

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

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№5

Основан в 1955 г.

(713) май 2014 г.

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

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

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

БУРЬЯНОВ 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, Киев)

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»®, 2014

Крупнопанельное домостроение

Р.К. САДЫКОВ, А.А. САБИТОВ, Р.Р. КАБИРОВ
**Перспективы использования минерально-сырьевой базы
 керамзитового сырья в Республике Татарстан..... 4**

С.В. ФЕДОСОВ, Н.В. КРАСНОСЕЛЬСКИХ, О.В. КОРОВИН, А.М. СОКОЛОВ
**Электротепловая обработка железобетонных изделий
 токами повышенной частоты в условиях малых предприятий..... 8**

Ю.А. СОРВАЧЕВА, Т.М. ПЕТРОВА, К. ГИБСОН, А.А. ФЕДЧЕНКО
**Влияние суперпластификаторов на основе поликарбонатов
 на щелочесиликатное расширение бетона 15**

А.Н. ЛУГОВОЙ, А.Г. КОВРИГИН
Композитные гибкие связи для трехслойных панелей..... 22

Т.А. КРАСНОВА, И.А. БАТУРИН
Вопросы повышения качества поверхности железобетонных изделий..... 25

О.В. БОГОМОЛОВ
Опыт энергосбережения на промышленных предприятиях..... 28

**Производство фундаментных свай на линии непрерывного формования
 при помощи слипформера от Echo Precast Engineering (Информация) 30**

**Construx – Ваш партнер по изготовлению форм для сборного бетона
 и опалубки на стройплощадке (Информация)..... 31**

**Новая производственная линия итальянской компании
 Nordimpianti System SRL в Казахстане (Информация) 34**

EVG представляет сеткосварочные машины высокого класса (Информация)..... 36

Новое поколение кассетных форм Weckenmann (Информация) 37

**Новая технология экструдирования с новой
 системой уплотнения (Информация)..... 38**

Ячеистый бетон: наука и практика

**Комбинат стеновых материалов Кубани превысил проектную мощность
 (Информация) 40**

С.Б. ПРОХОРОВ
Анализ рынка алюминиевых газообразователей в России 41

В.В. НЕЛЮБОВА, В.В. СТРОКОВА, Н.И. АЛТЫННИК
**Ячеистые композиты автоклавного твердения с использованием
 наноструктурированного модификатора 44**

**AIRCRETE Europe. Современные технологии и высокоинновационное
 оборудование для производства автоклавного газобетона (Информация)..... 48**

Н.Н. МОРОЗОВА, Г.В. КУЗНЕЦОВА, А.К. ГОЛОСОВ
**Влияние цемента разных производителей
 на свойства ячеисто-бетонной смеси автоклавного газобетона 49**

Ш. ЗОЛЛЬ
Выявляя потенциалы..... 52

ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий» (Информация) 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

STROYTEL'NYE MATERIALY® No. 5

Founded in 1955

(713) May 2014 г.

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)

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)

Large-panel housing construction

R.K. SADYKOV, A.A. SABITOV, R.R. KABIROV

**Prospects of Using the Mineral-Raw Material Base of Haydite Raw
Materials in the Republic of Tatarstan 4**

S.V. FEDOSOV, N.V. KRASNOSELSKIKH, O.V. KOROVIN, A.M. SOKOLOV

**Electro-Thermal Treatment of Reinforced Concrete Products with High-Frequency
Currents Under Production Conditions of Small Enterprises 8**

Yu.A. SORVACHEVA, T.M. PETROVA, C. GIEBSON, A.A. FEDCHENKO

**Influence of Polycarboxylate Based Superplasticizers
on the Alkali-Silica Expansion of the Concrete 15**

A.N. LUGOVOY, A.G. KOVRIGIN

Composite Flexible Bracings for Three-Layered Thermal Efficient Panels 22

T.A. KRASNOVA, I.A. BATURIN

Issues of Improving the Surface Quality of Reinforced Concrete Products 25

O.V. BOGOMOLOV

Experience of Energy Saving at Industrial Enterprises 28

**Production of Foundation Piles on a Continuous Molding Using Slipformer
from Echo Precast Engineering (Information) 30**

**Construx – Your Partner in Manufacturing Molds for Prefabricated Concrete
and Formwork on the Construction Site (Information) 31**

**The New Production Line of the Italian Company Nordimpianti System SRL
in Kazakhstan (Information) 34**

EVG Represents the High-End Welding Machines (Information) 36

New Generation of Battery Molds of Weckenmann (Information) 37

The New Extrusion Technology with New Sealing System (Information) 38

Cellular concrete: science and practice

Wall Materials Plant of Kuban Exceeded the Design Capacity (Information) 40

S.B. PROKHOROV

Analysis of Aluminum Gasifiers Market in Russia 41

V.V. NELYUBOVA, V.V. STROKOVA, N.I. ALTYNNIK

Cellular Autoclaved Composites with Application of Mamostructured Modifier 44

**AIRCREE Europe. Modern Technologies and Highly Innovative Equipment
for Production of Autoclaved Gas Concrete (Information) 48**

N.N. MOROZOVA, G.V. KUZNETSOVA, A.K. GOLOSOV

**Influence of Cements from Different Producers on Properties
of Cellular-Concrete Mix of Autoclaved Gas Concrete 49**

Sh. ZOOLL'

Revealing Potentials 52

ZAO «Mogilev Plant of Silicate Products» (Information) 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 № 5

А.С. ГОРШКОВ, Г.И. ГРИНФЕЛЬД, В.Е. МИШИН, Е.С. НИКИФОРОВ, Н.И. ВАТИН Повышение теплотехнической однородности стен из ячеисто-бетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея	57
А.Н. КУЗНЕЦОВ Опыт практического применения принципов бережливого производства на предприятии строительной индустрии	65
Материалы и технологии	
Т.М. АРГЫНБАЕВ, З.В. СТАФЕЕВА, Е.В. БЕЛОГУБ Месторождение каолинов Журавлиный Лог – комплексное сырье для производства строительных материалов	68
Н.В. КОЗЛОВ, А.И. ПАНЧЕНКО, А.Ф. БУРЬЯНОВ, В.Г. СОЛОВЬЕВ Микроструктура гипсового вяжущего повышенной водостойкости	72
В.Г. ХОЗИН, О.В. ХОХРЯКОВ, И.Р. СИБГАТУЛЛИН, А.Р. ГИЗЗАТУЛЛИН, И.Я. ХАРЧЕНКО Карбонатные цементы низкой водопотребности – зеленая альтернатива цементной индустрии России	76
А.В. МОНАСТЫРЕВ Эффективные отечественные шахтные печи для обжига известняка фракции 30–120 мм	83
В.И. КАЛАШНИКОВ, В.Т. ЕРОФЕЕВ, М.Н. МОРОЗ, И.Ю. ТРОЯНОВ, В.М. ВОЛОДИН, О.В. СУЗДАЛЬЦЕВ Наногидросиликатные технологии в производстве бетонов	88
Г.И. ЯКОВЛЕВ, Г.Н. ПЕРВУШИН, И.С. ПОЛЯНСКИХ, С.А. СЕНЬКОВ, И.А. ПУДОВ, А.Е. МОХАМЕД Бетон повышенной долговечности для производства опор линий электропередачи	92
И.К. ХАЙРУЛЛИН Герметизирующие материалы в современном строительстве	95
Э.С. ЦХОВРЕБОВ, Е.Г. ВЕЛИЧКО Вопросы охраны окружающей среды и здоровья человека в процессе обращения строительных материалов	99

Stroite'nye Materialy No. 5

A.S. GORSHKOV, G.I. GRINFELD, V.E. MISHIN, E.S. NIKIFOROV, N.I. VATIN Improvement of Thermotechnical Uniformity of Walls Made of Cellular Concrete Products Through the Use of Polyurethane Glue in Masonry	57
A.N. KUZNETSOV Experience in the Practical Use of Principles of Lean Production at Building Industry Enterprises	65
Materials and technologies	
T.M. ARGYNBAEV, Z.V. STAFEEVA, E.V. BELOGUB Deposit of Kaolins «Zhuravliny Log» – Complex Raw Materials for Manufacture of Building Materials	68
N.V. KOZLOV, A.I. PANCHENKO, A.F. BUR'YANOV, V.G. SOLOV'EV Microstructure Plaster Knitting the Increased Water Resistance	72
V.G. KHOZIN, O.V. KHOKHRYAKOV, I.R. SIBGATULLIN, A.R. GIZZATULLIN, I.Ya. KHARCHENKO Carbonate Cements of Low Water-Need is a Green Alternative for Cement Industry of Russia	76
A.V. MONASTYREV Efficient Domestic Shaft Kilns for Burning of Limestone of 30–120 mm Fraction	83
V.I. KALASHNIKOV, V.T. EROFEEV, M.N. MOROZ, I.Yu. TROYANOV, V.M. VOLODIN, O.V. SUZDAL'TSEV Nanohydrosilicate Technologies in Concrete Production	88
G.I. YAKOVLEV, G.N. PERVUSHIN, I.S. POLYANSKIKH, S.A. SENKOV, I.A. PUDOV, Ali Elsayed Mohamed Concrete of Enhanced Durability for Production of Pillars of Power Lines	92
I.K. KHAYRULLIN Sealing Materials in Modern Construction	95
E.S. TSHOVREBOV, E.G. VELICHKO Environmental Protection and Health of the Person in the Process of the Circulation of Building Materials	99

Р.К. САДЫКОВ¹, канд. географ. наук, заместитель директора по науке, А.А. САБИТОВ¹, канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник, Р.Р. КАБИРОВ², инженер, генеральный директор

¹ ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» (Россия, 420097, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зинина, 4)

² ОАО «Алексеевская керамика» (Россия, 422900, Республика Татарстан, Алексеевский р-н, п. г. т. Алексеевское, ул. Кирпичнозаводская, 10)

Перспективы использования минерально-сырьевой базы керамзитового сырья в Республике Татарстан

Керамзит – наиболее экологичный, долговечный, пожаробезопасный пористый наполнитель, необходимый для ускоренного промышленного домостроения. Производство керамзита в России после спада последних десятилетий начинает возрастать и может превысить 4,5 млн м³ в год. Представлен повариантный прогноз производства керамзита в Республике Татарстан и возможности минерально-сырьевой базы для его обеспечения. Показано, что при форсированном варианте производства керамзита потребности в сырье могут быть обеспечены при условии освоения перспективных объектов нераспределенного фонда недр и совершенствовании технологии его производства.

Ключевые слова: керамзит, пористый наполнитель, строительный материал, производство, прогноз, месторождение, сырьевая база, Республика Татарстан.

R.K. SADYKOV¹, Candidate of Geography Sciences, Deputy Director of Science; A.A. SABITOV¹, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher; R.R. KABIROV², Engineer, General Manager

¹ Central Research Institute for Geology of Industrial Minerals (4, Street Zinina, Kazan, 422900, Tatarstan, Russian Federation)

² ОАО «Алексеевская керамика» (10, Street Kirpichnozavodskaya, Settlement of City Type Alekseevskoe, Alekseevskiy region, 422900, Tatarstan, Russian Federation)

Prospects of Using the Mineral-Raw Material Base of Haydite Raw Materials in the Republic of Tatarstan

Haydite is the most ecologically friendly, durable, firesafe porous filler necessary for accelerated industrial house building. The haydite production in Russia after the recession of the last decades begins to increase and can exceed 4.5 million m³ per year. The variant-by-variant forecast of haydite production in the Republic of Tatarstan and possibilities of the mineral-raw material base for their assurance are presented. It is shown that in the course of the forced production of haydite the demand for raw materials can be ensured under the condition of development of prospective objects of the undistributed sub-soil fund and enhancement of its manufacturing technology.

Keywords: haydite, porous filler, building material, production, forecast, deposit, raw material base, Republic of Tatarstan.

На Всероссийском совещании по развитию жилищного строительства в июне 2013 г. министр регионального развития И. Слюняев отметил, что до настоящего времени ни один субъект РФ не выполняет целевого показателя – ежегодно строить 1 м² жилья на одного жителя. Ближе всего к этому показателю Московская обл. – 0,98 м², Краснодарский край – 0,8 м², Белгородская обл. – 0,79 м². И хотя доля строительства в ВВП России составляет 5,5%, тем не менее в международных рейтингах по строительству страна занимает только 178-е место [1].

В настоящее время одной из важнейших задач государства продолжает оставаться обеспечение россиян жильем, доступным с экономической точки зрения, экологически чистым и пожаробезопасным. Практическая реализация поставленной задачи невозможна без дальнейшего развития панельного домостроения, являющегося наиболее индустриальным и экономически эффективным видом строительства жилья [2].

Сборные железобетонные конструкции и изделия остаются основой для индустриального домостроения и промышленного строительства, что постоянно отмечается в различных публикациях [3–6]. Ученые, производственники и эксперты-аналитики подчеркивают, что дальнейшее развитие индустриального домостроения наиболее эффективно при использовании керамзитобетона, который будет оставаться одним из основных материалов данного типа строительства. Однако они оставляют без внимания состояние минерально-сырьевой базы для производства керамзита, выпуск которого осуществляется на более чем 150 предприятиях страны с ежегодным объемом продукции около 3,5–4,5 млн м³.

