC, modified disperse soot: a – a boundary zone with a filler; b – cement particles surrounded by tumors of Hydrosilicates calcium; c – The surface of basalt fiber after reaction with cement stone, modified disperse soot

трольных на 15%. При изучении эффекта модифицирования базальтофибробетона ультрадисперсной сажей наблюдается прирост прочности при изгибе более чем на 15% относительно образцов без фибры, а прочность при сжатии превышает прочность контрольного состава на 20%.

Для изучения процессов, происходящих при введении в смесь дисперсии сажи, проведены исследования структуры модифицированных образцов (рис. 4).

Как видно из представленных снимков, зона контакта с заполнителем достаточно плотная и ровная, что говорит об уплотняющем эффекте введения дисперсии сажи. Вокруг частиц цемента не наблюдается четкой границы, при этом вблизи этих частиц располагаются блоки пластинок гидроксида кальция, что подтверждает ускорение процесса гидратации портландцемента. Однако интенсификация гидратации цемента при введении сажи проявляется в меньшей степени, чем при модификации многослойными углеродными нанотрубками, – в цементной матрице значительно меньшее содержание гидроксида кальция.

Представленные снимки показывают, что поверхность базальтового волокна покрыта плотно прилегающей оболочкой из новообразований (рис. 4, с) отчетливо видно, что данная оболочка представляет собой сетку из игольчатых кристаллов в сочетании с аморфной фазой из гидросиликатов кальция. Согласно исследованиям процесса гидратации цемента [10, 11] полуморфные гидросиликаты кальция разной основности являются основными составляющими тоберморита, который, покрывая поверхность частиц наполнителя, под действием их поверхностной энергии уплотняется и образует достаточно прочную оболочку, что и демонстрируют полученные снимки микроструктуры поверхности базальтового волокна.

Для изучения состава новообразований был произведен синхронный термический анализ модифицированных образцов, результаты которого приведены на рис. 5.

the modified samples, the results of which are shown in Fig. 4.

As seen from the pictures, the contact area with the filler is sufficiently dense and smooth, indicating that the sealing effect of the introduction of soot dispersion. Around the cement particles no clear boundaries, wherein the particles are arranged near these blocks platelets calcium hydroxide, confirming the acceleration of hydration of Portland cement. However the intensification of the cement hydration soot the introduction appears to a lesser extent than in the modification of multilayer carbon nanotubes – in the cement matrix is significantly lower content of calcium hydroxide.

The presented images show that the basalt fiber surface is covered with dense surrounding sheath tumors. At higher magnification (Fig. 4) clearly shows that the shell consists of a grid of needles in combination with an amorphous phase of calcium hydrosilicates. According to studies of cement hydration [10, 11], a semi-amorphous hydrous calcium different base are the main components of tobermorite, which, covering the surface of the filler particles, under the influence of surface energy is compacted to form a sufficiently strong

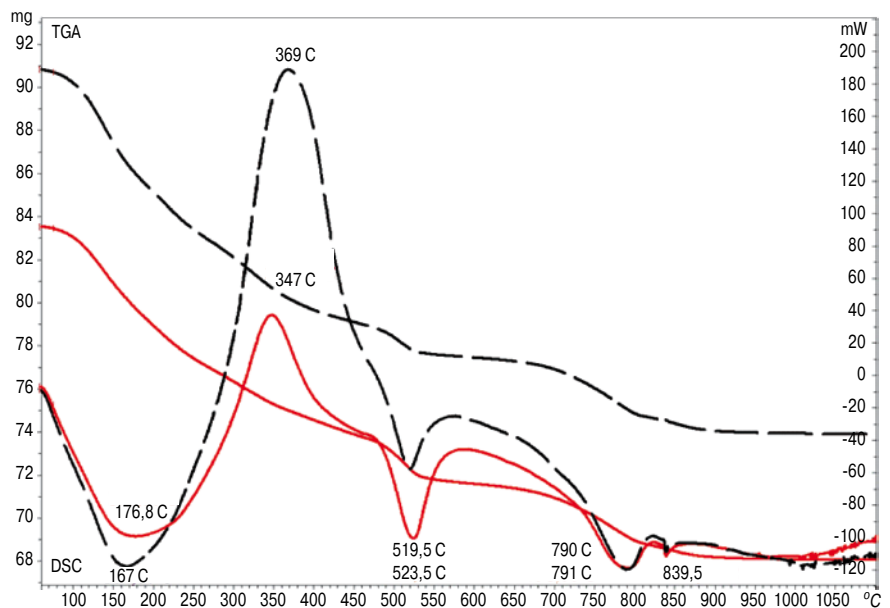


Рис. 5. Дифференциальная сканирующая калориметрия контрольного образца (пунктирная линия) и базальтофибробетона, модифицированного дисперсией сажи (сплошная линия)

Fig. 5. Differential Scanning Calorimetry control sample (dotted line) and basaltfiberconcrete modified soot dispersion (solid line)

Интерпретируя представленную термограмму, можно говорить о значительном содержании гидроксида кальция в цементном камне, модифицированном дисперсией сажи. Отмечен интенсивный эндотермический эффект при 523,5°C в опытном образце, связанный с дегидратацией гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Также отмечается увеличение температуры дегидратации гидросиликатов кальция и большая потеря массы, происходящие в опытном образце при температуре 791°C. Вероятно, это связано с изменением основности гидросиликатов кальция, образующихся в условиях влияния на них дисперсии сажи. Таким образом, данные синхронного термического анализа подтверждают образование частично закристаллизованных тоберморитоподобных гидросиликатов кальция в структуре образцов базальтофибробетона, модифицированного дисперсией сажи, уплотняющих контактную зону армирующих волокон и цементной матрицы.

Анализируя полученные данные, можно говорить о структурной модификации базальтофибробетона нано- и ультрадисперсными углеродсодержащими системами, об интенсификации процесса гидратации портландцемента и уплотнении цементной матрицы на границе с поверхностью базальтового волокна.

Список литературы

1. Зимин Д.Е., Татаринцева О.С. Армирование цементных бетонов дисперсными материалами из базальта // *Ползуновский вестник*. 2013. № 3. С. 286–289.
2. Бучкин А.В. Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости, армированный тонким базальтовым волокном. Дисс... канд. техн. наук. Москва. 2011. 130 с.
3. Бучкин А.В., Степанова В.Ф. Цементные композиции повышенной коррозионной стойкости, армированные базальтовыми волокнами // *Строительные материалы*. 2006. № 7. С. 82–83.
4. Яковлев Г.И., Первущин Г.Н., Керене Я., Мачулайтис Р., Пудов И.А., Поляских И.С., Сеньков С.А., Политаева А.И., Гордина А.Ф., Шайбадуллина А.В. Наноструктурирование композитов в строительном материаловедении: Монография под общей редакцией Г.И. Яковлева. Ижевск: Изд-во ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2014. 196 с.
5. Simone Musso, Jean-Marc Tulliani, Giuseppe Ferro, Alberto Tagliaferro Influence of carbon nanotubes structure on the mechanical behavior of cement composites // *Composites Science and Technology*. 2009. No. 69, pp. 1985–1990.
6. Thanongsak Nochaiya, Arnon Chaipanich Behavior of multi-walled carbon nanotubes on the porosity and microstructure of cement-based // *Applied Surface Science*. 2011. No. 257, pp. 1941–1945.
7. Monica J. Hanus, Andrew T. Harris Nanotechnology innovations for the construction industry // *Progress in Materials Science*. 2013. No. 58, pp. 1056–1102.
8. Гаврилов А.В. Бетоны на мелком песке и наполненном цементе. Дисс... канд. техн. наук. Ростов н/Д, 2013. 157 с.
9. Та Ван Фан, Несветаев Г.В. Влияние белой сажи и метаксаолина на прочность и деформационные свойства цементного камня // *Инженерный вестник Дона*. 2012. № 4. С. 9–13.
10. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1989. 383 с.
11. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов. М.: Стройиздат, 1988. 303 с.

shell that show these photos of basalt fiber surface microstructure.

In order to study composition of the tumors was produced by synchronous thermal analysis of modified samples, the results of which are shown in Figure 5.

Interpreting thermograms presented, we can talk about the high amount of calcium hydroxide in the cement paste, modified disperse soot. Marked intense endothermic effect at 523,5°C prototype associated with dehydration of calcium hydroxide $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Also, there is an increase in temperature of dehydration of calcium hydrosilicates and large weight loss occurring in the prototype at a temperature of 791°C. This is probably due to change base Hydrosilicates calcium, formed under the influence of the dispersion soot on them. Thus, these synchronous thermal analysis confirm the formation of partially crystallized calcium hydrosilicate tobermorit structure basaltfiberconcrete samples modified soot dispersion, the sealing contact zone of reinforcing fibers and a cement matrix.

Thus, analyzing the obtained data, you can talk about structural modification basaltfiberconcrete by nano- and ultradispersed carbon-containing systems, intensifying the process of hydration of Portland cement matrix and the seal on the border with the surface of basalt fiber.

References

1. Zimin D.E., Tatarinceva O.S. Reinforcement of cement concrete particulate materials from basalt. *Polzunovskiy vestnik*. 2013. No. 3, pp. 286–289. (In Russian).
2. Buchkin A.V. Fine-grained concrete high corrosion resistance of reinforced thin basalt fiber. Cand. Diss. (Engineering). Moscow. 2011. 130 p. (In Russian).
3. Buchkin A.V., Stepanova V.F. Cement compositions enhanced corrosion resistance, reinforced with basalt fibers. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2006. No. 7. pp. 82–83. (In Russian).
4. Yakovlev G.I., Pervushin G.N., Kerene Ja., Machulajtis R., Pudov I.A., Poljanskih I.S., Sen'kov S.A., Politayeva A.I., Gordina A.F., Shajbadullina A.V. Shaiabadullina A.V. Nanostrukturirovanie kompozitov v stroitel'nom materialovedenii: Monografiya pod obshchei redaktsiey G.I. Yakovleva. [The nanostructuring of composites in building materials: Monograph edited by G.I. Yakovlev]. Izhevsk: IzhGTU Publishing. 2014. 196 p.
5. Simone Musso, Jean-Marc Tulliani, Giuseppe Ferro, Alberto Tagliaferro Influence of carbon nanotubes structure on the mechanical behavior of cement composites. *Composites Science and Technology*. 2009. No. 69, pp. 1985–1990.
6. Thanongsak Nochaiya, Arnon Chaipanich Behavior of multi-walled carbon nanotubes on the porosity and microstructure of cement-based. *Applied Surface Science*. 2011. No. 257, pp. 1941–1945.
7. Monica J. Hanus, Andrew T. Harris Nanotechnology innovations for the construction industry. *Progress in Materials Science*. 2013. No. 58, pp. 1056–1102.
8. Gavrillov A.V. Concrete on the fine sand and filled with cement. Diss. Cand. (Engineering). Rostov-on-Don. 2013. 157 p. (In Russian).
9. Ta Van Fan, Nesvetaev G.V. Effect of white soot and metakaolin in the strength and deformation properties of cement stone. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2012. No. 4, pp. 9–13. (In Russian).
10. Kuznecova T.V., Kudrjashov I.V., Timashev V.V. Fizicheskaya khimiya vyazhushchikh materialov [Physical chemistry of binding materials]. Moscow: Vysshaya shkola. 1989. 383 p.
11. Mchedlov-Petrosjan O.P. Khimiya neorganicheskikh stroitel'nykh materialov [Chemistry of inorganic construction materials]. Moscow: Strojizdat. 1988. 303 p.

УДК 666.9

А.В. ОСТРОУХ¹, д-р техн. наук (ostroukh@mail.ru); И.В. НЕДОСЕКО², д-р техн. наук (Nedoseko1964@mail.ru); А.А. АЙСАРИНА³, инженер (mail@mfmngutu.ru); М.И. СТРУГОВЕЦ², инженер (st--08@yandex.ru)

¹ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (125319, г. Москва, Ленинградский пр-т, 64)

² Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

³ Московский государственный университет технологии и управления им. К.Г. Разумовского, филиал в г. Мелеуз, Республика Башкортостан (453850, Республика Башкортостан, г. Мелеуз, ул. Смоленская, 34)

Проектирование автоматизированной системы управления заводами и установками по производству растворных и бетонных смесей

Предложен подход к проектированию автоматизированной системы управления бетонным заводом, которая представляет собой комплекс средств технического, информационного, математического и программного обеспечения для управления технологическими объектами. Система обеспечивает оптимальный уровень автоматизации сбора и обработки информации для формирования управляющих сигналов и передачи их без потерь и искажения на исполнительные механизмы в целях достижения наиболее эффективной работы объекта управления в целом.

Ключевые слова: бетон, бетонный завод, мнемосхема, автоматизированная система управления, программируемый логический контроллер, управление, технологический процесс.

A.V. OSTROUH¹, Doctor of Sciences (Engineering) (ostroukh@mail.ru), I.V. NEDOSEKO², Doctor of Sciences (Engineering) (Nedoseko1964@mail.ru), A.A. AJSARINA³, Engineer (mail@mfmngutu.ru), M.I. STRUGOVETC², Engineer (st--08@yandex.ru)

¹ Moscow State Automobile and Road Technical University (64, Leningradsky Avenue, Moscow, 125319, Russian Federation)

² Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450062, Russian Federation)

³ The branch of FSEI HPE MSUTM named after K.G. Razumovskiy in Meleuz, Bashkortostan (34, Smolenskaja Street, Meleuz, 453850, Respublika Bashkortostan)

Design of Automated System of Control of Factories and Plants for Production of Mortar and Concrete Mixes

A new approach to the design of an automated system of control of a concrete factory which is a complex of means of technical, information, mathematical and software provision for managing technological objects is proposed. The system ensures the optimal level of automation of accumulation and processing of information for the formation of control signals and transmitting them without losses and distortion to actuators for achieving the most efficient operation of the management object as a whole.

Keywords: concrete, concrete factory, mnemonic, automated control system, programmed logical controller, management, technological process.

Задачи в области улучшения качества выпускаемых бетонных и железобетонных изделий, повышения уровня и темпов развития промышленности ставят перед предприятиями по производству всех типов растворных и бетонных смесей, как стандартных, так и современных (фибробетонных, самоуплотняющихся и др.), высокие требования в части улучшения технико-экономических показателей работы, а также четкой и рациональной системы организации планирования производственных процессов при эксплуатации оборудования [1–5].