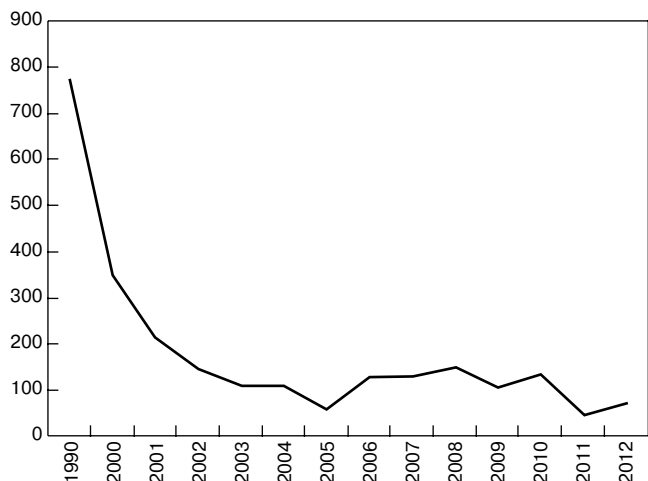
Для производства керамзита используют в основном легкоплавкие глины, глинистые сланцы, суглинки,

алевролиты и аргиллиты, обладающие способностью вспучиваться при нагревании до температуры 1050–1250°C. Для получения керамзитового гравия применяют преимущественно легкоплавкие глины, содержащие 6–12% оксида железа, 2–3% щелочных оксидов и до 3% органических примесей.

Государственный фонд керамзитового сырья учитывает около 450 месторождений с запасами по категории А+В+С₁ более 2 млрд м³, при этом ежегодная добыча не превышает 1,5–1,8 млн м³.

В 2014 г. исполняется 20 лет с даты последнего выпуска Государственного баланса запасов Российской Федерации «Керамзитовое сырье», выпускаемого Росгеолфондом. В связи с тем, что керамзитовое сырье находится в совместном ведении федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов РФ как общераспространенное полезное ископаемое [7], сведения об объектах недр данного вида полезного ископаемого публикуются исключительно только в территориальных балансах запасов общераспространенных полезных ископаемых по каждому субъекту РФ. Поэтому достаточно сложным представляется в целом по стране проведение оценки состояния и анализа минерально-сырьевой базы керамзитового сырья.

В настоящее время фактически имеется увеличивающийся информационный разрыв между состоянием минерально-сырьевой базы и геолого-разведочными работами на керамзитовое сырье с одной стороны, а с другой – состоянием спроса производств на сырье в территориальном аспекте, объемами потребления керамзита предприятиями строительной индустрии, связанными с необходимостью упреждающих действий со стороны органов исполнительной власти субъектов РФ



Производство керамзита (тыс. м³) в Республике Татарстан (по [7, 8, 9] и данным предприятий)

и недропользователей для проведения геолого-разведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы керамзитового сырья.

В последние годы в стране наибольшее количество керамзитового гравия производилось в Центральном и Приволжском федеральных округах [5]. Это объясняется как наличием большого количества домостроительных комбинатов и заводов ЖБИ, так и крупной минерально-сырьевой базой керамзитового сырья.

В Республике Татарстан в настоящее время наблюдается существенный спад производства керамзита для индустриального домостроения (рисунок), что связано с отсутствием необходимых инвестиций для модернизации и технического перевооружения предприятий крупнопанельного домостроения – основного потребителя керамзита.

В настоящее время в РТ керамзитовый гравий производится только в ООО «Строительное управление-4»

(бывший Казанский завод керамзитового гравия) и ЗАО «Керамзит» (бывший Заинский промстройкомбинат).

В Республике Татарстан разведано 11 месторождений керамзитовых глин с балансовыми запасами на 01.01.2013 г.: кат. А+В+С₁ – 21477,8 тыс. м³; кат. С₂ – 1229,3 тыс. м³. Из них в распределенном фонде находится около 9% кат. А+В+С₁ и более 17% кат. С₂ (три месторождения). Добыча ведется на двух месторождениях, где в 2012 г. было добыто 28,51 тыс. м³ (табл. 1).

В 1980–1990 гг. в Татарстане работало семь заводов по производству керамзитового гравия, разрабатывалось семь месторождений. Современное состояние минерально-сырьевой базы керамзитовых глин Республики Татарстан приведено в табл. 1.

Анализируя графу «год утверждения запасов» по месторождениям керамзитового сырья Республики Татарстан (табл. 1), можно сделать вывод, что на шести объектах (Апастовское, Бехтеревское, Больше-Атынское, Северо-Муслюмкинское, Сидорово-Пустошское, Тарн-Варское месторождения) геолого-разведочные работы проводились в условиях действовавшей в стране «плановой экономики» исключительно за счет бюджетных средств на перспективу развития керамзитового производства в республике. По большинству объектов давность разведки превышает 40 лет, а месторождения до сих пор не эксплуатируются. На остальных месторождениях (Емельяновское, Новокирмелинское, Тавлинское, Юколинское и Ямашинское), геолого-разведочные работы проводились в рамках «Государственной программы изучения недр по воспроизводству минерально-сырьевой базы Республики Татарстан на 1993–2000 гг. (твердые полезные ископаемые, подземные воды)», финансируемой за счет действовавшего в те годы внебюджетного фонда воспроизводства минерально-сырьевой базы. Фактически на геолого-разведочные работы на керамзитовое сырье недропользователями собственные средства не затрачивались, лицензии для проведения добычных работ недропользователям представлялись исключительно по

Таблица 1
Состояние минерально-сырьевой базы керамзитовых глин Республики Татарстан на 01.01.2013 г.

Месторождения	Запасы, тыс. м ³		Добыча за 2012 г., тыс. м ³	Марка* керамзитового гравия	Фонд недр**	Недропользователи, № и срок действия лицензии	Год утверждения запасов
	А+В+С ₁	С ₂					
Апастовское	385,5	–	–	250–350	Р	ООО «Инновационные технологии и материалы», ТАТ АПС 01297 ТЭ, до 1.08.2014 г.	1974
Бехтеревское	3423	–	–	300–400	Н		1973
Больше-Атынское	6753	–	–	350–400	Н		1978
Емельяновское	118,9	–	20,3	400–800	Р	ООО «Строительное управление-4», ЛАИ 01226 ТЭ, до 6.2017 г.	2001
Новокирмелинское	1225	–	–	450–600	Н		1995
Северо-Муслюмкинское	2173	–	–	250–300	Н		1971
Сидорово-Пустошское	910,8	–	–	450***	Н		1977
Тавлинское	4201,8	–	–	300–350	Н		1999
Тарн-Варское	438	1016	–	350	Н		1968
Юколинское	1396,7	213,3	8,2	300–700	Р	ЗАО «Керамзит», ЗАИ 01116 ТЭ, до 9.2048 г.	1997
Ямашинское	452	–	–	400	Н		2002
Всего по РТ, в том числе:	21477,7	1229,3	28,5				
распределенный фонд	1901,2	213,3					
нераспределенный фонд	19576,6	1016					

Примечание. * Из природного сырья (без добавок); ** Р – распределенный фонд; Н – нераспределенный фонд; *** с добавкой солярового масла.

Таблица 2

Прогноз производства керамзита по Республике Татарстан

Керамзит, тыс. м ³	Годы			
	2015	2020	2025	2030
	350	409	446	499

заявительному принципу, т. е. рыночные механизмы на данный вид сырья не были задействованы. Очевидно, что в Республике Татарстан имеет место переразведка месторождений керамзитового сырья и замораживание вложенных финансовых средств из консолидированных бюджетов. Подобные факты имеют место и по другим видам полезных ископаемых, отнесенных к общераспространенным. Требуется конструктивная позиция республиканских органов управления фондом недр по сохранению месторождений, недопущению их несанкционированного безлицензионного освоения и осуществления над объектами недр наземной застройки, проведения коммуникаций, строительства дорог и т. п. С этой целью в каждом муниципальном образовании (городской округ, муниципальный район, поселение), где расположены объекты недр, должна быть разработана внятная градостроительная политика, утверждены схемы территориального планирования и развития производительных сил. Только при реализации вышеуказанных мероприятий со стороны местных органов исполнительной власти можно будет сохранить объекты недр для будущего недропользования.

Достаточно интересным представляется сопоставление прогнозных показателей производства строительных материалов по Республике Татарстан, в частности керамзита, представленных в публикациях [8, 9] (табл. 2) и правительственных документах [11], где приводятся различные данные. Из них следует, что согласно правительственной программе развития строительного комплекса [11] ожидаемые объемы выпуска керамзита должны быть в 1,5–2 раза меньше по сравнению с объемами, приведенными в табл. 2.

По нашему мнению, прогнозные цифровые показатели по ожидаемому производству керамзита в перспективе в РТ, подготовленные экспертами-аналитиками [8, 9], и официальных документов [11] заслуживают внимания. Если эксперты-аналитики исходили из целесообразности использования керамзита на действующих предприятиях крупнопанельного домостроения, ускорения решения республиканской жилищной проблемы и наличия имеющейся местной минерально-сырьевой базы керамзитовых глин, то при подготовке правительственного документа специалисты исходили из того, что высокая энергоемкость производства керамзита (температура обжига в пределах 1050–1250°C) приводит к повышению цены на продукцию, что не отвечает требованиям рыночной экономики, а продукция, произведенная на устаревшем оборудовании, не пользуется спросом. Тем не менее выпуск керамзита и в перспективе будет осуществляться для панельного домостроения, для строительства жилья эконом-класса, доля которого по РТ составляет около 60% от общего объема жилищного строительства. Поэтому в средне- и долгосрочной перспективе минерально-сырьевая база керамзитовых глин, по нашему мнению, будет более востребована по сравнению с текущим периодом, так как должны быть задействованы меры государственной поддержки, включающие снижение ставки налога на добычу полезных ископаемых по керамзитовым глинам, уменьшение тарифов на электроэнергию при обжиге керамзита и ряд других.

Наиболее перспективными для освоения в настоящее время являются следующие месторождения.

Большие-Атынское месторождение находится в пределах Северо-Восточного экономического района республики и тяготеет к центру экономического развития «Алабуга». Расположено на западной окраине д. Большие Аты Нижнекамского района. Полезная толща приурочена к биклянского свите акчагыльского яруса (поздний плиоцен), состоит из двух пластов: верхний – коричнево-серые глины, мощность 0,6–6 м; нижний – глины темно-серые до черных, мощность 2,4–12,5 м. Общая мощность полезной толщи в среднем 16,7 м. Вскрыша представлена почвенно-растительным слоем, суглинками и песчано-алевритовыми глинами с прослойками песка, мощность от 0,6 до 7 м, в среднем 2 м. Глины полезной толщи монтмориллонитсодержащие (~50%) с гидрослюдой, каолинитом, кварцем, щелочно-земельные, полукислые, с высоким содержанием красящих оксидов. Из глин нижнего пласта получается керамзитовый гравий марок 350–400 (без добавок), из верхнего пласта – 400–450 (только при условии добавления 0,5% мазута). В 1989–2002 гг. месторождение разрабатывалось ООО «Камэнергостройпром», ежегодная добыча составляла 30–60 тыс. м³ (максимальная – 69 тыс. м³ в 1992 г.). В 2002 г. в связи с падением спроса на керамзитовый гравий компания сдала лицензию и закрыла карьер, остаток запасов – 6753 тыс. м³ кат. А+В+С₁ был переведен в нераспределенный фонд.

Бехтеревское месторождение находится в центре экономического развития «Алабуга». Расположено в 2,5 км восточнее-юго-восточнее с. Бехтерево Елабужского района, в 10 км северо-восточнее г. Елабуги. Полезная толща приурочена к биклянского свите акчагыльского яруса (поздний плиоцен), мощность варьирует от 3,2 до 14,1 м, в среднем 9,5 м. Вскрыша мощностью от 1,3 до 5,1 м, в среднем 2,2 м, представлена почвенно-растительным слоем, суглинками и песчаными глинами. Минеральный состав глин полезной толщи (%): монтмориллонит – 50–53; гидрослюда – 15; каолинит – 11; кварц – 17; полевоый шпат и цеолит – примесь. Обменный комплекс в основном кальциевый. Глины пригодны для производства керамзитового гравия марок 300–400 как без добавок, так и с добавкой 0,5–1% отработанных масел. Месторождение разрабатывалось эпизодически в 50-х гг. XX в., глины использовались для приготовления буровых растворов, было доразведано в 1971–1972 гг. как сырьевая база проектировавшегося керамзитового завода в г. Елабуга.

Северо-Муслюмкинское месторождение находится в пределах Закамского экономического района. Расположено в 0,5 км северо-восточнее с. Муслюмкино Чистопольского района, в 18 км южнее г. Чистополя. Полезная толща приурочена к неоген-четвертичным отложениям и состоит из двух пластов: верхний, эоплейстоценовый, сложен глинами серыми с коричневым и желтым оттенками, плотными, пластичными с тонкими прослойками тонкозернистого песка, мощность 0–11,3 м, в среднем 8,05 м; нижний, верхнеакчагыльский, сложен глинами темно-серыми до черных с синеватым или зеленоватым оттенками, жирными плотными, почти беспесчанистыми, мощность 3,16–15 м, средняя 8,6 м. Вскрыша представлена четвертичными делювиальными суглинками и песчанистыми некондиционными глинами верхнего продуктивного слоя, мощность 1,7–9,5 м, средняя – 4,8 м. Глины полезной толщи состоят из монтмориллонита (58–62%), гидрослюды, каолинита, хлорита, кварца. Глины верхнего пласта пригодны для производства керамзитового гравия марок 350–400 при условии добавки 1% солярового масла, нижнего – марок 250–300 без добавок органики. Для северной части Закамского района это месторождение является единственной подготовленной к освоению сырьевой базой керамзитового сырья; оно было разведано для проектировавшегося в

60-х гг. XX в. керамзитового цеха Чистопольского кирпичного завода.

Следует отметить, что возможности использования глин указанных перспективных объектов не ограничиваются керамзитовым производством: лабораторными испытаниями была установлена их пригодность для производства формовочных и буровых глинопоршков и адсорбционных материалов.

Республика Татарстан обладает крупной разведанной сырьевой базой керамзитовых глин, которая до конца XX в. интенсивно осваивалась и обеспечивала сырьем заводы и цеха по производству керамзитового гравия в городах Казани, Заинске, Нижнекамске, Набережных Челнах, Альметьевске, пос. Куркачи. В настоящее время после спада производства в первом десятилетии 2000-х гг. намечается общероссийская тенденция увеличения производства керамзитовой продукции. Разрабатываемые ныне в РТ месторождения маломощны по запасам и уже в ближайшем будущем не обеспечат сырьем растущий спрос строительной промышленности. Рекомендуемые для освоения Больше-Атынское, Бехтеревское и Северо-Муслюмкинское месторождения керамзитовых глин смогут выполнить эту задачу.

Список литературы

1. Грицюк М. На нас меньше метра // *Российская газета*. 18 июня 2013 г.
2. Николаев С.В. Возрождение крупнопанельного домостроения в России // *Жилищное строительство*. 2012. № 4. С. 2–8.
3. Горин В.М. Применение керамзитобетона в строительстве – путь к энерго- и ресурсоэффективности, безопасности зданий и сооружений // *Строительные материалы*. 2010. № 8. С. 8–10.
4. Керамзит и керамзитобетон – материалы для современного индустриального домостроения // *Строительные материалы*. 2011. № 7. С. 18–20.
5. Семенов А.А. Состояние российского рынка керамзита // *Строительные материалы*. 2010. № 8. С. 4–5.
6. Семенов А.А. Текущее состояние и тенденции развития промышленности строительных материалов // *Строительные материалы*. 2012. № 2. С. 9–11.
7. Садыков Р.К. Проблемы минерально-сырьевого обеспечения строительного комплекса в Российской Федерации // *Строительные материалы*. 2013. № 3. С. 41–47.
8. Перспективы развития инвестиционно-строительного комплекса Республики Татарстан / Под ред. И.Э. Файзуллина: монография. Казань: Центр инновационных технологий, 2008. 376 с.
9. Рахимов Р.З. Развитие и размещение производственных сил промышленности строительных материалов Республики Татарстан на период 2008–2030 годы. // *Строительные материалы*. 2008. № 5. С. 4–7.
10. Статистический сборник. Промышленность Республики Татарстан за 2011 год. Казань: Татарстанстат, 2012. 190 с.
11. Программа «Развитие предприятий промышленности строительных материалов и индустриального домостроения Республики Татарстан до 2020 года». Утверждена постановлением Кабинета министров Республики Татарстан от 17.10.2012 г. № 864.

References

1. Gritsyuk M. We were less than a meter. *Rossiyskaya Gazeta*. June 18, 2013. (In Russian).
2. Nikolaev S.N. Revival of large panel housing construction in Russia. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 4, pp. 2–8. (In Russian).

3. Gorin V.M. Application of haydite concrete in building is a way to power- and resources efficiency, safety of buildings and structures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials] 2010. No. 8, pp. 8–10. (In Russian).
4. Haydite and haydite concrete – a material for modern industrial house building. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials] 2011. No. 7, pp. 18–20. (In Russian).
5. Semenov A.A. State of the Russian market of haydite. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials] 2010. No. 8, pp. 4–5. (In Russian).
6. Semenov A.A. Current state and tendencies of development of construction materials industry. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2012. No. 2, pp. 9–11. (In Russian).
7. Sadykov R.K. Problems of mineral raw materials supply to building complex in the Russian Federation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2013. No. 3, pp. 41–47. (In Russian).
8. Perspektivy razvitiya investitsionno-stroitel'nogo kompleksa Respubliki Tatarstan / Pod red. I.E. Faizullina: monografiya [Prospects for the development of investment and building complex of the Republic of Tatarstan / Ed. I.E. Fayzullina: monography]. Kazan: Innovation Center, 2008. 376 p.
9. Development and distribution of productive forces building materials industry in Republic of Tatarstan for the period 2008–2030 years. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2008. No. 5, pp. 4–7. (In Russian).
10. Statisticheskii sbornik. Promyshlennost' Respubliki Tatarstan za 2011 god [Statistical digest. Industry Republic of Tatarstan in 2011]. Kazan: Tatarstanstat, 2012. 190 p.
11. Program «Development of industrial enterprises of building materials and industrial housing Tatarstan until 2020». Approved by the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan from 17.10.2012, № 864. (In Russian).



Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий

Ю.З. Балакшин, В.А. Терехов

Справочное пособие
 М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 2012. 276 с.

Авторы многие годы отдали работе в промышленности строительных материалов и накопили значительный объем знаний и технических документов производстве стеновых материалов не только из опыта работы промышленности в СССР и России, но и многих предприятий Европы, Америки и Азии.

В книге описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Описаны сырьевые материалы для производства цементно-песчаных изделий. Сформулированы специфические требования к сырьевым материалам, а также рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования.

Книга предназначена для организации производственнотехнического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу.

Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36
www.rifsm.ru

С.В. ФЕДОСОВ¹, д-р техн. наук, академик РААСН, Н.В. КРАСНОСЕЛЬСКИХ², ген. директор, О.В. КОРОВИН³, индивидуальный предприниматель, А.М. СОКОЛОВ⁴, д-р техн. наук

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

² ОАО «ДСК» (153051, Ивановская обл., г. Иваново, Кохомское ш., 1)

³ Индивидуальный предприниматель (153520, Ивановская обл., с. Ново-Талицы, ул. Транспортная, 1)

⁴ Ивановский государственный энергетический университет (153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34)

Электротепловая обработка железобетонных изделий токами повышенной частоты в условиях малых предприятий

Отмечена значительная роль предприятий малого и среднего бизнеса строительной отрасли в экономике развитых стран, а также их технологическая отсталость. Для этих предприятий оказывается почти недоступной такая важная и практически обязательная стадия технологического процесса производства железобетонных изделий, как тепловая обработка (ТВО, обработка продуктами сгорания газа). Перспективное решение этой проблемы – применение электротермической обработки изделий токами повышенной частоты с использованием источников питания на основе полупроводниковых преобразователей напряжения. Результаты экспериментов, выполненных в условиях малых предприятий, показали хорошее согласование с расчетными характеристиками электротермической обработки и ее высокую экономическую эффективность: стоимость затраченной электроэнергии не превышает 4% от розничной цены готовых железобетонных изделий.

Ключевые слова: электротепловая обработка, железобетонные изделия, малые предприятия, тепловлажностная обработка, токи повышенной частоты.

S.V. FEDOSOV¹, Doctor of Sciences (Engineering), Academician of RAAS, N.V. KRASNOSELSKIKH², General Director,

O.V. KOROVIN³, individual entrepreneur, A.M. SOKOLOV⁴, Doctor of Sciences (Engineering)

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

² OAO "DSK" (1, Kokhomskoye Hwy, 153051, Ivanovo Oblast, Ivanovo, Russian Federation)

³ Individual entrepreneur (1, Transportnaya Street, 153520, Novo-talitsy Village, Ivanovo Oblast, Russian Federation)

⁴ Ivanovo State Power Engineering University (34, Rabfakovskaya Street, 153003, Ivanovo, Russian Federation)

Electro-Thermal Treatment of Reinforced Concrete Products with High-Frequency Currents Under Production Conditions of Small Enterprises

The significant role of small and medium business enterprises of building industry in the economies of developed countries as well as their technological backwardness are noted. Such an important and practically obligatory stage of the technological process of reinforced concrete products manufacturing as heat treatment (steam treatment, treatment with products of gas combustion) is almost inaccessible to these enterprises. The prospective solution of this problem is the use of electro-thermal treatment of products with high-frequency currents with the help of power supply sources on the basis of semi-conducting voltage converters. The results of experiments conducted under small enterprises conditions show a good agreement with the calculated characteristics of electro-thermal treatment and its high economic efficiency: the cost of consumed electric energy does not exceed 4% of retail price of ready reinforced concrete products.

Keywords: electro-thermal treatment, reinforced concrete products, small enterprises, steam treatment, high-frequency currents.

Характерной чертой нашего времени является рост количества предприятий малого и среднего бизнеса в различных отраслях народного хозяйства. Строительная отрасль не является исключением из этого процесса. Действительно, в странах – членах ЕС в настоящее время доля малых и средних предприятий с числом занятых менее 250 человек составляет 99% от общего количества предприятий [1]. Такие предприятия обеспечивают 66% от общей занятости, 58% от общей добавленной стоимости, 50% торгового оборота на каждого занятого в сфере малого и среднего предпринимательства [1, 2]. При этом малые и средние предприятия демонстрируют, как правило, более высокую производительность и эффективность. Например, рентабельность активов малых и средних предприятий строительной отрасли Еврзоны составляет в среднем около 15% против 13% для крупных предприятий [1]. Доля малого бизнеса ВВП США и Европы составляет от 40% и более (в России только 10–12%) [3]. Таким образом, в развитых странах малый и средний бизнес является основой экономики и, по-видимому, такая же перспектива существует у этого сектора экономики и в России [1–4].

Однако после посещения предприятий малого и среднего бизнеса строительной отрасли часто напрашивается вывод, что технический прогресс обходит стороной эту важную сферу деятельности человеческого общества. На страницах научно-технических журналов

A common trait of our time is growth of number of small and medium-sized enterprises operating in various fields of the national economy. Construction industry is not an exception from this process. And really, today small and medium-sized enterprises with less than 250 employees in EU Member States make 99% from total number of the enterprises [1]. Such enterprises are responsible for 66% of the total employment, 58% of the total value added, 50% of trade turnover per each person working in the sphere of small and medium-sized business [1, 2]. Thus time small and medium-sized enterprises usually show higher productivity and efficiency. For example, profitability of assets of small and medium-sized enterprises in the Euro-zone construction industry on average reaches 15%, compared to 13% for large enterprises [1]. The share of small business in the GDP (Gross Domestic Product) of the USA and Europe is 40% and more (in Russia this value is 10–12% only) [3]. Therefore small and medium business in developed countries is an economy basis, and, apparently, the same role to this sector of the economy is expected in the Russian conditions [1–4].

However after visiting small and medium-sized enterprises of construction branch we often see that the technical progress avoids this important part of activity of human society. There are practically no publications addressing the needs of such enterprises in scientific and technical magazines, in majority cases they talk about the colossuses of the construction industry. Publications dedicated to obstacles to

практически не встретить публикаций, посвященных проблемам таких предприятий, в подавляющем большинстве случаев речь в них идет о гигантах строительной индустрии. В публикациях, посвященных препятствиям на пути развития малого бизнеса в России, рассматриваются, как правило, проблемы финансирования, организации, управления, менеджмента, конкуренции, подготовки кадров и т. п. [1–3]. С другой стороны, как показывают опросы, в настоящее время не менее 70% предпринимателей в качестве наиболее важной задачи, стоящей перед ними, отметили необходимость модернизации предприятия и внедрение инновационных технологий [3]. Это соответствует тому, что в 90% случаев неудовлетворительное экономическое положение предприятий реального сектора обусловлено влиянием внутренних факторов сферы управления бизнесом, к числу которых относится и технологическая отсталость [4].

При явно недостаточной технической оснащенности и высокой доле ручного труда для многих малых и средних предприятий строительной отрасли оказывается недоступной такая важная и практически обязательная стадия технологического процесса производства железобетонных изделий, как тепловая обработка. Традиционные методы теплового воздействия на бетон – тепловлажностная обработка водяным паром (ТВО), обработка продуктами сгорания газа, подогрев опалубки горячей водой имеют наибольшую и значительную долю (в среднем 35%) в стоимости технологического процесса [5], требуют применения дорогостоящего оборудования и по силам лишь достаточно крупным предприятиям. Из-за отсутствия тепловой обработки многие предприниматели средней полосы России вынуждены в холодное время года либо полностью прекращать производство, либо значительно снижать его объемы. В остальное время года вследствие использования естественного твердения бетона они вынуждены мириться с низкой производительностью своих предприятий и снижением качества готовых изделий. В итоге производители имеют ущерб от упущенной выгоды, определение которого представляет собой серьезную проблему и по приближенным оценкам может значительно превышать доходы.

Перспективным решением этой проблемы может стать широкое применение на малых и средних предприятиях строительной отрасли электротепловой (электро-термической) обработки железобетонных изделий с использованием источников питания на основе полупроводниковых преобразователей напряжения [6]. Основой для этого являются существующие методические рекомендации по использованию электротепловой обработки бетона в строительстве (Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях / Под ред. Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумяна, А.И. Звездова. М.: НИИЖБ, 2005. 276 с.) и методология создания и применения процессов электротепловой обработки композиционных строительных материалов [7].