Качественно приготовленная бетонная смесь обладает такой однородностью, при которой взятая проба имеет один и тот же состав и равномерное распределение всех компонентов. Для получения однородной бетонной смеси необходимо, чтобы не только отдельные объемы перемешиваемых материалов, но и по возможности каждая частица смеси в отдельности совершала многократные перемещения в смесителе

по наиболее сложным, часто пересекающимся траекториям [6, 7].

Современные технологии позволяют интенсифицировать процесс смешивания компонентов бетонной смеси, повысить степень ее однородности, а в ряде случаев сочетать процесс простого смешивания компонентов с механической активизацией поверхности зерен и частиц составляющих материалов [7, 8]. В настоящее время контроль за производством высококачественных бетонных смесей должен осуществляться с помощью специально разрабатываемых автоматизированных систем управления бетонными заводами [9].

Объектом автоматизации обычно является бетонный завод, ранее использовался термин «растворный бетонный узел» (РБУ), оснащенный рядными бункерами для заполнителей материалов объемом не менее $4 \times 30 \text{ м}^3$ (рис. 1).

Загрузка материалов производится с одного пандуса, что экономит полезное пространство на пло-

щадке. Подача материалов из бункеров в смеситель выполняется транспортной лентой.

Завод оборудован бункером-накопителем. В нем собирается дозированный материал и выдерживается до окончания смешивания. Данный узел позволяет сократить время производства бетонной смеси, уменьшив период дозирования заполнителей, который начинается сразу после начала смешивания компонентов в смесителе.

Главный узлом завода является двухвальный бетоносмеситель объемом 3 м^3 готовой смеси за один замес. Благодаря наличию двух валов и их встречному синхронизированному вращению, а также настройке углов рычагов и лопаток смеситель перемешивает компоненты в трех измерениях, радиально вокруг валов и по периметру бетоносмесителя, исключая фактор гравитационного расслоения компонентов (керамзита, фибры и др.). Около 80% однородности бетонной смеси любой рецептуры (сверхжесткий, сверхтяжелый



Рис. 1. Бетонный завод

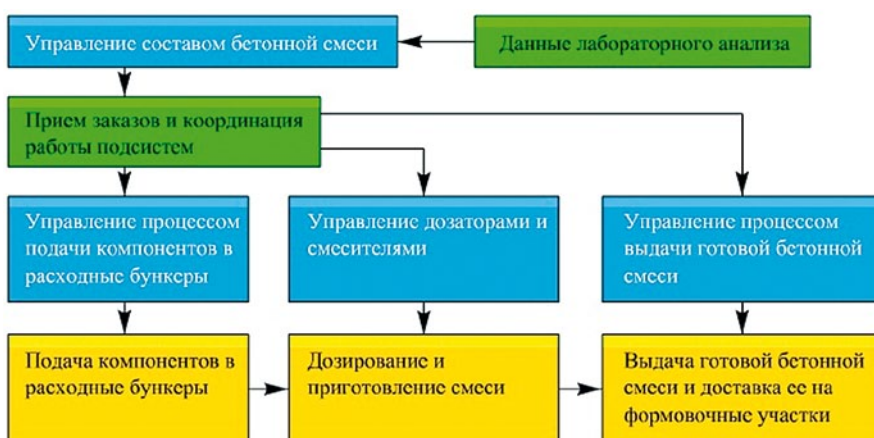


Рис. 2. Задачи управления бетонным заводом

бетон) достигается за первые 15 с перемешивания, за последующие 15 с однородность доводится до 95%.

Бетоносмеситель укомплектован системой впрыска воды под давлением через форсунки, что сокращает цикл производства и позволяет сразу равномерно распределить воду по поверхности сухой смеси, снижает износ брони.

В соответствии с методологией системотехники работы по созданию АСУ бетонного завода разделим на стадии и этапы.

На первом этапе сформулируем цель системы. АСУ бетонного завода предназначена для эффективного контроля и управления технологическим процессом, начиная от подачи материалов со складов и заканчивая выдачей бетонной смеси потребителям. Цель контроля – повышение экономичности, ритмичности и качества производства, своевременного обеспечения потребителей необходимым количеством смесей заданных параметров.

На втором этапе системного анализа очертим границы изучаемой системы. Система должна включать

управление следующими процессами: подачей материалов со складов в емкости надбункерного отделения, дозированием, смесеприготовлением, выдачей товарного бетона и доставкой на формовочные участки. Формовочные и другие участки, потребляющие бетон, а также железнодорожный и автомобильный транспорт, доставляющий компоненты бетонной смеси на склады, не входят в систему и могут быть отнесены к внешней среде. Предполагается, что в процессе функционирования в систему поступают заказы на бетонную смесь (с пунктов ее потребления) и компоненты бетонной смеси (со склада цемента и заполнителей).

Таким образом, внешняя среда влияет на систему. Влиянием системы на внешнюю среду пренебрегаем.

В результате первичной структуризации выделяются элементы технологического процесса, подлежащие автоматизированному управлению, а также входы и выходы, связывающие рассматриваемую систему и внешнюю среду.

На третьем этапе системного анализа предварительно разрабатывает-

ся математическая модель системы. На этой стадии можно ограничиться графическим и словесным описанием подсистем и связующих функций.

С учетом естественной структуры технологического процесса, проводится его декомпозиция на подпроцессы (рис. 2), в соответствии с которой выполняется декомпозиция задачи управления на подзадачи (уровни сложности принимаемого решения).

Общая задача управления процессом в целом подразделяется на ряд последовательно решаемых более простых задач (рис. 2). Вначале на основании данных лабораторного анализа устанавливаются процентные содержания компонентов в бетонных смесях различных марок с учетом влажности и засоренности заполнителей, активности цемента и пр. Результаты решения этой задачи являются исходными данными для решения задачи координации работы подсистем в соответствии с заказами на бетонную смесь, поступающими из внешней среды. На основании данных очереди заказов и результатов решения задачи управления составом определяются задания дозаторам и смесителям, выбирается цепочка транспортных средств, доставляющих готовую бетонную смесь потребителю, определяются расходные бункеры, подлежащие загрузке.

Далее проводится предварительная разработка и выбор комплекса технических средств системы управления (рис. 3).

На основании указанных этапов системного анализа работа распределяется между отдельными исполнителями, составляются планы-графики выполнения проектных и научно-исследовательских работ.

В дальнейшем для ряда подсистем составляются более детальные математические модели. При этом функции переходов, выходов, связующие функции описываются в виде математических выражений, что позволяет исследовать различные алгоритмы управления методом цифрового моделирования на компьютере.

При поступлении компонента бетонной смеси в грузоприемное устройство ошибка слежения за изменением массы материала в бункере дозатора из-за наличия переходного процесса велика.

После окончания процесса дозирования и затухания переходных процессов масса каждого компонента может быть измерена с большей точностью. Если окажется, что вектор процентных отклонений компонентов выходит за пределы некото-

рой области допустимых значений, следует выбрать тип компонента и соответствующий ему дозатор для досыпки. После реализации выбранной досыпки процедура повторяется до тех пор, пока в соответствии с принципом оценки взаимодействий вектор процентных отклонений не окажется в заданной области.

АСУ бетонным заводом обычно имеет многоуровневую структуру (в данном случае трехуровневую) и может включать в себя несколько территориально распределенных заводов, связанных в единую технологическую систему, интегрированную в систему управления предприятием.

Нижний уровень

Нижний уровень АСУ бетонного завода включает датчики, исполнительные механизмы и удаленные контроллеры.

Основные функции данного уровня:

- сбор информации с датчиков;
- контроль работы исполнительных механизмов;
- выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы;
- выполнение необходимых технологических блокировок и перевод оборудования в безопасное состояние в случае возникновения аварийных ситуаций.

Средний уровень

Средний уровень состоит из программируемого логического контроллера (ПЛК) для управления удаленными контроллерами и ведения технологического процесса в соответствии с заданными оператором установками и технологическими регламентами.

Основными функциями среднего уровня являются:

- автоматическое управление технологическим процессом в соответствии с заданным технологическим регламентом;
- управление дозировочным, смесительным оборудованием, подъемными устройствами (скипы, транспортеры подъема), устройствами ускорения выгрузки, если такие имеются в наличии;
- постоянный контроль функционирования исполнительных механизмов с выдачей сообщений о возникших нештатных ситуациях и неисправностях;
- выполнение необходимых технологических блокировок для исключения аварийных ситуаций дозировочно-смесительного оборудования;
- блокировка ошибочных команд оператора;
- контроль основных параметров технологического процесса с приостановкой процесса в случае их отклонений от нормы;

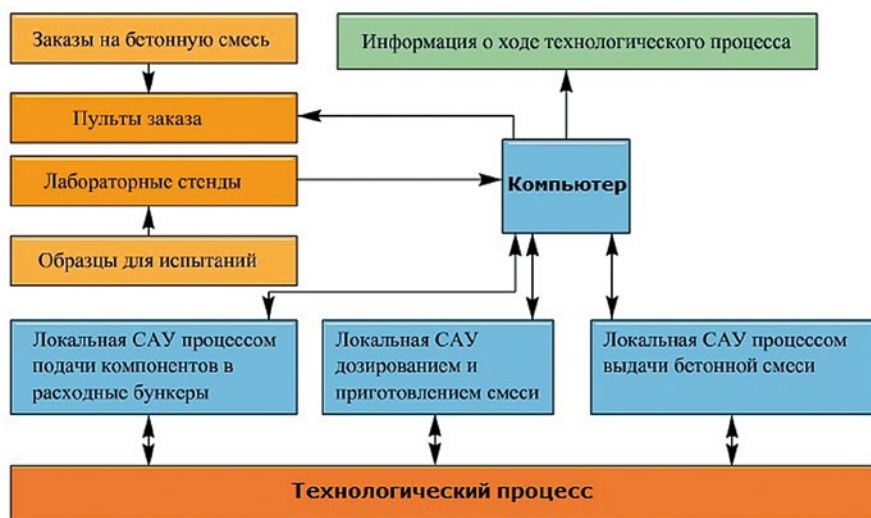


Рис. 3. Модель АСУ бетонного завода

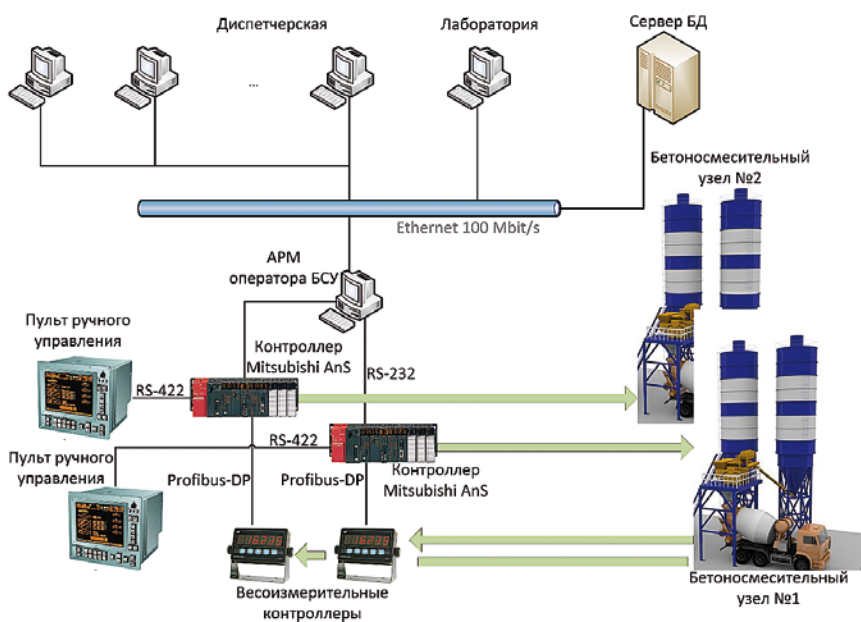


Рис. 4. Система управления двумя бетоносмесительными узлами

- контроль несанкционированных действий персонала и передача информации на верхний уровень;
 - обеспечение требуемых характеристик производимой продукции.
 - контроль хода технологического процесса и работы оборудования;
 - вмешательство в технологический процесс в случае возникновения отклонений, требующих такого вмешательства;
 - контроль результатов технологического процесса и внесение в технологические регламенты изменений, оптимизирующих технологический процесс;
 - внесение корректировок в технологический процесс на основании информации, полученной из других автоматизированных систем, например автоматическая корректировка рецептур на основании влажности сырья и содержания смежных фракций;
 - разграничение прав доступа пользователей к функциям автоматизированной системы в соответствии с их должностными обязанностями.
- Верхний уровень**
- Верхний уровень реализован на базе персональных компьютеров, включающих автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов, осуществляющих управление технологическим процессом, и АРМов вспомогательных служб, поставляющих информацию для ведения технологического процесса (лаборатория, диспетчерские службы и т. п.).
- Основные функции верхнего уровня:
- выдача заданий на запуск технологического процесса;
 - визуализация состояния технологического оборудования и параметров процесса;

Программный комплекс может состоять из следующих подсистем: управления технологическим процессом производства бетона, диспетчерской службы, лаборатории, термовлажностной обработки, весового хозяйства, складов инертных материалов и цемента, системы контроля доступа, рабочих мест управленческого персонала.

База данных каждого из производств связана с системой управления предприятием и позволяет обмениваться информацией в режиме реального времени.

На рис. 4 представлена система управления [8, 9] бетонным заводом с двумя бетоносмесительными узлами. Управление процессом приготовления смеси и выдачи заказа предлагается осуществлять с помощью ПЛК Mitsubishi Electric AnS.

Все итоговые данные с указанием времени выполнения заказа направляются в программу управления потоками автотранспорта, а также на выписку сопроводительных документов.

С помощью кнопок строки меню можно получить более подробную информацию по каждому из узлов и организовать работу со списками аварийных и технологических сообщений. Это позволяет оператору полностью контролировать работу системы, следить за отказаниями технологического оборудования и предупреждать аварийные ситуации.

Весь ход технологического процесса отображается на экране операторской станции, который разделен на две части, относящиеся к разным узлам. Также внизу экрана находится строка меню и строка аварийных сообщений.