Особенности такого технологического процесса целесообразно рассмотреть на примере изделия типичного для предприятий малого бизнеса – железобетонного кольца для изготовления колодцев различного назначения. Изделия, представляя собой тело вращения, имеют простую цилиндрическую конструкцию, удобную для применения электротепловой обработки электродным методом с использованием источников питания на основе полупроводниковых преобразователей напряжения (рис. 1). Важным обстоятельством, определяющим целесообразность применения электротепловой обработки для таких изделий, является то, что они обычно изготавливаются с помощью беспалубочной технологии, что согласно [8] позволит достичь

small business development, competition, personnel training, etc. [1–3]. On the other hand, according to results of surveys at least 70% of entrepreneurs named a necessity of modernization of enterprises and implementation of innovative technologies as the most important objective they face [3].

With clearly insufficient technical and high share of manual labor many small and medium-sized construction enterprises don't have an access to such important and practically irreplaceable concrete products production stage as thermal treatment. Traditional methods of thermal treatment of concrete: water vapor treatment, gas combustion products treatment, heating of molding with hot water, bear the greatest and significant share (on the average 35%) in the cost of technological process [5], require application of expensive equipment and are affordable only for large enterprises. Due to the lack of thermal treatment many entrepreneurs located in the temperate zone of Russia have either to stop the production during the cold time of the year, or significantly reduce the production volume. During the remaining part of the year, due to application of natural hardening of concrete, they are forced to deal with low productivity of their enterprises and reduced quality of finished products. As a result they incur losses from lost profits which are difficult to calculate and are approximately estimated higher than the income from entrepreneurial activities.

Broad application at small and medium-sized enterprises of construction branch of electro thermal treatment of reinforced concrete products with use of power supplies on the basis of semiconductor voltage converters can become the perspective solution of this problem [6]. The basis for this solution are existing methodical recommendations on electro thermal treatment of concrete in construction (Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях. Под ред. Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумяна, А.И. Звездова. Moscow: НИИЖБ, 2005. 276 p.) and methodology of creation and application of electro thermal treatment processes of composite construction materials [7].

Specifics of such process should be viewed using typical small business products as an example – reinforced concrete ring for construction of wells of different function. These products, being rotary bodies, have a simple cylindrical construction which is convenient for electro thermal treatment using electrode method with a power supply based on semiconductor voltage converters (fig. 1). A very important circumstance justifying feasibility of electro thermal treatment of such products is the fact that they are usually manufac-

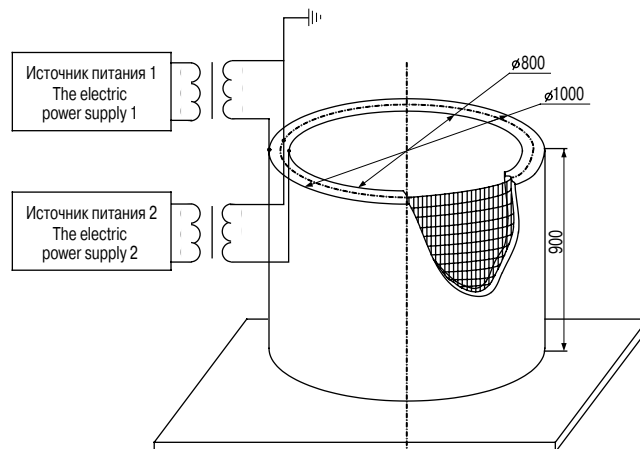


Рис. 1. Схема электротепловой обработки железобетонного кольца электродным методом; размеры указаны для изделия – кольцо колодезное железобетонное КС-10-9 – ГОСТ 8020–90

Fig. 1. Illustration of electro thermal treatment of reinforced concrete ring using electrode method, dimensions are given for product: reinforced concrete well ring KS-10-9 GOST 8020–90

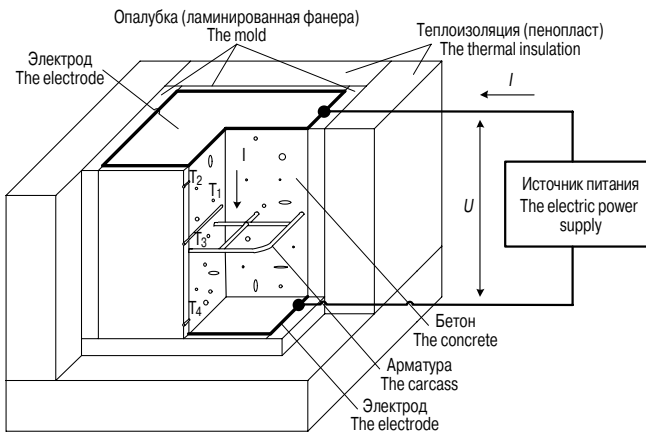


Рис. 2. Схема электротепловой обработки стандартного образца 100×100×100 мм бетона В20 с макетом арматурной сетки

Fig. 2. Electro thermal treatment of standard 100×100×100 sample of B20 concrete with model reinforcement grate.

наивысшей энергетической эффективности электротепловой обработки и, следовательно, минимально возможной ее стоимости. При использовании электродного метода может сказываться наличие арматуры в конструкции стенки железобетонного кольца (рис. 1) в виде цилиндра из плоской сетки, расположенного коаксиально по отношению к внутренней и наружной поверхностям кольца приблизительно посередине между этими поверхностями. С целью изучения влияния такой арматуры на процесс электротепловой обработки выполнены лабораторные эксперименты [6] со стандартным образцом бетона 100×100×100, в котором при изготовлении (при укладке бетона в опалубку) был установлен макет арматурной сетки, как показано на рис. 2. Он изготовлен из медного провода диаметром 1,5 мм, имеет размер 95×95 мм с размером ячейки 30×30 мм (наименьший размер ячейки арматурной сетки). Макет был установлен приблизительно посередине между электродами в плоскости, параллельной поверхности электродов, т. е. перпендикулярной направлению электрического тока в бетоне, и не имел никаких электрических подключений. В опыте использовалась опалубка, изготовленная из ламинированной фанеры с теплоизоляцией (пенопласт 25–30 мм), обработка производилась током повышенной частоты 20 кГц.

На рис. 3 представлены результаты эксперимента с образцом рис. 2 в виде характеристик изменения темпе-

atured without formworks. According to [8], this allows for achievement of the highest energy efficiency of electro thermal treatment and, thus, its minimum possible cost. Using of electrode method can be affected by carcass in reinforced concrete ring wall (fig. 1) in the form of a cylinder made of flat grate located coaxial to internal and external ring surfaces approximately in the middle between these surfaces. In order to study the effect of such reinforcement on electro thermal treatment, laboratory studies were conducted [6] with standard 100×100×100 concrete sample which had a reinforcement grate installed in it (when concrete was poured into mold), as is shown on (fig. 2). Carcass was made of 1,5 mm diameter copper wire, its size is 95×95 mm with mesh size of 30×30 mm (the lowest reinforcement grate mesh size). The carcass was installed approximately in the middle between the electrodes in the plane parallel to electrodes' surface, i. e. perpendicular to the electrical current direction in concrete, and did not have any electrical connections. The experiment used mold made of laminated plywood with thermal insulation (expanded foam 25–30 mm thick), treatment was done with high frequency current of 20 kHz.

Analysis of the findings (fig. 3) and their comparison with similar relations received for concrete samples [6] gives grounds to believe that with such reinforcement structure (flat metal grate or net) and given treatment conditions, when current inside the material goes perpendicular to the reinforcement plane (fig. 1), the reinforcement does not affect indicators and characteristics of electro thermal treatment using electrodes method.

According to [7], the main stage of electro thermal treatment process development is investigation of its temperature characteristics and energy indicators using theoretical and experimental methods. For this purpose an experiment was performed in production department of a small enterprise to study electro thermal treatment of a reinforced concrete ring with the following dimensions: outer diameter – 1000 mm, inner diameter – 800 mm, height – 350 mm. Product with these dimensions is a finishing accessory for a standard product – reinforced concrete well ring KS-10-9 (GOST 8020–90 «Konstruktsii betonnye i zhelezobetonnye dlya kolodtsev kanalizatsionnykh, vodoprovodnykh i gazoprovodnykh setei. Tekhnicheskie usloviya»). In order to carry out electro thermal treatment after completion of product molding and removal of mold, portable electrodes were placed on its surface made of aluminum foil, and power supply clamps were connected to these electrodes (fig. 4).

A layer of polyethylene film was placed above the electrodes to prevent moisture losses during treatment and thermal insulation in the form of polyurethane foam 30–40 mm

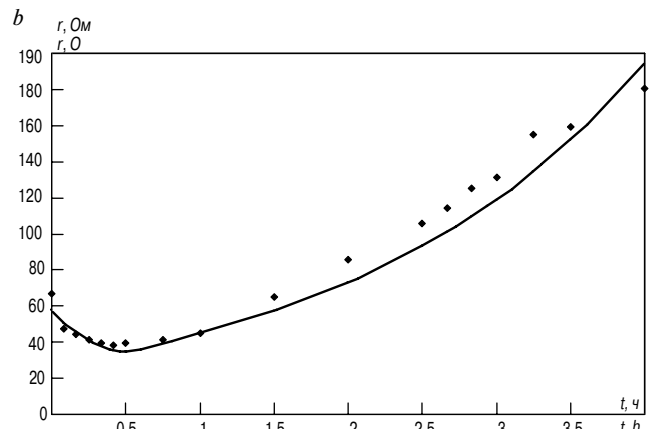
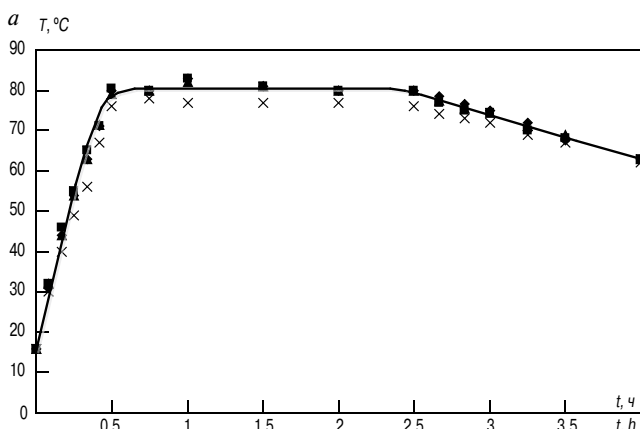


Рис. 3. Результаты эксперимента со стандартным образцом, содержащим макет арматурной сетки: а – температурная зависимость; б – изменение электрического сопротивления образца; ◆ – опытные значения; линия – расчетная зависимость по [9]

Fig. 3. Results of experiment with standard sample containing reinforcement grate model, а – temperature dependence; б – changes in the sample's electrical resistance; ◆ – experimental value; line – design dependence according to [9]

ратуры и электрического сопротивления образца в ходе электротепловой обработки.

Представленные зависимости (рис. 3) качественно соответствуют результатам предыдущих исследований, которые позволили получить физическое объяснение и математическое описание таких характеристик [6, 7, 9].

Анализ полученных результатов (рис. 3) и их сравнение с аналогичными зависимостями, полученными для бетонных образцов [6], дает основание сделать вывод, что при такой конструкции арматуры (плоская металлическая сетка или каркас) и указанных условиях обработки, когда ток в материале протекает перпендикулярно плоскости арматуры (рис. 1), наличие арматуры не оказывает влияния на показатели и характеристики электротепловой обработки электродным методом.

Согласно [7] основным этапом разработки процесса электротепловой обработки является исследование его температурных характеристик и энергетических показателей теоретическими и экспериментальными методами. Поэтому в цехе малого предприятия был выполнен эксперимент по исследованию электротепловой обработки железобетонного кольца, имеющего размеры: наружный диаметр 1000 мм, внутренний диаметр 800 мм, высота 350 мм. Изделие с указанными размерами является «доборным» элементом к стандартному изделию — кольцо колодезное железобетонное КС-10-9 (ГОСТ 8020–90 «Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей. Технические условия»). Для осуществления электротепловой обработки после завершения формовки изделия и снятия опалубки на его поверхность устанавливались съемные электроды из алюминиевой фольги, к которым подключались выходные зажимы источника питания (рис. 4).

Поверх электродов укладывались слой полиэтиленовой пленки для устранения потерь влаги в ходе обработки и теплоизоляция в виде слоя поролона толщиной 30–40 мм. Сверху объект обработки был укрыт слоем полиэтиленовой пленки и теплоизоляционной крышкой из пенопласта толщиной 40 мм. Железобетонное кольцо было установлено на основании, представлявшем собой два слоя ДСП толщиной 20 мм каждый, уложенные на поверхности бетонного пола. Для осуществления электротепловой обработки был использован источник питания на основе транзисторного преобразователя напряжения мощностью 5 кВт с частотой выходного напряжения 12 кГц (рис. 4 — на переднем плане).

В ходе эксперимента периодически производилось измерение температуры с помощью термопары прибором типа DT 9207A в восьми точках равномерно по периметру кольца в верхней его части. Кроме того, несколько раз выполнены измерения температуры в четырех местах на внутренней поверхности кольца по вертикали с целью проверки равномерности разогрева изделия по высоте. Также регистрировались значения электрических напряжения U и тока I и определялась величина мощности $P = U \cdot I$, подводимой к изделию. Интересной особенностью эксперимента было то, что во время его проведения температура в цехе составляла -7°C , а начальная температура изделия — от 0 до -1°C .

Как следует из рис. 5, где показана полученная в опыте зависимость изменения среднего значения температуры (по результатам ее измерения во всех точках) от времени, длительность стадии нагревания в этом опыте составила 5 ч, а длительность изотермической стадии — 1,5 ч. Согласно [10, 11] при таких параметрах графика термической обработки спустя сутки после ее начала материал изделия достигнет отпускной прочности (70% нормированной в возрасте 28 сут). Следует отметить, что к подобным изделиям можно применить,



Рис. 4. Эксперимент по электротепловой обработке железобетонных колец

Fig. 4. Electro thermal treatment of reinforced concrete rings experiment

thick. On the top the treated sample was covered with polyethylene film and expanded foam thermal insulation lid 40 mm thick. Reinforced concrete ring was placed on a foundation made of two layers of wood chip board 20 mm thick each placed on a concrete floor. Electro thermal treatment was performed using power supply based on the transistor voltage converter of 5 kW with 12 kHz input voltage frequency (fig. 4 — in the foreground).

Temperature readings were taken periodically during the experiment with a thermocouple using instrument DT 9207 A in 8 points evenly along the perimeter of the ring in its top part. Besides that, several temperature measurements were made in 4 places on the inner ring surface along the vertical axis to confirm even heating of the product in vertical direction. We have also recorded values of voltage U and current I and determined the value of power $P = U \cdot I$ supplied to the product. An interesting feature of the experiment was the fact that during the experiment the temperature in the production department was -7°C , and initial temperature of the product was $0 - 1^\circ\text{C}$.

As is seen from fig. 5, showing resulting dependence of average temperature (based on result of its measurements in all points) on time, the duration of a heating stage in this experiment was 5 hours, and duration of an isothermal stage — 1.5 hours. According to [10, 11], under such parameters of thermal treatment schedule 24 hours after its beginning

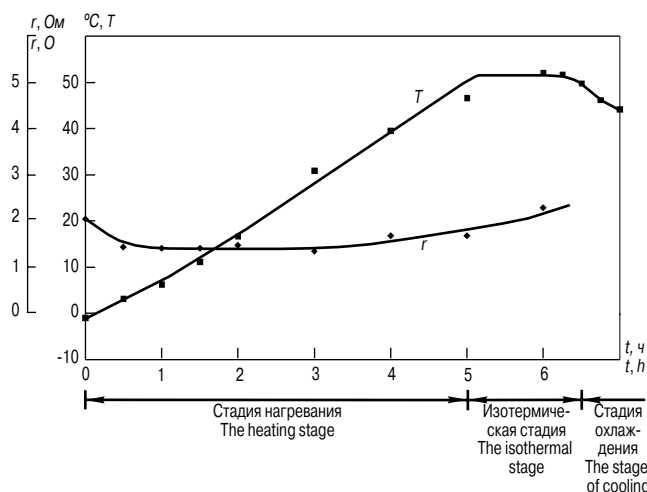


Рис. 5. Изменение во времени среднего значения температуры T и электрического сопротивления r изделия

Fig. 5. Changes in the time of average value of temperature T and electrical resistance r of the product

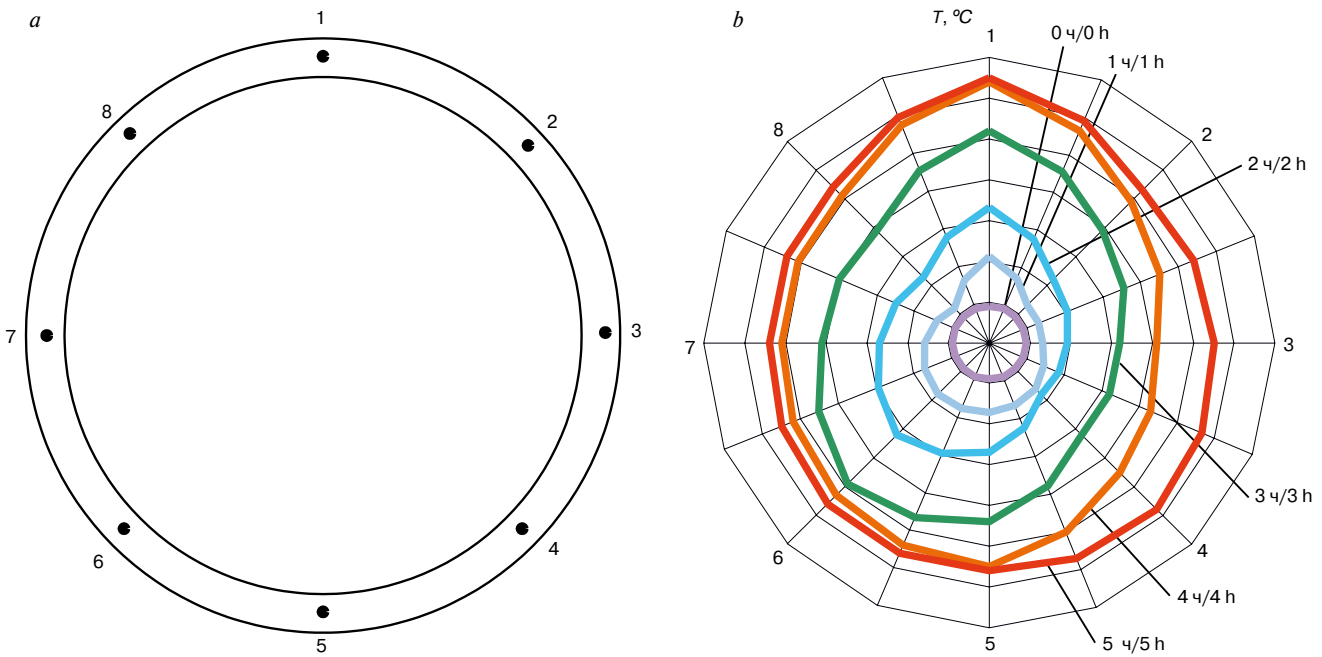


Рис. 6. Точки измерения температуры (а) и ее распределение по периметру изделия в различные моменты времени (b)
 Fig. 6. Temperature measurement points (a) and its distribution along the product perimeter at various points of time (b)

по-видимому, менее строгие требования по отпускной прочности [12], что позволит повысить производительность технологического процесса, а это является темой отдельных исследований.

Вид круговой диаграммы температурного поля в изделии в различные моменты времени электротепловой обработки (рис. 6) свидетельствует о достаточно равномерном распределении температуры по периметру изделия, особенно в конце стадии нагревания, т. е. при достижении максимальной температуры тепловой обработки. С использованием круговой диаграммы рис. 6 была получена экспериментальная зависимость изменения максимального значения градиента температуры от времени обработки, которая представлена на рис. 7 совместно с расчетными зависимостями для граничных значений градиентов температуры $grad T_{пр}^0$ и $grad T_{пр}^v$ [12]. Сопоставление этих зависимостей в соответствии с методикой, предложенной в [12], позволяет сделать вывод об отсутствии опасности повреждения материала внутренними напряжениями, вызванными градиентами температуры.

Изменение во времени электрических показателей электротепловой обработки железобетонного кольца иллюстрируют рис. 5 и 8.

С использованием сведений рис. 8 определены затраты электроэнергии в опыте (с учетом КПД источника питания) и ее стоимость, значения которых вместе с расчетными значениями этих параметров, полученными с помощью расчетной методики [8], и рыночной стоимости изделия приведены в таблице.

the product material will reach the desired strength (70% rated at the age of 28 days). It should be noted that, most likely, less strict requirements for desired strength can be applied to such products [12], which allows an increase in the process productivity, and this is a subject for additional research.

Appearance of the circular diagram of temperature field in the product during different moments of electro thermal treatment (fig. 6) indicates sufficiently even distribution of temperature along the product perimeter, especially at the end of the heating stage, i.e. when the product achieves the maximum thermal treatment temperature. Circular diagram on fig. 6 allowed calculation of experimental dependence of the temperature gradient on the treatment duration which is shown on fig. 7 together with calculated dependencies for border values of temperature gradient $grad T_{lim}^0$ and $grad T_{lim}^v$ [12]. Comparison of these dependencies according to brings to the conclusion that there is no risk of damaging the material by internal tension caused by temperature gradients.

Change in the time of electrical indicators of electro thermal treatment of reinforced concrete ring is illustrated by fig. 5 and 8.

Information from fig. 8 allows determination of electricity spent during the experiment (taking into consideration power supply efficiency) and its cost, which values together with the calculated values of these parameters received using calculation method [8], and the market value of products are shown in table.

Information from Table matches indicators from application of electro thermal treatment at a large-panel building

Энергетические и стоимостные показатели при электротепловой обработке железобетонного кольца
Energy and cost indicators of electro thermal treatment of reinforced concrete ring

Затраты электроэнергии, кВт·ч The amount of the consumed electricity, kWh		Стоимость электроэнергии, р. The cost of electricity, Rub		Розничная цена изделия, р. Retail price of the product, Rub
Расчет The calculated value	Опыт The experienced value	Расчет The calculated value	Опыт The experienced value	
5,87	5,5	17,61	17	450

Примечание. При составлении таблицы тариф на электроэнергию принят равным 3 р./кВт·ч.
Note. Cost of electricity during preparation of the table is 3 Rub/kWh.

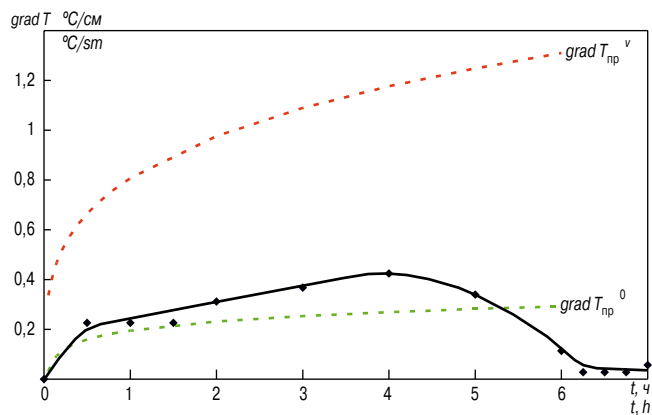


Рис. 7. Изменение во времени максимального и граничных значений градиента температуры

Fig. 7. Change in the time of maximum and border values of temperature gradient

Сведения табл. 1 согласуются с показателями применения электротепловой обработки на предприятии крупнопанельного домостроения [5]. Даже без дополнительных оценок и исследований можно утверждать, что при стоимости электроэнергии, составляющей 3,5–4% розничной цены, применение электротепловой обработки не вызовет отрицательных последствий в коммерческой деятельности предприятия. Сравнительно небольшое значение потребляемой мощности, которое, например, в опыте (рис. 8) составило в среднем около 1 кВт (для полноразмерного кольца КС-10-9 этот показатель будет иметь величину около 3 кВт), и ее малые отклонения по отношению к среднему значению во время работы технологической установки (в пределах 10–15%, рис. 8) не должны составить проблем с электроснабжением достаточно большого количества одновременно работающих установок.

Полученные результаты убедительно подтверждают возможность и целесообразность применения электродного метода электротепловой обработки железобетонных изделий при безопасной технологии их изготовления с помощью источников питания на основе полупроводниковых преобразователей напряжения в производственных условиях малых предприятий.

Список литературы

1. Медков А.Д. Малое и среднее предпринимательство – роль в экономике, тенденции совершенствования системы его поддержки // *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. 2013. № 51. С. 31. <http://www.uecs.ru/predprinematelstvo/item/2037-2013-03-16-06-00-32> (дата обращения 5.05.2014).
2. Волошин А.В. Малый бизнес в строительстве – перспективы развития и регулирования // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2013. № 3 (10). С. 86–87.
3. Макушенко Л.В., Селиверстова Ю.А. Малый бизнес – основа региональной экономики // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6. С. 406. <http://www.science-education.ru/106-7377> (дата обращения 5.05.2014).
4. Волошин А.В. Малый бизнес в строительстве: перспективы развития // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2013. № 3. С. 129–132.
5. Федосов С.В., Бобылев В.И., Петрухин А.Б., Соколов А.М. Оценка показателей экономической эффективности электротепловой обработки на пред-

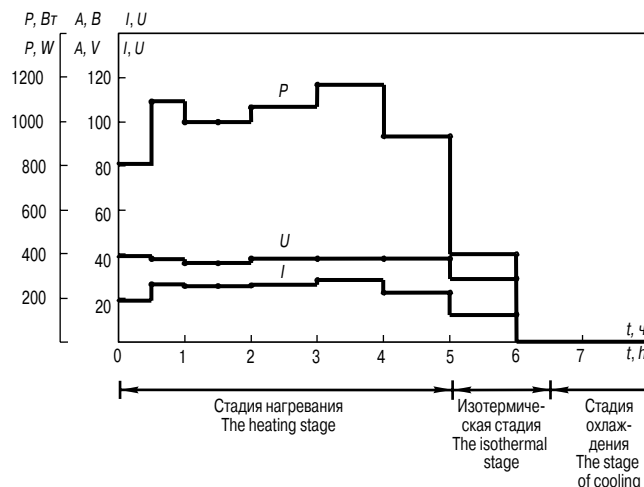


Рис. 8. Изменение во времени мощности электрического напряжения и тока в ходе электротепловой обработки

Fig. 8. Change in the time of power of voltage and current during electrothermal treatment

enterprise [5]. Even without additional assessments one can state that will electricity cost of 3,5–4% of the retail price application of electro thermal treatment will not have negative impact on the commercial operations of the enterprise. Relatively low consumed power, which in e. g. experiment (fig. 8) was on average 1 kW (for full size ring KS-10-9 – GOST 8020–90 this value will be about 3 kW), and its small deviations from the average value during the plant operation (within 10–15%, fig. 8) should not pose problems with power supply for relatively large number of simultaneously operating installations.