Все действия оператора и отказы технологического оборудования протоколируются. Кроме того, формируется база данных результатов дозирования по каждому заказу с сохранением информации о времени исполнения заказа и количестве отдозированного сырья.

В случае выхода из строя операторской станции предусмотрен за-

пасной канал управления с операторской панели (пульта).

Система содержит ряд гибких настраиваемых параметров, устанавливаемых в окне инженерных настроек. С их помощью можно точно подстраивать различное время задержек, пороговые величины веса, параметры дозирования и прочее.

Заключение

Для разработки автоматизированной системы управления необходимо провести модернизацию технологической схемы, принимая во внимание, что число управляющих воздействий должно соответствовать числу требований, предъявляемых к составу готовой продукции. Система позволяет при исправной работе технологического оборудования сократить ручной труд операторов и таким образом сократить загрузку персонала, а также упростить процесс формирования отчетов по работе бетонного завода и улучшить контроль за расходом сырья и выработкой продукции.

Список литературы

1. Остроух А.В., Николаев А.Б. Интеллектуальные системы в науке и производстве. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. 312 p.
2. Остроух А.В., Тянь Ю. Современные методы и подходы к построению систем управления производственно-технологической деятельностью промышленных предприятий // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2013. № 1. С. 29–31.
3. Ostroukh A.V., Glebov A.O., Karpov S.V., Karpushkin S.V., Krasnyanskiy M.N. Optimization of design and performance characteristics of heating system of press equipment // *American Journal of Applied Sciences*. 2014. Vol. 11. No. 6, pp. 939–946.
4. Калашников В.И. Как превратить бетоны старого поколения в высокоэффективные бетоны нового поколения // *Бетон и железобетон*. 2012. № 1. С. 82.
5. Калашников В.И., Борисов А.А., Поляков Л.Г., Крапчин В.Ю., Горбунова В.С. Современные представления об использовании тонкомолотых цемента и ВНВ в бетонах // *Строительные материалы*. 2000. № 7. С. 12–13.
6. Вэй П.А., Мью Л.А., Остроух А.В., Исмоилов М.И. Обзор современного состояния развития автоматизации производства сухих строительных смесей // *В мире научных открытий*. 2012. № 12. С. 12–19.
7. Остроух А.В., Вэй П.А. Оптимизация параметров процесса смешивания сухих строительных смесей в горизонтальном барабанном смесителе непрерывного действия методом имитационного моделирования // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2014. № 2. С. 21–28.
8. Кабир М.Р., Исмоилов М.И., Остроух А.В. Автоматизированная система управления бетонным заводом // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2014. № 3. С. 178–190.
9. Остроух А.В., Айсарина А.А. Разработка автоматизированной системы управления бетоносмесительной установкой с двухвальным смесителем // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2015. № 1. С. 51–59.

References

1. Ostroukh A.V., Nikolaev A.B. *Intellektual'nye sistemy v nauke i proizvodstve* [Intelligent systems in science and industry]. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. 312 p.
2. Ostroukh A.V., Tyan' Yu. Modern methods and approaches to building management systems of production and technological activities of industrial enterprises. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*. 2013. No. 1, pp. 29–31. (In Russian).
3. Ostroukh A.V., Glebov A.O., Karpov S.V., Karpushkin S.V., Krasnyanskiy M.N. Optimization of design and performance characteristics of heating system of press equipment. *American Journal of Applied Sciences*. 2014. Vol. 11. No. 6, pp. 939–946.
4. Kalashnikov V.I. How to transform old generation of high-performance concretes concretes new generation. *Beton i zhelezobeton*. 2012. No. 1, pp. 82. (In Russian).
5. Kalashnikov V.I., Borisov A.A., Polyakov L.G., Krapchin V.Yu., Gorbunova V.S. Modern views on the use of fine ground cement and concrete in the VNV. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2000. No. 7, pp. 12–13. (In Russian).
6. Vei P.A., M'yo L.A., Ostroukh A.V., Ismoilov M.I. Overview of the current state of development of automation of production of dry construction mixtures. *V mire nauchnykh otkrytii*. 2012. No. 12, pp. 12–19. (In Russian).
7. Ostroukh A.V., Vei P.A. Optimization of the process parameters of mixing of dry building mixes in a horizontal drum mixer by continuous simulation. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*. 2014. No. 2, pp. 21–28. (In Russian).
8. Kabir M.R., Ismoilov M.I., Ostroukh A.V. Automated Control System for concrete plant. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*. 2014. No. 3, pp. 178–190. (In Russian).
9. Ostroukh A.V., Aisarina A.A. Development of an automated control system of concrete mixing plants with twin-shaft mixer. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*. 2015. No. 1, pp. 51–59. (In Russian).

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

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.

Реклама

УДК 351.811.112

Л.В. ЯНКОВСКИЙ¹, канд. техн. наук (yanekperm@yandex.ru); Н.Е. КОКОДЕЕВА², д-р техн. наук, Ю.А. ТРОФИМЕНКО², инженер; Ш.Н. ВАЛИЕВ³, канд. техн. наук; И.Г. ШАШКОВ⁴, канд. техн. наук

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614600, г. Пермь, Комсомольский просп., 29а)

² Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина (410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77)

³ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (125319, Москва, Ленинградский просп., 64)

⁴ Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А)

Применение цифрового микроскопа при мониторинге пешеходных покрытий мостовых сооружений

Представлена разработка методики технического нормирования и инструментального мониторинга геометрии поверхности композиционного материала с сохранившимися свойствами после воздействия агрессивных сред и климатических воздействий. В качестве инструментального средства проведения мониторинга выбран цифровой видео- и фотомикроскоп с двухсоткратным увеличением. Сформулированы рекомендации по выбору увеличения исследуемого объекта в зависимости от его размеров. Среднее квадратическое отклонение разновысотности составило от 0,3 до 1 мм, что соответствует требованиям к коэффициенту сцепления. Цифровой микроскоп применен при мониторинге качества напольных покрытий пешеходных мостовых сооружений на автомобильной дороге «Дон». В частности, по результатам мониторинга были оценены параметры макрошероховатости напольного покрытия надземного пешеходного перехода. Данные мониторинга заносили в программный комплекс с целью последовательного накопления информации и последующего анализа эффективности применения инноваций на объектах государственной компании «Автодор». При проведении мониторинга использовали дорожную передвижную лабораторию Поволжского учебно-исследовательского центра «Волгодортранс» Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина.

Ключевые слова: мониторинг, автомобильная дорога, надземный пешеходный переход, мостовое сооружение, макрошероховатость, мостовое сооружение.

L.V. YANKOVSKY¹, Candidate of Sciences (Engineering) (yanekperm@yandex.ru), N.E. KOKODEEVA², Doctor Sciences (Engineering);

Yu.A. TROFIMENKO², Engineer; Sh.N. VALIEV³, Candidate of Sciences (Engineering); I.G. SHASHKOV⁴, Candidate of Sciences (Engineering)

¹ Perm National Research Polytechnic University (29a, Komsomolsky Avenue, 614600, Perm, Russian Federation)

² Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin (77, Politekhnicheskaya Street, 410054, Saratov, Russian Federation)

³ Moscow Automobile and Road Construction University (64, Leningradsky Avenue, 125319, Moscow, Russian Federation)

⁴ Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (54A, Starykh Bolshevikov Street, 394064, Voronezh, Russian Federation)

The Use of a Digital Microscope When Monitoring Macro-roughness of Pavements of Pedestrian Bridge Structures

The development of methods for technical rate setting and instrumental monitoring of the geometry of the composite material surface with preserved properties after aggressive media and climatic impacts is presented. As an instrumental device for monitoring, a digital video- and photo-microscope with two hundredfold increase has been selected. Recommendations on the selection of increase of the investigated object depending on its size are formulated. A mean square deviation of the difference in height is 0.3 – 1 mm that meets the requirement for the coefficient of friction. The digital microscope was used when monitoring the quality of floor pavements of pedestrian bridge structures on the highway "Don". Among others, the results of monitoring were used for evaluating parameters of macro-roughness of the floor pavement of the aboveground pedestrian crossing. Monitoring data were stored in the software complex for the consistent accumulation and subsequent analysis of the efficiency of the innovation use at objects of the state company "Avtodor". In the course of monitoring, the road mobile laboratory of the Volga educational-scientific center "Volgodortrans" of the Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin was used.

Keywords: monitoring, automobile road, aboveground pedestrian crossing, bridge structure, macro-roughness.

В числе многих задач применения и контроля качества мостовых сооружений недостаточно изучены вопросы технического нормирования и контроля качества шероховатости покрытий тротуаров на них и надземных пешеходных переходов. Эти объекты отличаются своей спецификой, тем, что на них применяются покрытия с малой фракцией минерального наполнителя. Практически отсутствуют требования по коэффициенту сцепления и шероховатости отдельно для пешеходов, а также для маломобильных групп населения.

Поэтому предложение и совершенствование методов контроля шероховатости этих покрытий и их автоматизация является важной прикладной задачей.

Исследованы надземные переходы платной дороги М4 «Дон» государственной компании «Автодор»: объезд Воронежа; и платный участок в Липецкой области, а также в Ростовской и Смоленской областях.

Проезд осуществлен в двух направлениях с остановкой на участках мониторинга с фото- и видеоборудованием, компьютером, средствами измерения и навигации, дополнительными средствами измерения контролируемых параметров.

При проведении мониторинга использовали дорожную передвижную лабораторию Поволжского учебно-

исследовательского центра «Волгодортранс» Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина.

Камеральную обработку проводили на оборудовании и компьютерной технике ПУИЦ «Волгодортранс» СГТУ им. Ю.А. Гагарина.

Данные мониторинга заносили в разработанный специалистами ООО «ПрогрессСтрой» программный комплекс с целью последовательного накопления информации и последующего анализа эффективности применения инноваций на объектах государственной компании «Автодор».

Планирование исследования выполняли для расчета и определения организационных характеристик его проведения (мониторинга состояния примененных композитов и энергоэффективных технологий).

Основные принципы планирования исследования при проведении мониторинга: конкретность постановки заданий; организационная и методическая значимость; принцип соизмеренной и рассчитанной трудоемкости; интеграция деятельности; контролируемость; принцип ответственности; принцип реальности.

Необходимо установить цель исследований на текущем этапе мониторинга. Следует четко определить цель

исследований, например требуемые показатели, влияние определенных параметров и т. д. Следует определить границы возможности исследований.

Следует учесть все показатели и обстоятельства, которые могут влиять на прогноз результатов исследований, например: геометрические параметры и их изменение; геометрические дефекты; скрытые дефекты; показатели композитных материалов; влияние методов изготовления, строительства и эксплуатации; влияние условий окружающей среды и выбора оптимальной последовательности исследований.

Необходимо описать ожидаемые виды рисков, связанные с неполнотой или недостоверностью данных. При их неопределенности план исследований должен предусматривать предварительные исследования.

Разработана методика сбора исходных данных для объектов компании «Автодор» (методика технического нормирования и инструментального мониторинга геометрии поверхности композиционного материала с сохранившимися свойствами после воздействия климатических агрессивных сред).

Целью исследования является выяснение вопросов соответствия характеристик обследуемого объекта декларируемым целям его эксплуатации [1–3].

При проведении мониторинга визуально оценивают входящие в состав объекта проверки материалы и комплекующие: геометрические размеры и допуски на размеры объекта исследования; конструктивные характеристики и срок службы.

Методы сбора первичной информации для анализа зависят от объема требований к информации и глубине контроля. В основном они связаны с оценкой дефектов и накопления повреждений на поверхностях композитов, их фото- и видеорегистрацией, инструментальной обработкой цифровых изображений, получением цифровых рядов и их последующей статистической обработкой [4–7].

При этом следует различать, что обследование любого объекта может сильно различаться методами в зависимости от требуемой глубины контроля. Исходя из критерия глубины контроля все обследования объектов можно разделить на два типа: первичный мониторинг и полное исследование. Первичный мониторинг предполагает использование экспресс-анализа состояния интересующего объекта без использования разрушающих и трудоемких лабораторных исследований, нарушения целостности конструкции. Далее предполагается проведение регулярных натуральных и камеральных исследований на выбранных объектах мониторинга, не предполагающих нарушения целостности конструкции.

Возможны комбинированные обследования, включающие лабораторное излучение только особо ответственных частей конструкции.

При первичном мониторинге используют методы сбора данных из имеющейся информации об объекте по сопровождающей документации: проектная документация на обследуемый объект, протоколы заводских испытаний материалов и компонентов, входящих в состав изделия.

Предположительно могут быть запрошены акты приемки работ, в том числе и акты скрытых работ, объектов при их строительстве и мониторинге, протоколы ранее проведенных обследований объекта; журналы, ведомости, акты технического обслуживания при эксплуатации и проведенных ремонтов (текущих, средних и капитальных).

Кроме изучения сопровождающей документации при проведении первичного мониторинга можно широко использовать методы визуального обследования состояния объекта с применением видео- и фотосъемки. Наличие видео- и фотодокументов является доказатель-

ной базой в случае разбора техногенных аварий и других различных ситуаций, встречающихся в практике. При первичном мониторинге возможно применение косвенных экспресс-методов неразрушающего контроля [6].

Измерение геометрических параметров объекта при мониторинге можно заменить экспертной оценкой совмещения сборных элементов по обнаружению допустимых зазоров и перекосов конструкции. Наличие местных вспучиваний или отсутствие регламентированных зазоров крепежных элементов указывает на несоблюдение допусков геометрических размеров при изготовлении элементов.

Наличие потеков, трещин, провалов, пучений говорит о нарушении технологии либо при изготовлении и строительстве, либо при эксплуатации объекта. Обнаружение подобных дефектов требует дополнительного более глубокого обследования для принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации.

Для оценки долговечности объекта главными критериями являются сравнительные характеристики последовательно проводимых проверок. По степени деградации рассматриваемых эксплуатационных свойств можно судить о скорости накопления усталости в исследуемом объекте и его разрушении. В данном случае незаменимыми становятся фотоматериалы по прошлым проверкам.

Для проведения подобного анализа рекомендуется архивировать фотоматериалы с момента сдачи объекта в эксплуатацию. Качество анализа напрямую зависит от объема имеющейся информации о состоянии объекта в различные периоды жизненного цикла. При расчете долговечности должны учитываться критерии эксплуатационной пригодности.

Каждый объект должен иметь соответствующие указания по деформациям, которые можно рассматривать как критерии эксплуатационной пригодности и согласовывать в качестве предельных значений. В критерии эксплуатационной пригодности входят такие отклонения, как ширина трещин, ограничения напряжения и удлинения, сопротивление скольжению и т. д., которые указывают в нормативной или проектной документации на соответствующие объекты строительства.

Критерии эксплуатационной пригодности должны быть установлены в каждом проекте согласно требованиям к эксплуатации и согласованы с заказчиком. Для деформаций и колебаний такие критерии следует устанавливать: в зависимости от запланированной эксплуатации; в сочетании с нормативными требованиями к эксплуатации; независимо от строительного материала для элементов конструкции.

Для обоснования выбора методов сбора исходных данных необходимо выработать методы оценки результатов, которые должны удовлетворять критериям полноты и глубины последующей обработки результатов обследования и обеспечивать достоверность выводов, сделанных на основе обработки информации, полученной в результате исследования.

До проведения испытания следует перечислить все показатели, которые необходимо измерить в процессе исследования объекта. Для этого следует указать: места и методы измерений, например геометрических параметров, прочности, колебаний, ударной вязкости, точности измерений, соответствующие измерительные приборы.

Так как кроме измерительной техники в процессе исследований предполагается применение методов визуального контроля, следует указать соответствующее оборудование, а также предполагаемый объем работ и информации.

Полученные данные являются сырыми и необработанными, поэтому они нуждаются в анализе и обработке первичной информации с использованием методов статистической обработки и оценки степени рисков.

В связи с этим их необходимо представить в матричной форме — занести в специальные таблицы с указанием видов ответов и частоты каждого из них. Затем провести статистический анализ — определить средние величины, соотношения корреляции и регрессии, а также отметить наметившиеся тренды. Организация мероприятий по анализу данных должна быть полностью прописана в плане.

В плане исследований должны быть прописаны объем и распределение выборок первичных данных. Применение статистических методов обработки предполагает случайность факторов, влияющих на результаты исследований. Как правило, статистические методы применяют в случае невозможности получения полного объема информации об объекте исследования. В таком случае применяют методы определения репрезентативности выборки. Для проверки статистических гипотез можно применять критерии Стьюдента и Фишера. Однако в некоторых обоснованных случаях распределение выборок данных может быть не случайным, а детерминированным. Такие выборки применяют для уточнения параметров в ответственных местах конструкции. Таким образом, методы обработки данных, полученных на этапе сбора информации, могут быть разными для разных областей параметров одного и того же объекта исследования.

В плане исследований должны быть прописаны не только методы статистической обработки результатов и критерии, по которым проверяют статистические гипотезы, но и значения критериев, которые считают удовлетворительными для целей конкретного исследования. Должны быть также прописаны области исследования данных, при обработке которых применяют те или иные ее методы. Исходя из применяемых методов должны быть прописаны объем и количество первичных данных инструментального исследования, а также их распределение по месту расположения на объекте (случайное или заранее заданное, детерминированное).

Также должны быть предусмотрены организационные мероприятия на случай, если в результате обработки данных выяснится недостаточная репрезентативность проведенной выборки.

Последним этапом планирования и организации исследования является оформление выводов и рекомендаций. На этапе планирования следует определить, в каком виде будут представлены результаты. Выводы пишут на основании результатов исследования.

Фактически исследования проводят по организационно-методическому плану, фиксирующему основ-



Рис. 1. Цифровой микроскоп с 200-кратным увеличением

ные этапы работы в соответствии с программой исследования, содержащему указание календарных сроков, материальных и людских затрат, необходимых для достижения конечных целей.

В проведении регулярного мониторинга должны сочетаться все три вида плана: поиск (поисковый план), выдвижение гипотез (аналитический план), уяснение причинно-следственных связей на основе экспериментального плана исследований и анализа полученных результатов.

Выполнение работы позволяет:

- создать информационную базу данных мониторинга результатов применения прогрессивных технологий, обладающую возможностью использования результатов диагностики;

- осуществить наполнение базы мониторинга сведениями об использовании компонентов;

- выполнить исследование и анализ эффективности освоения прогрессивных технологий, подготовить предложения по применению этих технологий в ходе проведения дорожных работ.

Представленная методология мониторинга композитных и энергоэффективных технологий изложена в виде методики исследования и рекомендаций. В перечень используемого для мониторинга применения композитных материалов лабораторного оборудования внесены:

- цифровой микроскоп с увеличением 200×, с видеокамерой и подсветкой;

- ноутбук для управления цифровым микроскопом;

- фотоаппарат OLYMPUS;

- компьютерные программы «Шероховатость 2012» и «STATISTIKA 6».

Производят замеры в дневное время суток с 7⁰⁰ до 23⁰⁰ ч. Регистрируются средние, минимальные и максимальные значения. Допускается производить измерения только при отсутствии атмосферных осадков, при температуре выше минус 10°C и скорости ветра менее 5 м/с с защитой приборов от ветра. Средства измерений должны иметь действующие свидетельства о своевременной проведенной поверке.

Обработку результатов измерений композитных материалов и изделий проводят с применением программного обеспечения цифрового фотоаппарата.

На основе компьютерных программ «Шероховатость 2012» и «STATISTIKA 6» определяют статистические параметры, а также параметры, связанные с неоднородностью и сегрегацией.

Предлагается ежеквартальная периодичность мониторинга, связанная с оптимальным соотношением инфор-

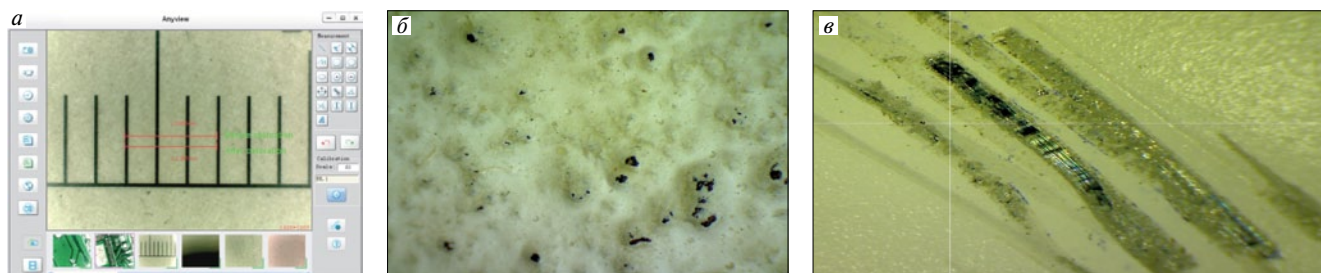


Рис. 2. Типовые результаты калибровки (а) и применения (б, в) цифрового микроскопа для съемки поверхностей композитных материалов

Соотношение увеличения, рабочего расстояния и видимой области

Увеличение	10	20	30	50	100	150	200
Видимая область, мм	50×38	25×19	17×13	10×7,5	5×3,8	3,3×2,5	2,5×1,9



Рис. 3. Результаты съемки состояния покрытия надземного мостового пешеходного перехода

мативности об изменении композиционного материала за время мониторинга. Для его проведения на объектах компании «Автодор» используют стандартное лабораторное оборудование, в том числе USB-микроскоп с

увеличением 200× и программное обеспечение.

Системные требования для установки программного обеспечения: ОС: Windows XP SP2 / Vista / Windows 7 / Mac OS; процессор: Pentium IV 1.0G, Celeron, AMD Athlon; CD-ROM; свободный USB-порт (если это USB 1.1, используйте программу MiViewCap-Beta. exe, находящуюся на CD); 512 MB RAM; 100 MB свободного места на диске; видеокарта: 16-bit.

Внешний вид предлагаемого цифрового микроскопа, управляемого программой от ноутбука, представлен на рис. 1.

Сформулированы рекомендации по выбору увеличения исследуемого объекта в зависимости от его размеров (в мм), представленные в таблице.

Типовые результаты калибровки и применения цифрового микроскопа для съемки поверхностей композитных материалов представлены на рис. 2.

На рис. 3 представлен процесс и результаты съемки состояния покрытия надземного мостового пешеходного перехода.

По результатам мониторинга были оценены параметры макрошероховатости напольного покрытия надземного пешеходного перехода. Среднее квадратическое отклонение разнорысотности составило от 0,3 до 1 мм, что соответствует требованиям для коэффициента сцепления.

Выводы

1. Проведена разработка методики технического нормирования и инструментального мониторинга геометрии поверхности композиционного материала с сохранившимися свойствами после воздействия агрессивных сред и климатических воздействий.
2. В качестве инструментального средства проведения мониторинга выбран цифровой видеофотомикроскоп с двухсоткратным увеличением.
3. Цифровой микроскоп применен при мониторинге качества напольных покрытий пешеходных мостовых сооружений на автомобильной дороге «Дон».

Список литературы

1. Немчинов М.В. Текстура поверхности дорожных покрытий. Том 1. Обоснование, нормирование и проектирование параметров текстуры поверхности дорожных покрытий. М.: ТехПолиграфЦентр, 2010. 380 с.
2. Немчинов М.В. Текстура поверхности дорожных покрытий. Том 2. Описание и количественные результаты экспериментальных исследований. Примеры расчетов. Методика расчета глубины текстуры поверхности слоя износа (по типу поверхностной обработки). М.: ТехПолиграфЦентр, 2010. 156 с.
3. Янковский Л.В., Кочетков А.В., Трофименко Ю.А. Методика выбора материала для устройства шероховатых слоев дорожного покрытия // *Научный вест-*

ник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. 2015. № 1/(37). С. 99–111.

4. Чванов А.В. Нормирование, устройство и контроль качества макрошероховатых дорожных покрытий: Дис. канд. техн. наук. Волгоград, 2010.
5. Суслиганов П.С. Совершенствование методов контроля качества устройства дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. Дис. канд. техн. наук. Волгоград, 2006.
6. Kochetkov A.V., Yankovsky L.V., Kadyrov Zh.N. Standardization of roughness of products of the machine-building industry on the basis of variable height indicator of ledges and variable depth indicator of hollows as an extension of state Standard GOST 2789–73 // *Chemical and Petroleum Engineering.* 2014. Vol. 50. Is. 1–2, pp. 50–57.
7. Кочетков А.В., Янковский Л.В., Сухов А.А. Нормирование макрошероховатости поверхностей // *Вестник гражданских инженеров. Серия «Архитектура. Строительство. Транспорт».* 2013. № 1 (36). С. 137–144.
8. Сухов А.А. Совершенствование методов исследования безопасности движения с учетом вариативности коэффициента сцепления макрошероховатых дорожных покрытий. Дис. канд. техн. наук. Волгоград, 2014.

References

1. Nemchinov M.V. Tekstura poverkhnosty dorozhnykh pokrytiy. Tom 1. Obosnovanie, normirovanie i proektirovanie parametrov tekstury poverkhnosti dorozhnykh pokrytiy [The texture of the road surface. Vol. 1. Justification, regulation and design parameters of the surface texture of pavements]. Moscow: TekhPoligrafTsentr. 2010. 380 p.
2. Nemchinov M.V. Tekstura poverkhnosti dorozhnykh pokrytiy. Tom 2. Opisanie i kolichestvennyye rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy. Primery raschetov. Metodika rascheta glubiny tekstury poverkhnosti sloia iznosa (po tipu poverkhnostnoi obrabotki) [The texture of the road surface. Vol. 2. The description and the quantitative results of experimental studies. Sample calculations. Methods of calculating the depth of the surface texture of the wear layer (type surface treatment)]. Moscow: TekhPoligrafTsentr. 2010. 156 p.
3. Yankovskiy L.V., Kochetkov A.V., Trofimenko Yu.A. Method of selection of the material for the device layers of rough pavement. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo GASU. Stroitel'stvo i arkhitektura.* 2015. No. 1/(37), pp. 99–111. (In Russian).
4. Chvanov A.V. Rationing, the device and quality control of the macro-rough road surfaces. Cand. Diss. (Engineering). Volgograd. 2010. (In Russian).
5. Susliganov P.S. Improving the quality control methods for paving with a rough surface. Cand. Diss. (Engineering). Volgograd. 2006. (In Russian).
6. Kochetkov A.V., Yankovsky L.V., Kadyrov Zh.N. Standardization of roughness of products of the machine-building industry on the basis of variable height indicator of ledges and variable depth indicator of hollows as an extension of state Standard GOST 2789–73. *Chemical and Petroleum Engineering* (2014). Volume 50, Issue 1–2, June 2014, Pages 50–57.
7. Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V., Sukhov A.A. Rationing macro-rough surfaces. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. Seriya «Arkhitektura. Stroitel'stvo. Transport».* 2013. No. 1(36), pp. 137–144. (In Russian).
8. Sukhov A.A. Improving traffic safety research methods taking into account the variability of the coefficient of adhesion macro-rough road surfaces. Cand. Diss. (Engineering). Volgograd. 2014. (In Russian).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

Общество с ограниченной ответственностью
«Малое инновационное предприятие
«Технопарк МАДИ»



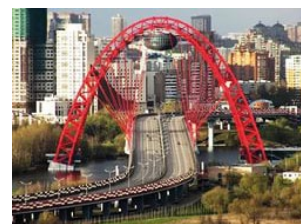
СРО №0434.03-2013-7714859337-П-050 от 16.07.2015 г.