The received results convincingly confirm possibility and feasibility of electrode electro thermal treatment of reinforced concrete products with their mold-less production using power supplies based on semiconductor voltage converters under small enterprise production conditions.

References

1. Medkov A.D. Maloye i srednyeye pryedprinimatelystvo – rol v ekonomikyе, tyendyentsii sovyershynstvovaniya sistemy yego poddyerzhki. *Upravlyeniye ekonomichyесkiimi sistyemami: scientific Internet-journal*. 2013. No. 1, pp. 31. <http://www.uecs.ru/predprinematelstvo/item/2037-2013-03-16-06-00-32> (date of access 5.05.14). (In Russian).
2. Voloshin A.V. Malyy biznes v stroitelystvyе – pyerspекtivy razvitiya i ryegulirovaniya. *Myezhdunarodnyy nauchno-isslyedovatyelskiy zhurnal*. 2013. No. 3 (10), pp. 86–87. (In Russian).
3. Makushchenko L.V., Seliverstova Yu.A. Malyy biznes – osnova ryegionalnoy ekonomiki. *Sovryemyennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012. No. 6, pp. 406. <http://www.science-education.ru/106-7377> (date of access 5.05.14). (In Russian).
4. Voloshin A.V. Malyy biznes v stroitelystvyе: pyerspекtivy razvitiya. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013. No. 3, pp. 129–132. (In Russian).
5. Fedosov S.V., Bobilev V.I., Petrukhin A.B., Sokolov A.M. Otsenka pokazateley ekonomicheskoy effektivnosti elektrotteplovoy obrabotki na predpriyatiyakh sbornogo zhelezobetona. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo*. 2013. No. 3, pp. 54–57. (In Russian).
6. Fedosov S.V., Bobilev V.I., Mitkin Yu.A., Zakinchak G.N., Sokolov A.M. Elektrotteplovaya obrabotka

- приятных сборного железобетона // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 3. С. 54–57.
6. Федосов С.В., Бобылев В.И., Митькин Ю.А., Закинчак Г.Н., Соколов А.М. Электротепловая обработка бетона токами различной частоты // *Строительные материалы*. 2010. № 6. С. 2–7.
 7. Федосов С.В., Соколов А.М. Методология исследования процессов теплопереноса и показателей электротепловой обработки железобетонных изделий токами повышенной частоты // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2012. № 2. С. 117–123.
 8. Федосов С.В., Бобылев В.И., Соколов А.М. Исследование параметров установок для электротепловой обработки железобетонных изделий // *Бетон и железобетон*. 2011. № 2. С. 26–29.
 9. Федосов С.В., Бобылев В.И., Соколов А.М. Математическое моделирование температурно-временных зависимостей удельной проводимости бетонных смесей // *Строительные материалы*. 2009. № 9. С. 84–85.
 10. Федосов С.В., Бобылев В.И., Митькин Ю.А., Соколов А.М. Исследование суточной прочности бетона при электротепловой обработке токами различной частоты // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 52–53.
 11. Федосов С.В., Бобылев В.И., Ибрагимов А.М., Козлова В.К., Соколов А.М., Сокольский А.И. Математическое моделирование процесса набора прочности бетоном при электротепловой обработке // *Строительные материалы*. 2012. № 4. С. 36–39.
 12. Федосов С.В., Бобылев В.И., Ибрагимов А.М., Соколов А.М. Методика расчета предельных температурных градиентов в железобетонных изделиях в процессе электротепловой обработки // *Строительные материалы*. 2011. № 3. С. 44–46.
- бетона токами различной частоты. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 6, pp. 2–7. (In Russian).
7. Fedosov S.V., Sokolov A.M. Metodologiya issledovaniya protsessov teploperenosa i pokazatelye elektroteplovoy obrabotki zhelezobetonnykh izdeliy tokami povyshennoy chastoty. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2012. No. 2, pp. 117–123. (In Russian).
 8. Fedosov S.V., Bobilev V.I., Sokolov A.M. Issledovanie parametrov ustanovok dlya elektroteplovoy obrabotki zhelezobetonnykh izdeliy. *Beton i zhelezobeton*. 2011. No. 2, pp. 26–29. (In Russian).
 9. Fedosov S.V., Bobilev V.I., Sokolov A.M. Matematicheskoe modelirovanie temperaturno-vremennykh zavisimostey udelnoy provodimosti betonnykh smesey. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2009. No. 9, pp. 84–85. (In Russian).
 10. Fedosov S.V., Bobilev V.I., Mitkin Yu.A., Sokolov A.M. Issledovanie sutochnoy prochnosti betona pri elektroteplovoy obrabotke tokami razlichnoy chastoty. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 3, pp. 52–53. (In Russian).
 11. Fedosov S.V., Bobilev V.I., Ibragimov A.M., Kozlova V.K., Sokolov A.M., Sokolskiy A.I. Matematicheskoe modelirovanie protsessa nabora prochnosti betonom pri elektroteplovoy obrabotke. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 4, pp. 36–39. (In Russian).
 12. Fedosov S.V., Bobilev V.I., Ibragimov A.M., Sokolov A.M. Metodika rascheta predelnykh temperaturnykh gradien-tov v zhelezobetonnykh izdeliyakh v protsesse elektroteplovoy obrabotki. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 3, pp. 44–46. (In Russian).

ТОРГОВЫЙ ДОМ

ИНТА-СТРОЙ

ООО «ТД «ИНТА-СТРОЙ», 644113, Омск, ул. 1-я Путьевая, 100
Тел.: (3812) 35 65 44, 35 65 45. E-mail: info@inta.ru. Http: www.inta.ru

Реклама

**ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ»
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ПРЕСС ПОЛУСУХОГО
ПРЕССОВАНИЯ «ОМПРЕСС»**



Назначение

Пресс полусухого прессования предназначен для получения кирпича-сырца из глиняного пресс-порошка.

Преимущества:

- пресс является одноручьевым с высокой производительностью и высоким усилием прессования;
- прессование в две стадии с предварительной предпрессовкой усилием 8 т;
- смазывание стенок камеры прессования;
- автоматизация всех процессов прессования;
- марка выпускаемого кирпича М300.

Основные характеристики:

- производительность, шт/ч – 1440;
- усилие прессования, т – 120;
- удельное давление прессования, кг/см² – 400;
- мощность, кВт – 23;
- габариты (дл., шир., выс.), мм – 4300, 1660, 2140;
- габариты кирпича (дл., шир., выс.), мм – 250, 120, 65;
- масса, кг – 8100.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

УДК 666.972.1

Ю.А. СОРВАЧЕВА¹, инженер, Т.М. ПЕТРОВА¹, д-р техн. наук,
К. ГИБСОН², доктор-инженер, А.А. ФЕДЧЕНКО¹, студент

¹ Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
(190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9)

² Институт строительных материалов им. Ф.А. Фингера Строительного университета (Германия, 99421, г. Веймар, ул. Кудре, 11)

Влияние суперпластификаторов на основе поликарбоксилатов на щелочесиликатное расширение бетона

С целью определения степени влияния добавок-пластификаторов на щелочесиликатное расширение бетона была проведена оценка потенциальной реакционной способности заполнителя со щелочами цемента при введении в его состав от 0,3 до 0,7% суперпластификатора на основе эфиров поликарбоксилатов. Для оценки результатов были использованы национальные и зарубежные нормы. Установлено, что использование суперпластификаторов может способствовать протеканию щелочесиликатной реакции в бетонных и железобетонных конструкциях, снижению их долговечности и, как следствие, полному или частичному разрушению.

Ключевые слова: щелочесиликатная реакция, суперпластификатор, поликарбоксилаты, реакционноспособный заполнитель, долговечность.

Yu.A. SORVACHEVA¹, Ph.D. student, T.M. PETROVA¹, Doctor of Science (Engineering), C. GIEBSON², Doctor-Engineer, A.A. FEDCHENKO¹, Student

¹ Petersburg State Transport University (9, Moskovsky Avenue, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation)

² F.A. Finger Institute of building Materials Bauhaus University (11, Coudray Street, Weimar, Deutschland, 99421)

Influence of Polycarboxylate Based Superplasticizers on the Alkali-Silica Expansion of the Concrete

In order to determine the effect of additives-plasticizers on the alkali-silica expansion of concrete was conducted an evaluation of the potential reactivity of aggregate with alkalis of the cement when in its composition is from 0,3 to 0,7% of superplasticizers. To assess the results were used national and international standards. It was establish that the use of superplasticizers based on polycarboxylate ethers can contribute to the alkali-silica reaction in concrete and reinforced concrete structures, reduce their durability and, as a consequence, to the total or partial destruction.

Keywords: alkali-silica reaction, polycarboxylate based superplasticizers, reactivity aggregate, and durability.

Создание в 1980-х гг. поликарбоксилатных суперпластификаторов является одним из наиболее значительных прорывов в истории добавок для бетона. Их использование при изготовлении бетонной смеси позволяет значительно сократить расход цемента, снизить водоцементное отношение, тем самым повысить плотность и прочность бетона как в раннем возрасте, так и в возрасте 28 сут. Несмотря на это, улучшение физико-механических свойств бетона путем введения поликарбоксилатных суперпластификаторов не является залогом высокой долговечности железобетонной конструкции.

Известно, что поликарбоксилатные суперпластификаторы содержат оксиды калия и/или натрия, что может привести к увеличению щелочности поровой жидкости и вероятности возникновения щелочесиликатного расширения [1]. Обычно содержание щелочей в суперпластификаторах на основе поликарбоксилатов в пересчете на $\text{Na}_2\text{O}_{\text{экв}}$ варьируется в пределах от 0,1 до 1%, на основе нафталина, меламина или лигнина – от 2 до 6% [2].

Содержание растворимых соединений щелочных металлов в портландцементе с $\text{Na}_2\text{O}_{\text{экв}}$ от 0,6 до 1,2% составляет примерно 80% от общего количества калия и натрия [3]. Таким образом, при расходе цемента с содержанием $\text{Na}_2\text{O}_{\text{экв}}$ около 1% в количестве 350 кг/м^3 бетона в поровую жидкость высвобождается примерно 3,5 кг оксидов калия и натрия. Несмотря на то что при изготовлении бетонной смеси вводится достаточно малое количество суперпластификатора, его воздействие на процесс щелочесиликатного расширения не может быть полностью исключено.

В настоящее время известно не много работ по исследованию влияния суперпластификаторов на протекание щелочесиликатной реакции. В начале 1990-х гг. было показано, что введение в состав бетонной смеси

Establishment of polycarboxylate based superplasticizers as additives of the new generation in the 1980s is one of the most significant breakthroughs in the history of concrete admixtures. Their use in the manufacture of concrete can significantly reduce cement consumption and water-cement ratio, thereby increasing the density and strength of concrete at an early age, and at the age of 28 days. Despite this, the improvement of physical and mechanical properties of concrete by introducing polycarboxylate based superplasticizers is not a guarantee of high durability of reinforced concrete structures.

It is known that the polycarboxylate based superplasticizers include oxides of potassium and / or sodium hydroxide, which may lead to increase of the alkalinity of the pore solution and the probability of alkali-silica expansion [1]. Typically, the content of alkalis in the superplasticizers based on polycarboxylate in recalculation in $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ ranges from 0,1 to 1%, based on naphthalene, melamine or lignin – 2 to 6% [2].

The content of soluble alkali metal compounds in Portland cement with $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ from 0,6 to 1,2% is approximately 80% of the total amount of potassium and sodium [3]. Thus, when consumption of cement with $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ about 1% is 350 kg/m^3 of concrete about 3,5 kg of alkalis are released in the pore solution. Despite of that fact that in manufacturing of the concrete mix is introduced sufficiently small amount of superplasticizers, its impact on the process of alkali-silica expansion cannot be fully excluded.

Currently, a small number of studies are known on the influence of superplasticizers on the process of the alkali-silica reaction. In the early 1990s it was shown that the addition of the superplasticizers in the concrete mixtures may increase alkali expansion according to the long test method of the concrete of GOST 8269.0–97 or ASTM C 227 [4]. However, when tested alkali content of the cement was increased arti-

суперпластификаторов может привести к увеличению щелочного расширения согласно длительной методике испытаний образцов бетона по ГОСТ 8269.0–97 или ASTM C 227 [4]. Однако при проведенных испытаниях содержание щелочей в цементе искусственно повышалось с 0,5 до 1% за счет добавления NaOH, что влияло на раннюю гидратацию портландцемента и не приводило к увеличению концентрации гидроксидов щелочных металлов в поровой жидкости. Это не позволяло сделать однозначный вывод о влиянии суперпластификаторов на протекание щелочесиликатной реакции.