125829 Москва
Ленинградский проспект, 64

Тел. (499) 155-03-69, факс (499) 155-08-76
E-mail: mosti.madi@mail.ru, bridge@madi.ru

Основные направления деятельности:

- Обследования и испытания транспортных сооружений, зданий и конструкций различного назначения;
- Строительный контроль;
- Научно-техническое сопровождение строительства и ремонта транспортных сооружений;
- Мониторинг технического состояния конструкций в процессе строительства и эксплуатации;
- Разработка нормативных и методических документов;
- Выполнение проектных и научно-исследовательских работ в области транспортного строительства;
- Определение возможности пропуска по мостам и дорогам негабаритных и тяжелых грузов;
- Испытание дорожно-строительных материалов и конструкций на испытательном комплексе КУИДМ-2 «Карусель»



Контактное лицо: к.т.н, доцент Валиев Шерали Назаралиевич тел. 8(985)233-99-19

Реклама

При поддержке:



Ассоциация развития стального строительства

Российский союз поставщиков металлопродукции



Организатор:





Международная специализированная выставка

Металло Конструкции 2016

22-25

марта 2016

Москва
ЦВК «Экспоцентр»

Генеральный информационный партнер:



Специализированный журнал
«Металлоснабжение и сбыт»

Оргкомитет выставки:
+7 (495) 734-99-66

www.mc-expo.ru

Ю.Г. МЕЩЕРЯКОВ, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Строительные материалы»,
С.В. ФЕДОРОВ, канд. техн. наук, руководитель отделения Центра компетенций
по операционным и поддерживающим процессам (Fedorov.Sergey@atomprof.spb.ru)

Санкт-Петербургский филиал Негосударственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Центральный институт повышения квалификации Госкорпорации «Росатом» (197348, Санкт-Петербург, ул. Аэродромная, 4, Литера А)

Проблемы применения проникающей гидроизоляции

Рассмотрен вопрос применения в строительстве сухой смеси «проникающая гидроизоляция», позволяющей повысить плотность и водонепроницаемость влажного бетона и строительного раствора на основе портландцемента и его разновидностей. Однако существует ряд факторов, неоднозначно влияющих на конечное состояние бетонного камня. При нанесении «проникающей гидроизоляции» повышение водонепроницаемости достигается за счет изменения структуры бетона, снижения его пористости, но растворимость компонентов цементного камня не изменяется. Поэтому при последующей эксплуатации возможно повышение водонепроницаемости при растворении компонентов цементного камня. Широкое применение «проникающей гидроизоляции» в строительной практике требует разработки методов контроля процессов массообмена.

Ключевые слова: проникающая гидроизоляция, сульфаталюминатная коррозия цементного камня, процесс массообмена.

Yu.G. MESHCHERYAKOV, Doctor of Sciences (Engineering), Head of «Building Materials» Department, S.V. FEDOROV, Candidate of Sciences (Engineering), Head of Division, Center of competences in operational and supporting processes (Fedorov.Sergey@atomprof.spb.ru)
Saint-Petersburg Branch of Rosatom Central Institute for continuing education and training
(4 A Aerodromnaya Street, 187348 St. Petersburg, Russian Federation)

Problems of Use of Penetrating Waterproofing

An issue of application of a dry mix of «penetrating waterproofing», which makes it possible to improve the density and water resistance of the wet concrete and mortar on the basis of Portland cement and its species in construction, is considered. However, there are some factors which ambiguously influence on the final state of the concrete stone. When applying the «penetrating waterproofing», improving the water resistance is achieved due to changing the structure of concrete, reducing its porosity, but the solubility of components of the cement stone does not change. Therefore, in the course of subsequent operation an increase in water permeability at dissolving the components of cement stone is possible. The wide use of «penetrating water proofing» in the construction practice requires the development of methods for control over mass-exchange processes.

Keywords: penetrating waterproofing, sulfoaluminate corrosion of cement stone, mass-exchange process.

К гидроизоляционным относят многие природные и техногенные материалы, способные образовать водонепроницаемую преграду, исключаящую миграцию воды через материал или конструкцию [1–5]. Плотные разновидности бетонов и строительных растворов на портландцементе и его разновидностях также применяются для гидроизоляции [6].

В последнее десятилетие на рынке строительных материалов РФ появилась группа сухих смесей, получившая название «проникающая гидроизоляция» [7–9]. По сравнению с известными способами гидроизоляции – обмазочной, оклеечной и другими «проникающая гидроизоляция» имеет преимущества:

1. Производится обработка влажного и насыщенного водой материала (при проведении ремонтных и ремонтно-восстановительных работ исключается операция сушки материала и конструкции).

2. Обработка производится с открытой поверхности конструкции (например, повышение прочности и водонепроницаемости бетонного фундамента может быть обеспечено со стороны подвального помещения).

Сухая смесь состоит из портландцемента (сухая цементная растворная смесь), мелкого заполнителя, например кварцевого песка, может содержать другие твердые компоненты, а также легко растворимые в воде соли-сульфаты, карбонаты или нитраты. Смесь затворяется водой и тонким слоем наносится на поверхность насыщенного водой основания, прочность и водонепроницаемость которого необходимо повысить при проведении ремонтных и ремонтно-восстановительных работ. Применяются смеси для обработки доступной поверхности бетонов и строительных растворов на основе портландцемента и его разновидностей, образовавшихся при гидролизе и гидратации клинкерных минералов портландцемента.

После затворения сухой смеси водой легко растворимый компонент растворяется в воде и под действием

осмотического и капиллярного давления проникает в основание. Необходимым условием успешной обработки основания являются капиллярные поры диаметром менее 20 мкм. Обработка крупнопористых бетонов (легких и особо легких) не дает положительных результатов.

Рассматриваемые смеси разрешены для использования в качестве гидроизоляции поверхностей бетонных и железобетонных конструкций. Состав смеси и содержание в них легко растворимых в воде веществ не раскрываются.

Кафедрой «Материаловедение в строительстве» Уральского технического университета – УПИ определены состав новообразований цементного камня после нанесения проникающей гидроизоляции (отчет по научно-исследовательской работе «Состав продуктов твердения цементного камня до и после нанесения проникающей капиллярной смеси «Пенетрон», Екатеринбург, 2010 г.). Исследования проведены в течение 360 сут. В ходе проведения испытаний выявлено, что причиной повышения плотности, прочности и водонепроницаемости цементного камня является образование гипса, гидросульфаталюмината кальция высокосульфатной формы (эттрингит) и гидрокарбоалюмината кальция. Можно сделать вывод, что сухая смесь должна содержать легко растворимый в воде сульфат.

В отчете отмечено также, что «скорость формирования кристаллов и глубина проникновения активных химических компонентов зависят от многих факторов: плотности, пористости бетона, влажности, температуры...». К этому следует добавить, что эффективность обработки и ее конечный результат должны зависеть от концентрации химических добавок в сухой смеси, толщины слоя добавки на поверхности обрабатываемого основания, минерального состава портландцемента и др.

Предлагается нанести ремонтную смесь на поверхность основания «тонким» слоем. В строительной практике тонким называют слой отделочного материала

(шпатлевки, растворной смеси) толщиной до 2 мм. Очевидно, что при обработке неровной поверхности толщина слоя может быть различной и, следовательно, будут различаться условия обработки основания на отдельных участках.

Известно [10], что миграция водных растворов сульфатов вызывает сульфатную коррозию цементного камня и бетона. В раннем возрасте и при ограниченной миграции имеет место повышение плотности, прочности и водонепроницаемости цементного камня, но неограниченный и неконтролируемый массоперенос обуславливает появление сильных внутренних напряжений и разрушение цементного камня и бетона.

По этой причине ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» ограничивает содержание сульфатов и сульфидов в заполнителях для бетона, а ГОСТ 23732–2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия» по этой же причине ограничивает содержание ионов SO_4^{2-} в воде, которая используется при приготовлении бетонных смесей. Содержание сульфата кальция (гипса) ограничивается также в портландцементе (не более 3,5% от массы цемента в пересчете на SO_3).

При испытании заполнителей для солестойких бетонов и ускоренном определении морозостойкости материал насыщают водным раствором сульфата натрия и далее высушивают при 100–105°C. Кристаллизация соли из пересыщенного раствора в порах приводит к сравнительно быстрому разрушению природного камня или бетона.

При применении сухих смесей контрольные испытания образцов из укрепляемого основания производятся в возрасте 28 сут, но в насыщенном водой бетоне массоперенос из нанесенного слоя «проникающей гидроизоляции» может не закончиться и привести к разрушению основания. В отчете УПИ отмечено, что при твердении контрольных образцов без обработки смесью образование этtringита в цементном камне закончилось в возрасте 60 сут. В образцах, обработанных смесью, образование этtringита в течение 360 сут (продолжительность испытания) идет с приблизительно постоянной скоростью и не заканчивается. При этом разрушение смеси или основания может случиться тогда, когда ремонтно-восстановительные работы закончены и объект принят заказчиком.

Для иллюстрации сложности процессов массообмена при применении «проникающей гидроизоляции» можно привести следующий пример. Если в состав сухой смеси входит клинкер портландцемента и сульфат натрия, после затворения сухой смеси водой взаимодействие Na_2SO_4 с известью происходит и в самой ремонтной смеси путем прямого массообмена, т. е. с высокой скоростью. В этих условиях сложно рассчитать количество Na_2SO_4 , которое будет мигрировать в основание, и, следовательно, определить необходимое содержание сульфата натрия в сухой смеси и контролировать процессы массопереноса. Следует предположить, что более вероятным является разрушение слоя «проникающей гидроизоляции» и контактной зоны укрепляемого основания.

Отметим также высокую вероятность кристаллизации солей на поверхности ремонтного слоя или основания (образование высолов), что затрудняет производство отделочных работ.

Повышение водонепроницаемости достигается за счет изменения структуры бетона, снижения его пористости, но растворимость компонентов цементного камня не изменяется. Поэтому при последующей эксплуатации возможно повышение водопроницаемости при растворении компонентов цементного камня.

Выводы. Широкое применение «проникающей гидроизоляции» в строительной практике требует разработки методов контроля процессов массообмена. По достижении положительного эффекта смеси следует

удалять с поверхности основания. Применение смесей без разработки методов контроля качества при длительной обработке следует признать преждевременным.

Список литературы

1. Попченко С.Н. Гидроизоляция сооружений и зданий. Л.: Стройиздат, 1981. 304 с.
2. Хрулев В.М. Гидроизоляционные и герметизирующие материалы. Новосибирск: НИСИ, 1985. 75 с.
3. Искрин В.С. Гидроизоляция ограждающих конструкций промышленных и гражданских сооружений. М.: Стройиздат, 1975. 318 с.
4. Савилова Г.Н. Гидроизоляция зданий и сооружений // *Строительные материалы*. 2003. № 7. С. 32–34.
5. Синявский В.В. Материалы для гидроизоляции и гидрофобизации сооружений // *Строительные материалы*. 2003. № 5. С. 22–25.
6. Латышева Л.Ю., Смирнов С.В. Как защититься от воды и сырости // *Строительные материалы*. 2003. № 8. С. 24–28.
7. Бабушкин В.И., Прошин О.Ю., Кондращенко Е.В. и др. Новые гидроизоляционные материалы проникающего действия типа ВИАТРОН // *СтройПрайс*. 2004. № 40 (210). С. 8–9.
8. Леушин В.Ю., Григорьева И.А. Эффективный способ защиты бетонных и железобетонных конструкций: проникающая гидроизоляция. *Бюллетень строительной техники*. 2010. № 2 (906). С. 54–56.
9. Вальцифер И.В., Сизенева И.П., Саенко Е.В., Вальцифер В.А., Стрельников В.Н. Разработка гидроизоляционного состава проникающего действия для бетонных конструкций. *Промышленное и гражданское строительство*. 2010. № 12. С. 46–48.
10. Москвин В.Н. и др. Коррозия бетона и железобетона, методы защиты. М.: Стройиздат, 1980. С. 536.

References

1. Popchenko S.N. Gidroizolyatsiya sooruzheniy i zdaniy [Waterproofing of constructions and buildings]. Leningrad: Stroyizdat. 1981. 304 p.
2. Hrulev V.M. Gidroizoljacionnye i germetizirujushhie materialy [Waterproofing and sealing materials]. Novosibirsk: NISI. 1985. 75 p.
3. Iskrin V.S. Gidroizolyatsiya ogradhdayushchikh konstruksiy promyshlennykh i grazhdanskikh sooruzheniy [Waterproofing of the protecting designs of industrial and civil constructions]. Moscow: Stroyizdat. 1975. 318 p.
4. Savilova G.N. Waterproofing buildings. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 7, pp. 32–34. (In Russian).
5. Sinyavsky V.V. Materials for waterproofing and hydrophobic structures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 5, pp. 22–25. (In Russian).
6. Latysheva L.Y., Smirnov S.V. How to protect against water and dampness. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 8, pp. 24–28. (In Russian).
7. Babushkin V.I., Proshhin O.Ju., Kondrashchenko E.V. i dr. The new guide-roizolyatsionnye materials penetrating type VIATRON. *StrojPrajs*. 2004. No. 40 (210), pp. 8–9.
8. Leoushin V.U., Grigoriev I.A. The effective method of protection of concrete and reinforced concrete structures: penetrating waterproofing. *Byulleten' stroitel'noy tekhniki*. 2010. No. 2 (906), pp. 54–56. (In Russian).
9. Valtsifer I.V., Sizenewa I.P., Saenko E.V., Valtsifer V.N., Strelnikov V.N. Development of penetrating waterproofing composition for the concrete constructional elements. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2010. No. 12, pp. 46–48. (In Russian).
10. Moskvina V.N. i dr. Korroziya betona i zhelezobetona, metody zashchity [Corrosion of concrete and reinforced concrete, protection methods]. Moscow: Stroyizdat. 1980. 536 p.

А.И. ПИМЕНОВ, инженер (kreation02@mail.ru), Р.А. ИБРАГИМОВ, канд. техн. наук,

В.С. ИЗОТОВ, д-р техн. наук

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1)

Влияние ультразвуковой обработки цементного теста на физико-механические свойства цементных композиций

Приведены данные влияния активации воды затворения и ультразвуковой обработки на кинетику тепловыделения и сроки схватывания цементного теста, а также на прочность цементно-песчаного раствора. Показано, что с увеличением интенсивности ультразвукового воздействия сокращаются как начало, так и конец схватывания цементного теста. Совместное сочетание активации воды затворения и ультразвуковой обработки модифицированного цементного теста позволяет значительно повысить прочность растворяемых смесей. Кинетика тепловыделения цементного теста, затворенного на активированной воде и подвергнутого ультразвуковому воздействию, свидетельствует об ускорении процессов гидратации и структурообразования цементного камня, что имеет важное практическое значение в монолитном домостроении.

Ключевые слова: ультразвук, цементное тесто, раствор, электрохимическая активация воды, гиперпластификатор.

A.I. PIMENOV, Engineer (kreation02@mail.ru), R.A. IBRAGIMOV, Candidate of Sciences (Engineering), V.S. IZOTOV, Doctor of Sciences (Engineering) Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, Kazan, 420043, Russian Federation)

Influence of Ultrasonic Treatment of Cement Paste on Physical-Mechanical Properties of Cement Compositions

The article presents the data on the impact of activation of mixing water and ultrasonic treatment on the kinetics of heat emission and time of setting of cement paste as well as on the strength of cement-sand mortar. It is shown that increasing the intensity of ultrasonic impact reduces both the beginning of setting and the end of setting of cement paste. The joint combination of mixing water activation and ultrasonic treatment of the modified cement paste makes it possible to significantly improve the strength of mortar mixes. The kinetics of heat emission of cement paste mixed with activated water and subjected to the ultrasonic impact demonstrates the acceleration of processes of hydration and structure formation of cement stone that is of practical importance for monolithic construction.

Keywords: ultrasonic, cement paste, mortar, electrochemical activation of water, superplasticizer.

Спрос на жилищное и промышленное строительство определяет рост и развитие экономики. Поэтому для выполнения необходимых требований в эпоху развития нужны инновационные технологии, с помощью которых можно сократить сроки, уменьшить расходы и увеличить объемы строительства.

Бетонные изделия и железобетонные конструкции занимают основную долю в объеме строительных материалов, поэтому процесс повышения их эффективности на стадии изготовления имеет важное значение.

В современных условиях наблюдается значительный рост монолитного строительства с использованием подвижных и высокоподвижных бетонных смесей, применение которых приводит к значительному перерасходу цемента и, как следствие, удорожанию строительства. Кроме того, повышение расхода цемента приводит к увеличению усадочных деформаций и снижению трещиностойкости бетона.

Одним из путей решения данной проблемы является активация сырьевых компонентов, в первую очередь цемента. Например, активация цемента при помощи ультразвукового воздействия позволяет получить существенный прирост прочности бетона [1–3] или снизить расход цемента.

Наряду с ультразвуковым воздействием на цементные композиции известны электрохимические методы, основанные на регулировании pH воды затворения, что также приводит к повышению прочности бетона на 20–30%, при этом регулирование параметров электрообработки воды затворения дает возможность управлять твердением и физико-механическими свойствами вяжущего [4], повышает растекаемость цементного теста с одновременным повышением его пластической прочности [6], что способствует ускорению процесса структурообразования бетона.

В статье приводятся результаты исследования влияния ультразвукового воздействия (УЗВ) на цементное

тесто, затворенного как на обычной, так и на электрохимически активированной (ЭХА) воде, в том числе и в присутствии гиперпластификаторов на поликарбоксилатной основе, на его сроки схватывания и физико-механические свойства цементного раствора. Исходная вода соответствует ГОСТ 2874–82.

Ультразвуковую обработку цементного теста проводили с помощью ультразвукового прибора УЗГ13-0,1/22, мощность воздействия варьировалась от 0 до 92 Вт, частота пьезокерамического преобразователя составляла 22 кГц.

Электрохимическую активацию воды затворения осуществляли в приборе «Мелеста-М» до достижения рН, равной 10,5 ед.

В работе использовали гиперпластификаторы «Гиперлит» и «Remicrete SP-60». Добавка «Гиперлит» представляет собой сополимер на основе полиоксиэтиленовых производных ненасыщенных карбоновых кислот, содержание сухого вещества 30–35%. Оптимальная дозировка 0,9–1,5% от массы цемента.

«Remicrete SP-60» – сополимер на основе полиэфиркарбоксилатов, плотность водного раствора 1,09 г/см³, имеет сертификационный номер: 0764-CPD–0012 (согласно EN 934–2:2001). Оптимальная дозировка 1% от массы цемента.

Исследование влияния УЗВ выполнялось на портландцементе Вольского завода ПЦ400 Д20. Сравнивались составы, обработанные при различной мощности и времени ультразвукового воздействия. Водоцементное отношение составило 0,42.

После ультразвукового воздействия на цементное тесто определяли pH среды с помощью прибора «testo 206 pH-2». Результаты эксперимента приведены в табл. 1, из которой следует, что в зависимости от мощности ультразвукового воздействия повышается температура цементного теста от 20 до 38°C, сокращаются сроки его схватывания: начало – на 4–96%, а конец – на 4–70%.

Таблица 1

Влияние интенсивности ультразвукового воздействия на свойства цементного теста

Продолжительность УЗВ, мин	Мощность, Вт	Температура теста, °С	рН	Сроки схватывания, мин	
				Начало	Конец
Контрольный	–	20,5	12,56	350	550
1	40	21,1	12,44	335	530
3	40	22,8	12,54	315	515
5	40	22,6	12,47	290	500
7	40	22,5	12,59	270	460
1	60	21,9	12,4	320	520
3	60	23,5	12,41	305	500
3	72	24,7	12,42	295	485
5	72	26,3	12,4	275	460
3	80	27,3	12,41	294	451
5	80	32,4	12,43	284	457
1	92	26,3	12,57	312	501
3	92	33,6	12,33	273	440
5	92	38,2	11,97	242	385

При мощности воздействия 40 Вт и времени воздействия ультразвука от 1 и до 7 мин, температура цементного теста повышается на 1–2°С, при этом начало схватывания сокращается на 15–80 мин, а конец на 20–90 мин. При мощности ультразвукового воздействия 92 Вт в течении 1–5 мин, температура цементного теста повышается на 6–18°С, при этом начало схватывания сокращается на 38–108 мин, конец – на 49–165 мин.

Таким образом, результаты эксперимента показывают, что с увеличением интенсивности (продолжительности и мощности) ультразвукового воздействия на цементное тесто без добавок наблюдается повышение его температуры, сокращаются сроки схватывания и повышается рН среды, тем значительнее, чем выше интенсивность ультразвукового воздействия.

Во второй серии опытов ультразвуковому воздействию подвергалось пластифицированное цементное тесто постоянной подвижности. В качестве пластификаторов использовались добавки «Гиперлит» и «Remicrete SP-60» в оптимальных дозировках.

Результаты исследований, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о значительном влиянии продолжительности ультразвукового воздействия на сроки схватывания пластифицированного цементного теста.

С увеличением продолжительности ультразвукового воздействия наблюдается сокращение времени начала и конца схватывания цементного теста, модифицированного как добавкой «Гиперлит», так и добавкой «Remicrete SP-60», при этом наиболее интенсивное сокращение сроков схватывания (на 63–67%) происходит в случае применения добавки «Гиперлит». Это обусловлено тем, что данная добавка даже без ультразвукового воздействия сокращает сроки начала схватывания

теста с 440 до 330 мин, в то время как добавка Remicrete SP-60 увеличивает сроки схватывания на 12–18% по сравнению с контрольным составом.

Исследовано влияние ультразвуковой активации пластифицированного цементного теста на физико-механические свойства цементного раствора состава 1:3. Испытания выполнялись в соответствии с методикой ГОСТ 310.4–81, при этом расплыв конуса составил 106–108 мм. В качестве вяжущего применялся портландцемент Вольского завода ПЦ400 Д20, а в качестве мелкого заполнителя – песок Камско-Устьинского месторождения с модулем крупности 2,7. Результаты эксперимента приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что при введении в состав цементно-песчаного раствора данных гиперпластификаторов происходит снижение водоцементного отношения с 0,42 до 0,3–0,31, одновременно существенно повышается прочность раствора, как в ранние сроки твердения, так и в возрасте 28 сут. Так, в возрасте 2 сут нормального твердения прочность раствора с добавкой «Гиперлит» повышается на 52% при изгибе и на 38% при сжатии, в возрасте 28 сут – на 61% при изгибе и на 48% при сжатии.

При введении добавки «Remicrete SP-60» в оптимальной дозировке повышение прочности как при изгибе, так и при сжатии значительно выше, чем в случае применения добавки «Гиперлит». В возрасте 2 сут нормального твердения прочность раствора с добавкой «Remicrete SP-60» повышается на 85% при изгибе и на 46% при сжатии, а в возрасте 28 сут прочность раствора повышается на 186% при изгибе и на 91% при сжатии.

В случае, если раствор приготовить на пластифицированном цементном тесте, подвергнутым ультразвуковой обработке, то может быть получен дополнительный прирост прочности как в ранние сроки твердения, так и в проектном возрасте. При ультразвуковой обработке цементного теста, пластифицированного добавкой «Гиперлит», прочность цементно-песчаного раствора в возрасте 2 сут дополнительно повышается на 15% при изгибе и на 13% при сжатии, а в возрасте 28 сут на 24% при изгибе и на 14% при сжатии.

Еще более существенный прирост прочности раствора наблюдается, если ультразвуковой обработке подвергать цементное тесто, пластифицированное добавкой Remicrete SP-60. В этом случае дополнительный прирост прочности составит через 2 сут 17% при изгибе и 18% при сжатии, а через 28 сут – 38% и 28% соответственно.

В ряде исследований [4, 5] показано, что изменение рН воды затворения, в частности путем ее электрохими-

Таблица 2

Влияние интенсивности ультразвукового воздействия на сроки схватывания пластифицированного цементного теста

Вид и дозировка добавки, %		Время УЗВ, мин	Мощность, Вт	t, °С	В/Ц	Сроки схватывания, мин	
Гиперлит	Remicrete SP-60					Начало	Конец
–	–	–	–	22	0,42	440	510
1,25	–	–	–	22,1	0,31	330	505
1,25	–	3	92	25,7	0,31	320	390
1,25	–	5	92	31,1	0,31	290	380
1,25	–	7	92	42,3	0,31	275	340
–	1	–	–	22,2	0,3	520	570
–	1	3	92	26,4	0,3	460	550
–	1	5	92	33	0,3	380	440
–	1	7	92	45,7	0,3	330	390

Таблица 3
Влияние гиперпластификаторов и ультразвуковой обработки на физико-механические свойства цементного раствора

Вид и дозировка добавки, %		Время диспергации, мин	Мощность, Вт	В/Ц	Прочность при изгибе, МПа		Прочность при сжатии, МПа	
Гиперлит	Remicrete SP-60				2 сут	28 сут	2 сут	28 сут
–	–	–	–	0,42	2,43	4,87	9,24	27,63
–	–	7	92	0,42	2,89	5,60	11,18	32,05
1,25	–	–	–	0,31	3,69	6,72	14,88	40,89
1,25	–	7	92	0,31	4,06	6,87	17,09	44,76
–	1	–	–	0,3	4,52	7,13	25,52	52,7
–	1	7	92	0,3	4,68	7,50	29,04	60,63

Таблица 4
Влияние ультразвукового воздействия и ЭХА воды на прочность цементного раствора

Дозировка добавки «Remicrete SP-60», %	рН воды	Время УЗВ, мин	В/Ц	Прочность при изгибе, МПа		Прочность при сжатии, МПа	
				2 сут	28 сут	2 сут	28 сут
–	7,2	–	0,42	2,5	5,6	9,8	34
–	10,5	–	0,42	2,7	6,1	11,2	37,1
–	10,5	7	0,42	3,1	6,6	12,5	40
1	7,2	–	0,3	4,5	7,6	22,7	53,8
1	10,5	–	0,3	4,9	7,9	24,2	56,1
1	10,5	7	0,3	5,1	8,2	26,8	61,2

ческой активации, оказывает положительное влияние на процессы твердения цементного камня и бетона. В связи с этим определенный научный интерес представляет изучение совместного влияния на прочность цементно-песчаного раствора ультразвукового воздействия на модифицированное цементное тесто, полученное затворением ЭХА водой. Для этой цели использовалась щелочная вода, полученная при помощи электрохимической активации в приборе «Мелеста-М». Время ЭХА составило 20 мин. Цементное тесто затворяли щелочной водой с рН=10,5, содержащей гиперпластификатор «Remicrete SP-60», и подвергали ультразвуковому воздействию при мощности 92 Вт в течение 7 мин. Результаты физико-механических испытаний приведены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что ультразвуковое воздействие на цементное тесто, затворенное щелочной водой в отсутствие добавок и используемое для изготовления раствора состава 1:3 по ГОСТ 310, повышает прочность растворных образцов балочек 4×4×16 см на 2-е и 28-е сут при изгибе на 19–25%, при сжатии – на 17–27 %, по сравнению с контрольным составом.

При модификации цементного теста добавкой «Remicrete SP-60», затворенного на электрохимически активированной воде, прочность цементного раствора на 2-е и 28-е сут повышается при изгибе на 9–24%, а при сжатии – на 21–42% по сравнению с модифицированным составом, полученным на обычной воде затворения и без и ультразвукового воздействия. При ультразвуковом воздействии дополнительный прирост прочности раствора через 2 сут составляет при изгибе – 4%, при сжатии – 10%. Через 28 сут нормального твердения дополнительный прирост прочности раствора как при изгибе, так и при сжатии составляет 9%. Таким образом, при совместном модифицирующем воздействии гиперпластификатора, ЭХА воды затворения и ультразвука

обеспечивается прирост прочности раствора при изгибе в возрасте 2 сут практически в 2 раза, при сжатии – в 1,7 раза, а в возрасте 28 сут прочность при изгибе увеличивается на 48% и при сжатии – на 79% по сравнению с обычным раствором без модифицирующего воздействия.

Изменение сроков схватывания цементного теста и повышение прочности раствора, особенно в ранние сроки связано с особенностями процесса гидратации цемента и структурообразования цементного камня. Особенности процесса гидратации портландцемента при наличии модифицирующих воздействий изучались методом термосной калориметрии с помощью измерительного комплекса «Термохрон». Результаты испытаний приведены на рисунке.

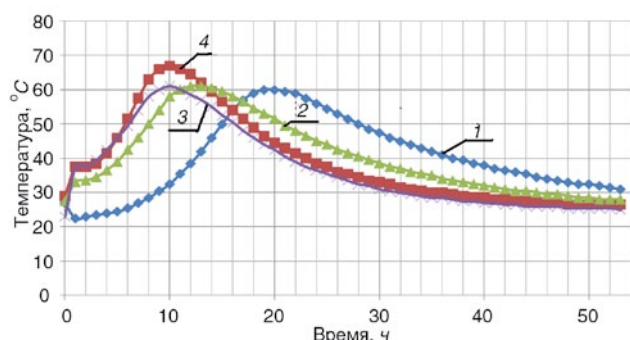
Из рисунка видно, что ультразвуковое воздействие на цементное тесто приводит к повышению температурного максимума и смещению его влево по сравнению с контрольным составом. В составе с добавкой «Remicrete SP-60» наблюдается наибольшее повышение температурного пика (с 60 и до 68°C).