В последующих работах было показано, что введение суперпластификатора С-3 в количестве 0,7% в бетонную смесь позволяет снизить относительные деформации расширения примерно на 80% [5, 6]. Однако известно, что добавка С-3 оказывает влияние на длительность живучести бетонной смеси и увеличивает индукционный период гидратации цемента. Для решения этой проблемы и регулирования сроков схватывания цементного теста предложено использовать суперпластификатор С-3 в количестве 0,3% от массы цемента и 0,05% лимонной кислоты, снижая тем самым дозировку добавки и щелочное расширение бетона [7, 8]. В представленных работах оценка влияния суперпластификатора на протекание реакции между щелочами цемента и кремнеземом заполнителя проводилась по методике ускоренных испытаний ГОСТ 8269.0–97, где количество воды определяется методом предварительного подбора, в связи с чем снижение деформаций расширения может также объясняться изменением водоцементного отношения и увеличением плотности бетона.

Целью исследования являлась оценка влияния суперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов на вероятность возникновения щелочной коррозии и снижения долговечности бетонных и железобетонных конструкций. Были проведены измерения относительных деформаций образцов мелкозернистого бетона с дозировкой суперпластификатора на основе поликарбоксилатов от 0,3 до 0,7% по ускоренным методикам ГОСТ 8269.0 и со-

Таблица 1
Table 1
Характеристики высокощелочного портландцемента
Characteristic of Portland cement

ПЦ 500-D0-N, мас. % PC 500-D0-N, % by mass			
SO ₃	2,89		
SiO ₂	20,7	C ₃ S	55,9
Al ₂ O ₃	5,21	C ₂ S	21,4
Fe ₂ O ₃	4,15	C ₃ A	9,2
CaO/CaO _{своб} CaO/CaO _{free}	63,9/-	C ₄ AF	13,5
MgO	1,75		
K ₂ O	0,6	Na ₂ O _{экв}	1,19
Na ₂ O	0,8	Na ₂ O _{eq}	

cially from 0,5% to 1% by the addition of NaOH, which affected on the early hydration of Portland cement and did not increase of the concentration of alkali metal hydroxides in the pore solution. It did not allow making an unambiguous conclusion about the effect of superplasticizers on the course of alkali-silica reaction.

In subsequent studies, it was shown that the introduction of superplasticizer C-3 in an amount of 0,7% in the concrete mixture can reduce the relative deformation of expansion approximately on 80% [5, 6]. However, it is known that the addition of C-3 has an effect on the period of survivability of the concrete mixture and can increase induction period of the hydration of the cement. To solve this problem and to control of setting time of cement paste is proposed to use superplasticizer C-3 in an amount of 0,3% by weight of cement and 0,05% of citric acid, thereby reducing the dosage of additives and the alkaline concrete expansion [7, 8]. In this work, assessment of the impact of superplasticizers on the reaction between alkalis of the cement and amorphous silica of the

Таблица 2
Table 2

Характеристики крупного заполнителя
Characteristic of coarse aggregate

Наименование показателей Name of indicators	Требования ГОСТ 8267–93 Requirements GOST 8267–93	Фактическое содержание The actual content
Зерновой состав – полные остатки на ситах в мас. %: Д наименьший Д наибольший Grain size – full residues on sieves in% by mass: The smallest diameter The biggest diameter	90–100 до 10 90–100 till 10	98,6 9,5 98,6 9,5
Содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы, % Contents of lamellar (flaky) and needle shape grains,%	15–25	24,8
Содержание зерен слабых пород, % Content of weak rocks,%	до 5 till 5	3,8
Содержание пылевидных и глинистых частиц, % в том числе глины в комках, % Content of dust and clay particles,% Including clay lumps,%	до 1 0,25 till 1 0,25	0,9 0 0,9 0
Марка щебня по прочности Strength	>800 above 800	1400
Морозостойкость, циклы Frost resistance, cycles	25 и выше 25 and more	400
Насыпная плотность, кг/м ³ Bulk density, kg/m ³	–	1330
Содержание аморфного кремнезема, ммоль/л Amorphous silica, mmol/L	50	38,1

гласно Директивам немецкого комитета по железобетону.

Методы и материалы

Методы исследования

Российские нормы и методы исследования потенциальной реакционной способности заполнителя являются аналогом американских стандартов ASTM C 1260 и ASTM C 227, в которых ускоренные испытания проводят на образцах-балочках размером $25 \times 25 \times 254$ мм, изготовленных из мелкозернистой бетонной смеси состава цемент: измельченный заполнитель в соотношении 1:2,25 по массе. Водоцементное отношение устанавливается стандартным методом предварительного подбора. После 24 ч твердения в ванне с гидравлическим затвором образцы помещают в емкость с дистиллированной водой и в течение суток выдерживают при температуре 80°C , затем охлаждают не менее 4 ч до температуры 20°C и снимают первое показание. Далее образцы хранят в 1М растворе NaOH при такой же температуре и измеряют деформации ежедневно в течение двух недель.

Согласно немецкой директиве «Профилактические меры по предотвращению вредоносной щелочной реакции в бетоне» ускоренные испытания проводятся на образцах размером $40 \times 40 \times 160$ мм с таким же составом по массе и при таких же условиях, как и в российских нормах, однако водоцементное отношение установлено постоянным и составляет 0,47. Граничным пределом в обоих случаях является достижение образцами расширения, равного 0,1% (или 1 мм/м). Длительность испытаний согласно российской методике составляет 11 циклов, немецкой – 13.

Характеристики материалов

Исследования проводились на высокощелочном портландцементе, химический и минералогический состав которого представлены в табл. 1.

В качестве заполнителя использовали щебень одного из месторождений России (табл. 2).

Результаты петрографического анализа представлены в табл. 3.

Содержание аморфного кремнезема в представленном щебне не превышает установленную российскими нормами границу в 50 ммоль/л, однако согласно петрографическим исследованиям щебень содержит около 18–20% халцедона и 20–25% кварца, что говорит о потенциальной возможности протекания щелочесиликатной реакции.

Результаты исследования

Для выявления степени воздействия суперпластификатора на основе поликарбоксилатов на сроки схватывания цементного теста и индукционный период гидратации была определена кинетика набора пластической прочности цементного камня (рис. 1).

По результатам проведенных исследований выявлено, что введение суперпластификатора на основе эфиров поликарбоксилатов оказывает незначительное влияние на сроки схватывания цементного теста: при введении 0,7% добавки начало схватывания замедляется на 30 мин, конец схватывания – на 1 ч.

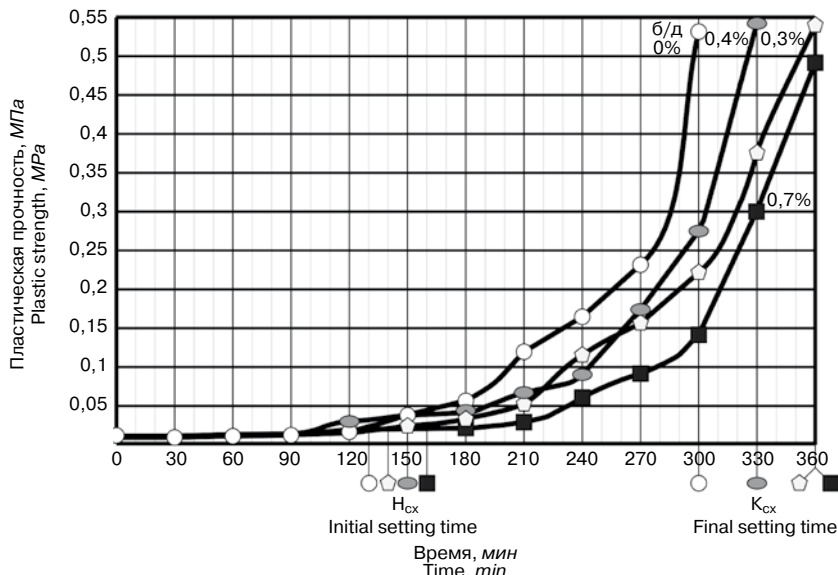


Рис. 1. Кинетика набора пластической прочности

Fig. 1. Kinetics of increasing of plastic strength

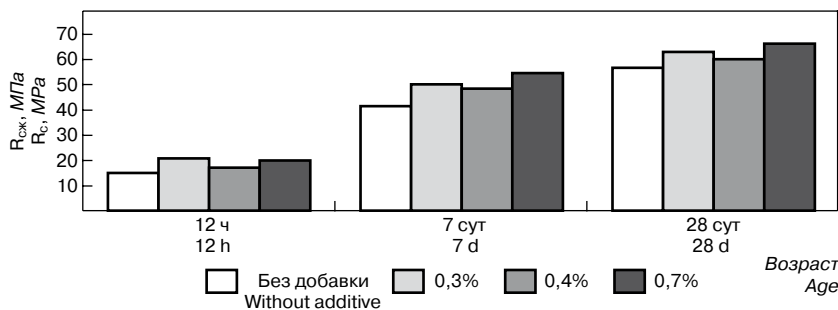


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии от количества введенной добавки в разном возрасте

Fig. 2. Compressive strength

aggregate was conducted by the accelerated test method of GOST 8269.0–97, where the amount of water is determined by pre-selection method, and therefore the reduction of strain expansion can also be attributed to the change in water-cement ratio and increasing of the density of concrete.

The aim of this study was to evaluate the influence of superplasticizers based on the ethers of polycarboxylate on the probability of alkali corrosion and reduce of durability of concrete and reinforced concrete structures. In the study, measurements were made of the relative deformation of the samples of mortar with a dosage of superplasticizers based on polycarboxylate from 0,3 to 0,7% by accelerated methods GOST 8269.0 and in accordance with the directives of the German Committee for Reinforced Concrete.

Methods and Materials

Research methods

Russian standards and methods for evaluation of potential reactivity of aggregate are similar to American standards ASTM C 1260 and ASTM C 227, in which the accelerated tests carried out on samples $25 \times 25 \times 254$ mm, made of mortar composition of which is cement: crushed aggregate in the ratio 1:2,25 by mass. Water-cement ratio is set by the standard pre-selection method. After 24 hours of curing samples are placed in a container with distilled water and incubated for 1 day at a temperature of 80°C , then allowed to cool for at least 4 hours to a temperature of 20°C and made first measurement. Next, the samples were stored in a solution of 1M NaOH at the same temperature and extension was measured daily for two weeks.

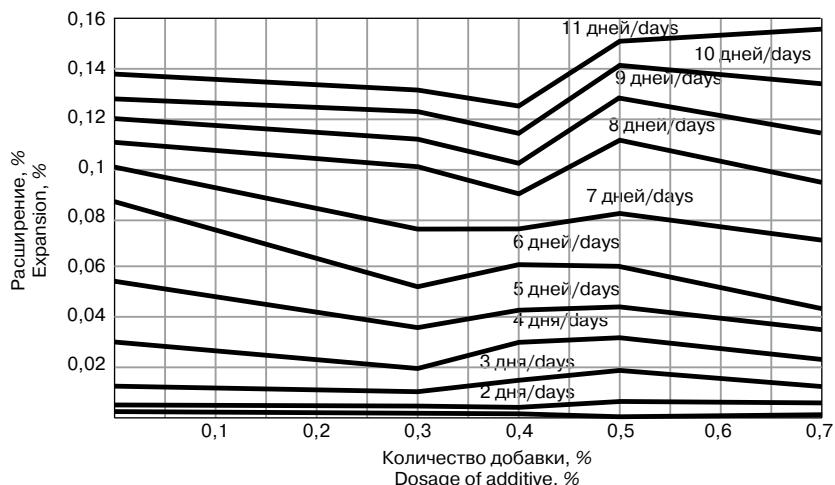


Рис. 3. Влияние дозировки добавки на щелочесиликатное расширение по методике ГОСТ 8269.0
 Fig. 3. Influence of the dosage of additive on the alkali-silica expansion according to method of GOST 8269.0

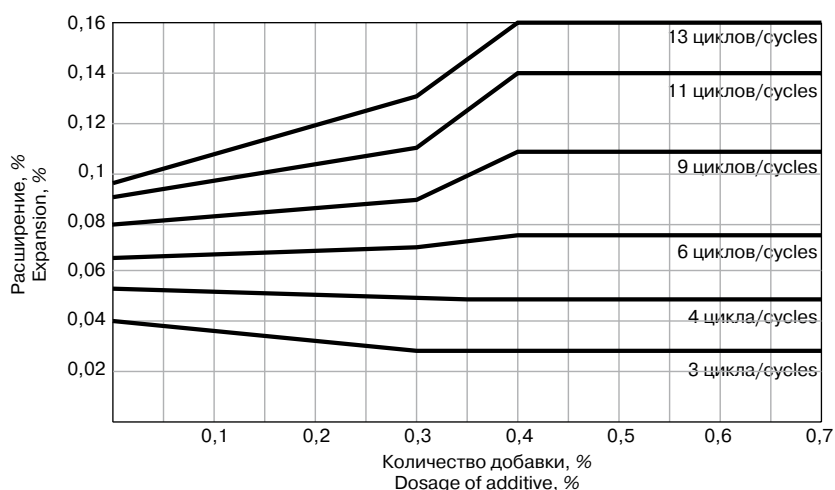


Рис. 4. Влияние дозировки добавки на щелочесиликатное расширение по методике немецкой директивы
 Fig. 4. Effect of dosage of additive on the alkali-silica expansion according by the German directive