Смещение температурного пика кривых влево в образцах, полученных УЗВ цементного теста, свидетельствует о более быстрой гидратации портландцемента.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы: ультразвуковое воздействие на

цементное тесто влияет на сроки схватывания. С увеличением интенсивности (мощности и времени) воздействия ультразвука сокращаются как начало схватывания (на 15–108 мин), так и конец схватывания (на 20–165 мин). При введении в цементное тесто добавок «Гиперлит», «Remicrete SP-60» с одновременным ультразвуковым воздействием постоянной интенсивности, начало схватывания дополнительно сокращается на 10–190 мин, а конец схватывания – на 20–180 мин.

Прочность цементно-песчаного раствора, полученного на цементном тесте, подвергнутом ультразвуковому воздействию, выше контрольного состава в исследуемые сроки при изгибе на 15–19%, при сжатии на 16–21%. При совместном воздействии добавки гиперпластификатора и ультразвука увеличивается прочность цементно-песчаного раствора при изгибе на 3–15%, при сжатии – на 14–38% по сравнению с составом



Кинетика тепловыделения цементного теста: 1 – состав без добавок; 2 – состав без добавок с УЗВ на цементное тесто, затворенное щелочной водой; 3 – состав без добавок, затворенный на обычной воде и подвергнутый УЗВ; 4 – состав с добавкой «Remicrete SP-60», затворенный на щелочной воде и подвергнутый УЗВ

вом, модифицированным только гиперпластификатором. Прочность составов, модифицированных добавкой «Remicrete SP-60» при ультразвуковом воздействии на цементное тесто, затворенное ЭХА водой, выше прочности модифицированного состава, затворенного щелочной водой без УЗВ цементного теста при изгибе на 6–8%, при сжатии – на 14–24%.

Список литературы

1. Robler C., Stockigh M., Peters S., Ludwig H.-M. Power-ultrasound – an efficient method to accelerate setting and early strength development of concrete. F.A. Finger-Institute for building Materials Science, Bauhaus-University Weimar, Germany, 2009.
2. Daniel Peter Kennedy. A study to determine and quantify the benefits of using power ultrasound technology in a precast concrete manufacturing environment. Trinity College Dublin, 2012.
3. Патент РФ 2371414 С1. *Бетонная смесь* / Белов В.В., Кузнецов М.Ю., Брусов А.С. Заявл. 03.04.2008. Оpubл. 27.10.2009.
4. Сафронов В.Н., Кугаевская С.А., Румянцева Е.В. Цикловая магнитная активация жидких сред затворения с нарушенной структурой различного химического состава. *Вестник ТГАСУ*. 2012. № 3. С. 133–142.
5. Баженов Ю.М., Фомичев В.Т. и др. Теоретическое обоснование получения бетонов на основе электрохимически- и электромагнитно-активированной воды затворения. *Интернет-вестник ВолгГАСУ*. 2012. Вып. 2 (22) (дата обращения 30.09.2015).
6. Кудяков А.И., Петров А.Г., Петров Г.Г., Иконникова К.В. Улучшения качества цементного камня путем многочастотной ультразвуковой активации воды затворения. *Вестник ТГАСУ*. № 3. 2012. С. 143–152.
7. Лукьянченко М., Джелал А., Струбалин А. Влияние технологических параметров на прочность различных видов вяжущих при ультразвуковой обработке водотвердых суспензий. *Motrol. Commission of motorization and energetic in agriculture*. Lublin-Rzeszow. Vol.15. 2013. No. 5, pp. 17–22.
8. Федоркин С.И., Макарова Е.С., Елкина Е.Е. Повышение прочности цементного камня путем модификации цемента механоактивированными малыми частицами. *Коммунальное хозяйство городов*. Харьков: ХНУГХ им. А.Н.Бекетова. 2012. № 105. С. 22–27.

Кинетика тепловыделения цементного теста свидетельствует о более быстрой гидратации портландцемента, подверженного УЗВ. Ускорение процесса гидратации и структурообразования имеет важное значение при монолитном строительстве, так как снижение времени выдерживания железобетонных конструкций в опалубке является актуальной задачей.

References

1. Robler C., Stockigh M., Peters S., Ludwig H.-M. Power-ultrasound – an efficient method to accelerate setting and early strength development of concrete. F.A. Finger-Institute for building Materials Science, Bauhaus-University Weimar, Germany, 2009.
2. Daniel Peter Kennedy. A study to determine and quantify the benefits of using power ultrasound technology in a precast concrete manufacturing environment. Trinity College Dublin, 2012.
3. Patent RF 2371414 C1. *Betonnaya smes'* [Concrete mix]. Belov V.V., Kuznecov M.Yu., Brycov A.S.; Declared 03.04.2008, Published 27.10.2009. (In Russian).
4. Safronov V.N., Kugaevskaya S.A., Romyantseva E.V. Cyclic magnetic activation of liquid environments of a zatvoreniye with the broken structure of various chemical composition. *Vestnik TGASU*. 2012. No. 3, pp. 133–142. (In Russian).
5. Bazhenov Yu.M., Fomichev V.T. Theoretical justification of receiving concrete on the basis of electrochemical and elektromagnitnoaktivirovanny water of mixing. *Internet-vestnik VolgGASU*. 2012. No. 2 (22) (date of access 30.09.2015). (In Russian).
6. Kudjakov A.I., Petrov A.G., Petrov G.G., Ikonnikova K.V. Improvements of quality of a cement stone by multifrequency ultrasonic activation of water of mixing. *Vestnik TGASU*. 2012. No. 3, pp. 143–152. (In Russian).
7. Luk'yanchenko M., Dzhelyal A., Strubalin A. Influence of technological parameters on durability of different types of water firm suspensions knitting at ultrasonic processing. *Motrol. Commission of motorization and energetic in agriculture*. Lublin-Rzeszow. Vol.15. 2013. No. 5, pp. 17–22.
8. Fedorkin S.I., Makarova E.S., Elkina E.E. Increase of durability of a cement stone by cement modification by the mechanoactivated small particles. *Kommunal'noe khozyaistvo gorodov*. Khar'kov: KhNUGKh imeni A.N. Beketova. 2012. No. 105, pp. 22–27. (In Russian).



Международная научно-практическая конференция ПРОМЫШЛЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ: ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

9–13 ноября 2015, г. Казань, Россия

Конференция проводится под эгидой Федерального агентства по недропользованию и Правительства Республики Татарстан. Конференция посвящена 70-летию ФГУП «ЦНИИгеолнеруд».

Темы конференции

- Прогноз, поиски и оценка месторождений промышленных минералов
- Развитие мирового рынка промышленных минералов и направления развития отечественной минерально-сырьевой базы
- Инновационные методы и методики изучения и оценки качества сырья, технологии добычи, переработки, получения высоколиквидной продукции

Контакты

По организационным вопросам: Садыхов Равиль Касумович, тел.: (843) 238-74-66, E-mail: root@geolnerud.net

По программным вопросам: Лыгина Талия Зинуровна, тел.: (843) 236-53-73, E-mail: root@geolnerud.net

Секретариат: Антонов Вадим Алексеевич, тел.: (843) 236-44-13, E-mail: antonov-geo@rumbler.ru

Хасанова Марина Борисовна, (843) 236-54-80, E-mail: nauka@geolnerud.net, marina-geolnerud@mail.ru

Адрес: Ул. Зинина, 4, Казань, Россия, 420097

Тел.: 8 (843) 236-47-93. Факс 8 (843) 236 47 04. E-mail: root@geolnerud.net www.geolnerud.net

В.И. ЛОГАНИНА, д-р техн. наук (loganin@mail.ru), М.В. АРИСКИН, канд. техн. наук,
О.В. КАРПОВА, канд. техн. наук, К.В. ЖЕГЕРА, инженер

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28)

Оценка трещиностойкости отделочного слоя на основе сухой клеевой смеси с применением синтезированных алюмосиликатов

Приведен состав сухой клеевой смеси на цементном вяжущем с добавкой на основе синтезируемых алюмосиликатов. Рецепт включает портландцемент, минеральный наполнитель (песок), пластификатор, полимерную и минеральную добавку. Выполнен расчет распределения температуры по сечению ограждающей конструкции. Рассмотрено напряженное состояние клеевого слоя в зависимости от температурных напряжений, возникающих в ограждающей конструкции. Приведены значения максимальных растягивающих и сжимающих напряжений по простиранию и толщине клеевого слоя. Показано, что клеевой слой на основе сухой смеси на цементной основе с применением синтезированных алюмосиликатов является трещиностойким.

Ключевые слова: сухая клеевая смесь, синтезированные алюмосиликаты, трещиностойкость, температурные напряжения.

V.I. LOGANINA, Doctor of Sciences (Engineering) (loganin@mail.ru), M.V. ARISKIN, Candidate of Sciences (Engineering),
O.V. KARPOVA, Candidate of Sciences (Engineering), K.V. ZHEGERA, Engineer
Penza State University of Architecture and Civil Engineering (28, Germana Titova Street, Penza, 440028, Russian Federation)

Evaluation of Crack Resistance of a Finishing Layer on the Basis of Dry Glue Mix with the Use of Synthesized Aluminum Silicates

The composition of dry glue mix with a cement binder and an additive on the basis of synthesized aluminum silicates are presented. The recipe includes Portland cement, filler (sand), plasticizer, polymeric and mineral additives. The calculation of temperature distribution along the section of the enclosing structure is made. The stress state of the glue layer depending on temperature stresses occurring in the enclosing structure is considered. Values of maximal tensile and compressive stresses along the strike and thickness of the glue layer are presented. It is shown that the glue layer on the basis of the dry mix on the cement base with use of synthesized aluminum silicates is a crack resistant.

Keywords: dry glue mix, synthesized aluminum silicates, crack resistance, temperature stresses.

Ранее проведенные исследования доказали эффективность применения в рецептуре плиточного клея на цементной основе синтезированных алюмосиликатов в качестве модифицирующей добавки [1, 2].

Разработана рецептура сухой клеевой смеси на цементной основе, которая может применяться в качестве плиточного клея для выполнения облицовки фасадов и внутренних стен зданий керамической плиткой. Рецепт включает портландцемент, минеральный наполнитель (песок), пластификатор, полимерную и минеральную добавку.

Для оценки трещиностойкости слоя на основе плиточного клея были рассчитаны внутренние напряжения от действия температуры. С этой целью был проведен теплотехнический расчет ограждающей конструкции, конструктивное решение которой приведено на рис. 1. Расчеты выполнены для г. Пензы, находящегося в климатическом районе II В и зоне влажности 3 (сухая) (СП 131.13330.2012) [3–6].

В качестве стенового материала принят керамзитобетон с плотностью $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,58 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$. В качестве теплоизоляционного материала применялся пенополистирол плотностью $\rho=40 \text{ кг/м}^3$, коэффициент теплопроводности $\lambda=0,038 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$. Использовалась керамическая плитка плотностью $\rho=2600 \text{ кг/м}^3$ и с коэффициентом теплопроводности $\lambda=1,2 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$. Исследуемый клеевой раствор имеет плотность $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$ и коэффициент теплопроводности $\lambda=0,58 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$. При проведении расчета оптимальная температура воздуха в помещении составляла $t_{\text{опт}}=(18\pm 2)^\circ\text{C}$, а относительная влажность воздуха $\varphi=(55\pm 5)^\circ\text{C}$.

Выполнен расчет распределения температуры по сечению ограждающей конструкции. С учетом получен-

ных значений был выполнен расчет температурных напряжений, возникающих в клеевом слое толщиной 5 мм, для протяженности клеевого слоя (плиточного клея) 102 мм. Схема представлена на рис. 2. Расчеты проводились с помощью универсальной программной

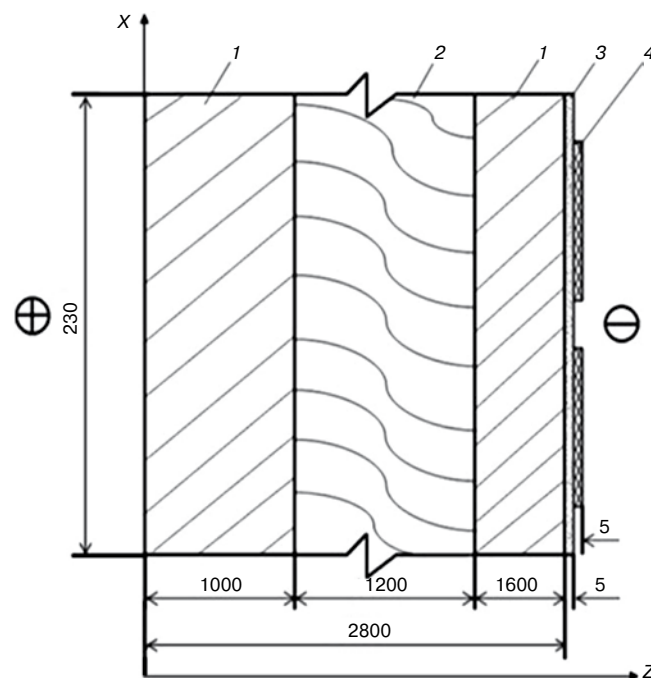


Рис. 1. Конструктивное решение ограждающей конструкции: 1 – керамзитобетон; 2 – пенополистирол; 3 – слой плиточного клея на цементной основе; 4 – керамическая плитка

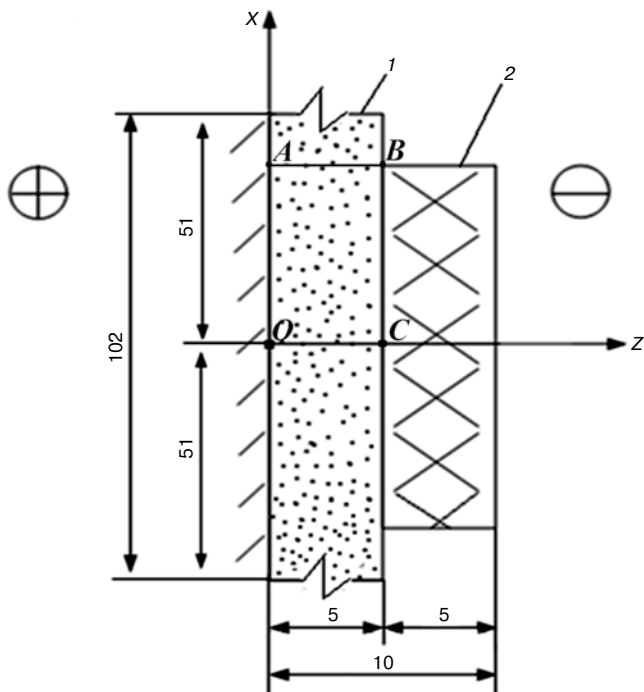


Рис. 2. Расчетная схема ограждающей конструкции

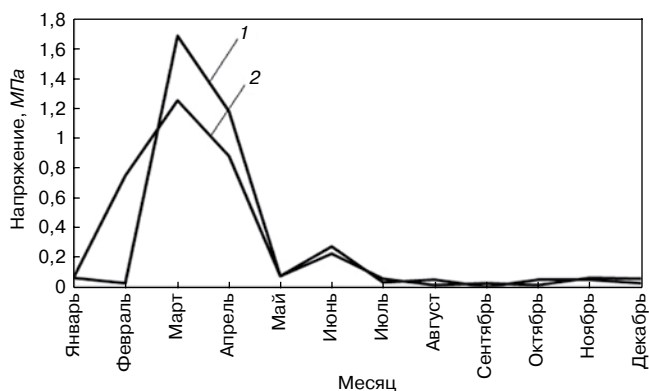


Рис. 3. Изменение растягивающих напряжений σ_x в клеевом слое в течение года (г. Пенза): 1 – на границе с керамзитобетоном; 2 – на границе с керамической плиткой

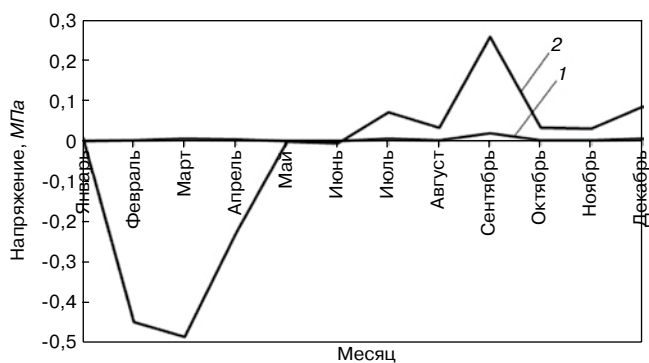


Рис. 4. Изменение максимальных напряжений σ_x в клеевом слое в течение года (г. Пенза): 1 – центр клеевого слоя; 2 – краевая зона клеевого слоя

системы конечно-элементного анализа Mechanical APDL (ANSYS).

На рис. 3 приведены значения растягивающих напряжений в течение года для Пензы. Выявлено, что максимальное растягивающее напряжение по оси X в зоне контакта клеевого слоя с керамзитобетоном (линия OA, рис. 2) наблюдается в марте и составляет

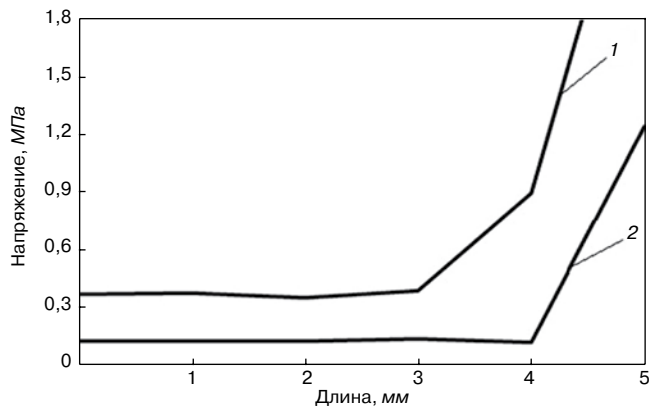


Рис. 5. Изменение растягивающих напряжений σ_x по протяженности клеевого слоя в марте месяце (г. Пенза): 1 – на границе с керамзитобетоном (линия OA, рис. 2); 2 – на границе с керамической плиткой (линия СВ, рис. 2)

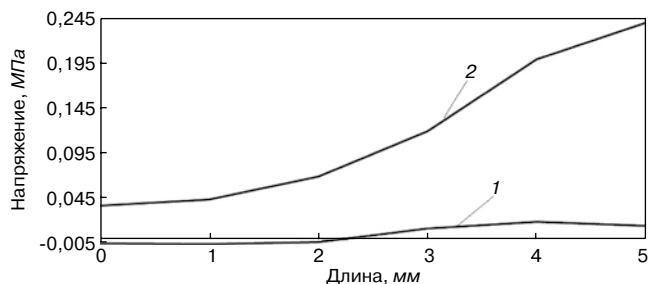


Рис. 6. Изменение напряжений σ_z по толщине клеевого слоя в сентябре (г. Пенза): 1 – в центре клеевого слоя (линия ОС рис. 2); 2 – в концевой зоне клеевого слоя (линия АВ, рис. 2)

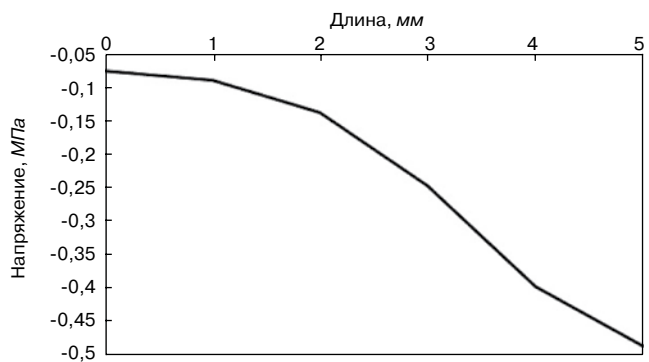


Рис. 7. Изменение сжимающих напряжений σ_z по толщине краевой зоны клеевого слоя в марте (г. Пенза)

$\sigma_x=1,68$ МПа. Максимальное растягивающее напряжение по оси X в зоне контакта клеевого слоя с керамической плиткой (линия СВ, рис. 2) возникает в марте и составляет $\sigma_x=1,24$ МПа.

На рис. 4 показаны значения напряжений, возникающих по толщине клеевого слоя (ось Z) в течение года. Максимальное растягивающее напряжение возникает в центре клеевого слоя (линия ОС, рис. 2) в сентябре ($\sigma_z=0,02$ МПа). В краевой зоне контакта клеевого слоя по оси Z (линия АВ, рис. 2) возникают растягивающие и сжимающие напряжения. Максимальное растягивающее напряжение по оси Z краевой зоны контакта клеевого слоя возникает в сентябре и равно на границе с керамической плиткой $\sigma_z=0,24$ МПа. Максимальное сжимающее напряжение краевой зоны контакта по толщине клеевого слоя возникает в марте и равно на границе с керамической плиткой $\sigma_z=-0,49$ МПа.

На рис. 5 приведены значения растягивающих напряжений по протяженности клеевого слоя, характерных для марта.

Как видно из данных, представленных на рис. 5, максимальные растягивающие напряжения σ_x возникают в концевой зоне клеевого слоя на границе клеевого слоя с керамзитобетоном (линия ОА, рис. 2) и составляют $\sigma_x=1,68$ МПа и на границе клеевого слоя с керамической плиткой (линия СВ, рис. 2) – $\sigma_x=1,24$ МПа.

Значения растягивающих и сжимающих напряжений, возникающих по толщине клеевого слоя, характерных для сентября, приведены на рис. 6.

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 6, показал, что максимальное растягивающее напряжение σ_z возникает в центре плиточного клеевого слоя на границе с керамической плиткой (линия ОС, рис. 2) и составляет $\sigma_z=0,016$ МПа, а максимальное сжимающее напряжение в центре клеевого слоя на границе с керамзитобетоном (линия ОС, рис. 2) – $\sigma_z=-0,0042$ МПа. В концевой зоне клеевого слоя (линия АВ, рис. 2) максимальное растягивающее напряжение возникает в зоне контакта клеевого слоя с керамической плиткой и составляет $\sigma_z=0,24$ МПа.

На рис. 7 показаны значения сжимающих напряжений, возникающих по толщине краевой зоны контакта клеевого слоя (линия АВ, рис. 2), характерных для марта.

Анализ полученных данных показал, что максимальное сжимающее напряжение возникает в зоне контакта клеевого слоя с керамической плиткой (точка В, рис. 2) и составляет $\sigma_z=-0,49$ МПа.

Полученные значения максимальных напряжений сравнивались со значениями когезионной и адгезионной прочности плиточного клея на цементной основе, соответственно равными $R_{ког}=2,2$ МПа и $R_{адг}=1,9$ МПа.

Представленные результаты проведенных расчетов позволяют утверждать, что клеевой слой с применением в рецептуре синтезированных алюмосиликатов является трещиностойким.

Список литературы

1. Логанина В.И., Жегера К.В. Влияние синтезируемых алюмосиликатов на структурообразование цементных сухих строительных смесей // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2014. № 5. С. 36–40.
2. Логанина В.И., Жегера К.В. Оценка эффективности использования синтезированных алюмосиликатов

в цементных системах // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. 2014. № 3. С. 84–87.

3. Фокин К.Ф., Табунщикова Ю.А., Гагарина В.Г. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
4. Горчаков Г.И., Лифанов И.И., Терехин Л.Н. Коэффициенты температурного расширения и температурные деформации строительных материалов. М.: Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете министров СССР, 1968. 167 с.
5. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий). М.: Высшая школа, 1974. 320 с.
6. Ильиченко О.Т. Расчеты теплового состояния конструкций. Харьков: Вища школа, 1979. 168 с.

References

1. Loganina V.I., Zhegera K.V. Influence on structure synthesized aluminosilicate cement dry building mixes. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*. 2014. No. 5, pp. 36–40. (In Russian).
2. Loganina V.I., Zhegera K.V. Evaluating the effectiveness of the use of synthetic aluminosilicates in cement systems. *Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN*. 2014. No. 3, pp. 84–87. (In Russian).
3. Fokin K.F., Tabunshhikova Ju.A., Gagarina V.G. Stroitel'naja teplotehnika ograzhdajushhij chastej zdaniy [Thermal engineering envelope of the building]. Moscow: AVOK-PRESS. 2006. 256 p.
4. Gorchakov G.I., Lifanov I.I., Terehin L.N. Koefficienty temperaturnogo rasshirenija i temperaturnye deformacii stroitel'nyh materialov [Coefficients of thermal expansion and thermal deformation of building materials]. Moscow: Committee of standards, measures and instruments at the Council of Ministers USSR. 1968. 167 p.
5. Il'inskiy V.M. Stroitel'naja teplofizika (ograzhdajushhie konstrukcii i mikroklimat zdaniy) [Building thermal physics (envelope and the microclimate of buildings)]. Moscow: Vysshaja shkola. 1974. 320 p.
6. Il'ichenko O.T. Raschety teplovogo sostojanija konstrukcij. [Calculations of the thermal state structures]. Kharkov: Vishcha shkola. 1979. 168 p.

НОВОСТИ

В Оренбургской области открылся гипсовый завод «ВОЛМА-Оренбург»

4 сентября 2015 г. в поселке Дубенский Беляевского района был введен в эксплуатацию гипсовый завод полного цикла «ВОЛМА». В торжественной церемонии открытия приняли участие руководства правительства Оренбургской области и Республики Беларусь, партнеры из российских регионов и зарубежных государств, ведущие мировые производители строительной отрасли.

Гостям были продемонстрированы образцы продукции нового завода, показана работа цеха по производству пазогребневых плит. Это гипсовая плита для возведения межкомнатных и межквартирных перегородок, с пазами и гребнями по опорной и стыковочной поверхностям. Полученная перегородка не нуждается в оштукатуривании.

Заместитель премьер-министра Республики Беларусь Анатолий Калинин поздравил оренбуржцев с открытием нового современного завода и подчеркнул, что одна из целей визита белорусской делегации – перенять опыт, потому что такое же предприятие планируется заложить под Минском в октябре 2015 г.

По мнению вице-губернатора Оренбургской области по финансово-экономической политике Натальи Левинсон, реализация проекта позволит внести значительный вклад в экономику Оренбургской области и станет еще одним шагом к увеличению экономического потенциала региона, и конечно, это дополнительные рабочие места. На предприятии будут трудоустроены более 150 человек.

«ВОЛМА-Оренбург» – седьмой завод компании в России и первое предприятие полного цикла: от добычи и переработки сырья до производства и дистрибуции готовой продукции. Текущий объем инвестиций в рудник составил 207 млн руб. Возведение завода началось в июне 2012 г. При строительстве применялись энергосберегающие материалы, современные технологии и оборудование: на площадке используется замкнутый цикл очистки сточных вод, а производство сыромолого гипса осуществляется за счет использования вторичного тепла, что экономит природный газ. Предполагается, что годовой объем производства при выходе на проектную мощность составит: пазогребневых плит – 454 тыс. м², сухих гипсовых строительных смесей – 120 тыс. т.

30 сентября 2011 г. правительством Оренбургской области и ООО «Управляющая компания «ВОЛМА» было подписано Соглашение о социально-экономическом партнерстве. В рамках Соглашения восстановлено 12 км железнодорожных путей и погрузо-разгрузочная площадка. На сегодня компания выполнила все обязательства, заявленные в рамках поддержки социальной сферы поселка: отремонтированы средняя школа в Дубенском и детская школа искусств в Беляевке, приобретен концертный рояль «Ямаха».

По материалам пресс-центра корпорации «ВОЛМА»



KNAUF



НЕМЕЦКИЙ СТАНДАРТ. ЕДИНОЕ КАЧЕСТВО ДЛЯ ВСЕХ СТРАН

Высокие корпоративные принципы и традиции производства материалов КНАУФ — это залог качества в строительстве и ремонте!

ЗАВОДЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУХИХ СМЕСЕЙ

- фасовочные машины
- интенсивные смесители
- весовые дозаторы
- виброклассификаторы
- рукавные фильтры
- системы управления на базе PC и PLC