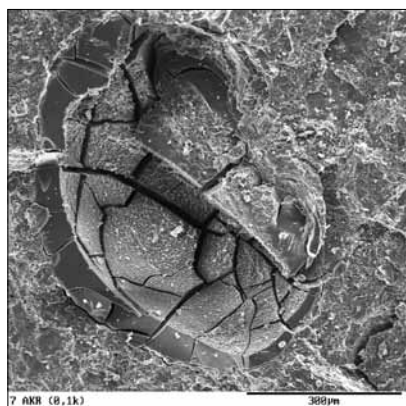


Рис. 5. Щелочесиликатный гель в поре бетона, $\times 100$
 Fig. 5. Alkali-silica gel in pore of the mortar, $\times 100$

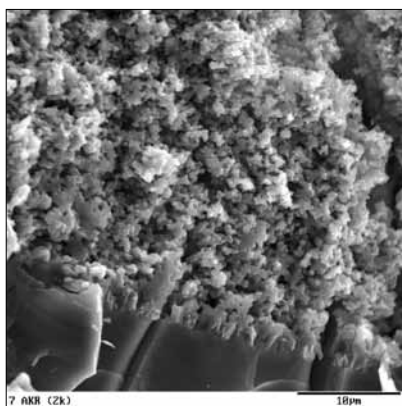


Рис. 6. Две фазы щелочесиликатного геля, $\times 2000$
 Fig. 6. Two phases of the alkali-silica gel, $\times 2000$

На рис. 2 представлено влияние количества введенной добавки на прочность образцов в разном возрасте. Методом ртутной порометрии определено влияние количества введенной добавки на пористость образцов. Выявлено, что при введении 0,7% поликарбоксилатного суперпластификатора пористость снижается с 15,37 до 9,9%. Это сопровождается уменьшением среднего раз-

alkali-silica reaction accelerated tests were conducted with the definition of linear deformations according to the national (Fig. 3) and international standards. The amount of mixing water was determined on pre-selection method while testing in accordance with the method of GOST 8269.0. Details of the concrete mixtures are shown in Table. 4.

According to the German directive «Preventive measures for avoiding harmful alkali reactions in the concrete» accelerated tests should be conducted on samples of size $40 \times 40 \times 160$ mm with the same composition by weight, and under the same conditions as in the Russian standards, but water-cement ratio is set constant at 0,47. The limit in both cases is an expansion of 0,1% (or 1 mm/m).

Duration of tests according to the Russian method is 11 cycles, German – 13 days.

Characteristics of materials

Studies were conducted on a highly alkaline Portland cement, chemical and mineralogical compositions of which are shown in Table 1.

Breakstone of one of the fields of Russia was used as an aggregate (Table 2).

Petrographic analysis results are presented in Table 3.

The content of amorphous silica in this aggregate does not exceed the established in Russian norms limit in 50 mmol/L, but according to the petrography tests it contains about 18–20% of chalcedony and 20–25% of quartz that indicate on the potential probability of alkali-silica reaction.

Results

To identify the impact of superplasticizers based on polycarboxylate on the setting time of cement paste and the induction period of hydration the kinetics of increasing of plastic strength of cement stone was determined (Fig. 1).

Based on these studies was revealed that the addition of this superplasticizer based on polycarboxylate has little effect on setting time of cement paste: the introduction of 0,7% slows down initial setting time for 30 min., time of final setting for 1 hour. Figure 2 shows the influence of the amount of introduced additives on the strength of samples at different ages.

By using method of mercury porosimetry was determined the effect of the amount of introduced additives on the porosity of the samples and found that the addition of 0,7% polycarboxylate superplasticizer is reduced porosity from 15,37% to 9,9%, which is accompanied by decreasing pore size in the average of 0,0162 μm to 0,0072 μm and increasing of the density of the cement paste.

Thus, on the basis of the research it is possible to make a preliminary conclusion that the introduction of 0,7% polycarboxylate superplasticizer is optimal in terms of physical and mechanical properties of concrete. However, in order to determine the influence of additives on the durability of concrete structure and the probability for

мера пор от 0,0162 до 0,0072 μm и увеличением плотности цементного камня.

Таким образом, на основе проведенных исследований можно сделать предварительный вывод, что введение 0,7% суперпластификатора на основе поликарбоксилатов является оптимальным с точки зрения физико-механических характеристик бетона. Однако с целью определения влияния введенной добавки на долговечность железобетонной конструкции и вероятность последующего протекания щелочной коррозии бетона были проведены ускоренные испытания с определением линейных деформаций расширения по национальным (рис. 3) и зарубежным нормам.

При проведении испытаний по методике ГОСТ 8269.0 количество воды затворения определялось предварительным подбором. Характеристики бетонных смесей представлены в табл. 4.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что введение добавки в количестве 0,7% способствует протеканию щелочесиликатной реакции в бетоне и приводит к увеличению расширения образцов от 0,138 до 0,157%.

Введение суперпластификатора в количестве 0,4% снижает относительные деформации расширения до 0,125%, однако не позволяет исключить протекание щелочесиликатной реакции в бетоне. В свою очередь, влияние добавок-пластификаторов на щелочное расширение мелкозернистого бетона может быть следствием изменения водоцементного отношения, однако это является необходимым условием проведения испытаний согласно требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 8269.0.

Для решения этой проблемы и выявления степени влияния суперпластификаторов на основе поликарбоксилатов на щелочесиликатное расширение предложено использовать методику немецкой директивы, в которой водоцементное отношение устанавливается равным 0,47 и является неизменным (рис. 4).

Проведенные испытания показывают, что изменение водоцементного отношения даже у бездобавочного состава оказывает воздействие на щелочесиликатное расширение: происходит его снижение с 0,138 до 0,09%. Введение добавки при стабильном водоцементном отношении увеличивает щелочесиликатное расширение образцов. Максимальное увеличение на 83% наблюдается при 0,4% суперпластификатора на основе поликарбоксилата, при введении большего количества добавки значение щелочесиликатного расширения практически не изменяется.

Наличие щелочесиликатного геля как продукта щелочесиликатной реакции при различных методах испытаний и дозировках добавки от 0,3 до 0,7% подтверждено методом электронной микроскопии (рис. 5, 6), что доказывает протекание внутренней коррозии бетона.

Выводы

1. Выбор оптимальной дозировки суперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов с точки зрения улучшения физико-механических характеристик бетона не является достаточным условием высокой долговечности конструкции, так как существует вероятность возникновения щелочесиликатного геля в порах бетона и вокруг зерен заполнителя и, как следствие, расширения и растрескивания конструкции.

Таблица 3
Table 3

Минералогический состав крупного заполнителя Petrographic analysis

Минерал Mineral	Содержание, % Content, %	Минерал Mineral	Содержание, % Content, %
Кварц Quartz	20–25	Амфиболы Amphiboles	13–15
Полевые шпаты Feldspars	20–25	Пироксены Pyroxenes	3–4
Халцедон Chalcedony	18–20	CaCO ₃	1–2
Рудные минералы Ore minerals	13–14	Слюда и гидрослюда Mica and hydromica	3–4

Таблица 4
Table 4

Характеристики бетонных смесей Characteristic of concrete mixtures

Состав бетонной смеси по массе: 1:2,25* A concrete mixture by weight: 1:2,25*					
Количество добавки, % The amount of additive, %	0	0,3	0,4	0,5	0,7
Водоцементное отношение Water-cement ratio	0,42	0,34	0,325	0,31	0,28
Примечание. *Количество заполнителя по фракциям (согласно ГОСТ 8269.0/DIN EN 196-1): 5–2,5 мм / 4–2 мм : 10%; 2,5–1,25 мм / 2–1 мм: 25%; 1,25–0,63 мм / 1–0,5 мм: 25%; 0,63–0,315 мм / 0,5–0,25 мм: 25 %; 0,315–0,16 мм/ 0,25–0,125 мм: 15%.					
Note. *Amount of the aggregate on fractions (according to GOST 8269.0/DIN EN 196-1): 5 – 2,5 mm / 4 – 2 mm: 10%; 2,5 – 1,25 mm / 2 – 1 mm: 25%; 1,25 – 0,63 mm / 1 – 0,5 mm: 25%; 0,63 – 0,315 mm / 0,5 – 0,25 mm: 25%; 0,315 – 0,16 mm/ 0,25 – 0,125 mm: 15%.					

Based on these results, it is possible to conclude that the introduction of an additive in an amount of 0,7% promotes the alkali-silica reaction in concrete and leads to an increased expansion of the samples of 0,138% to 0,157%.

Introduction of the superplasticizers in an amount of 0,4% reduces expansion deformation relative to values of 0,125%, however, doesn't eliminates the occurrence alkali-silicate reaction in the concrete. In turn, the effect of additives –plasticizers to the alkaline expansion of fine concrete may be linked to changes of the water-cement ratio, but it is a prerequisite for testing according to the requirements of interstate standard GOST 8269.0.

To solve this problem and to identify the degree of influence of superplasticizers based on polycarboxylate on the alkali-silica expansion is proposed to use technique of the German directive water-cement ratio in which is set equal to 0,47 and is unchanged (Fig. 4).

Tests have shown that the change of the water-cement ratio even in composition without additives affects on its alkali-silica expansion: its reduction occurs with 0,138% to 0,09%. Introduction additives with a stable water-cement ratio increase the alkali-silica expansion samples. The maximum increase of 83% was observed at 0,4% superplasticizer based on polycarboxylate, more content of additive makes alkali-silica expansion practically unchanged.

The presence of alkali -silica gel, as a product of alkali-silica reaction in various test methods and additives dosages from 0,3 to 0,7% was confirmed by electron microscopy (Fig. 5, 6), which proves the occurrence of alkali-silica reaction.

Conclusions

1. Selecting of the optimal dosage of superplasticizers based on the ether polycarboxylate in terms of improved of

2. Проведенные испытания по ускоренной методике ГОСТ 8269.0 позволяют сделать вывод, что зависимость щелочесиликатного расширения от количества введенной добавки является параболической и ее оптимальное количество с точки зрения вероятности протекания внутренней коррозии бетона не гарантирует достижения наивысшей прочности. Таким образом, использование оценки потенциальной реакционной способности заполнителей ускоренным методом согласно ГОСТ 8269.0 не позволяет оценить реальное влияние добавок-пластификаторов на щелочесиликатное расширение бетона в связи с необходимостью изменять водоцементное отношение в зависимости от дозировки введенной добавки.

3. Методика Директивы Немецкого комитета по железобетону позволяет стабилизировать водоцементное отношение, в связи с чем влияние суперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов на расширение образцов усиливается, так как увеличивается щелочность поровой жидкости образцов и пористость, что способствует протеканию внутренней коррозии бетона. В результате исследования выявлено, что введение даже 0,4% суперпластификаторов может привести к увеличению щелочесиликатного расширения.

4. При выборе оптимального количества суперпластификаторов на основе поликарбоксилатов необходимо оценивать не только их влияние на физико-механические характеристики бетона, такие как плотность, пористость, прочность, но и на возможное щелочесиликатное расширение бетона.

Список литературы

1. Leemann A., Lothenbach B., Thalmann C. Influence of superplasticizers on pore solution composition and on expansion of concrete due to alkali-silica reaction. *Construction and building materials*, 2011. Vol. 25, pp. 344–350.
2. Lange A., Hirata T., Plank J. Influence of the HLB value of polycarboxylate superplasticizers on the flow behavior of mortar and concrete. *Cement and concrete research*. 2014. Vol. 60, pp. 45–50.
3. Jansen D., Neubauer J., Goetz-NeunHoeffer F., Haerzschel R., Hergeth W.-D. Change in reaction kinetics of a Portland cement caused by a superplasticizers – Calculation of heat flow curves from XRD data. *Cement and Concrete Research*. 2012. Vol. 42 (2), pp. 327–332.
4. Wang H., Gillott J.E. The effect of superplasticizers on alkali-silica reaction. In: *Proceedings of the 8th international conference on alkali-aggregate reaction*, Kyoto: Japan; 1989, pp. 187–92.
5. Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Матеюнас А.И. Проблема щелочной коррозии в Республике Татарстан и пути ее решения. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2005. № 2. С. 58.
6. Морозова Н.Н., Матеюнас А.И., Хозин В.Г., Захарова Н.А., Лыгина Т.З. Внутренняя коррозия бетона на заполнителях речных месторождений Татарстана // *Строительные материалы*. 2005. № 11. С. 27–29.
7. Патент РФ 2484036. Комплексная органическая добавка для ингибирования щелочной коррозии. Ш.М. Рахимбаев, Н.М. Тольпина, А.А. Балес. Заявл. 30.12.2011. Опубл. 10.06.2013. Бюл. 16.
8. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М., Балес А.А. Влияние добавок-пластификаторов на внутреннюю коррозию бетона. *Инновационные материалы и технологии: Материалы международной научно-практической конференции (XX научные чтения)*. Омск. 2013. С. 195–197.

physical and mechanical characteristics of the concrete is not sufficient for high-durability structure, due to the fact that there is a probability of occurrence of alkali-silica gel in the pores and around the grains of concrete aggregate, resulting in expansion and cracking of structures;

2. The conducted tests according the accelerated method of GOST 8269.0 allow concluding that the dependence of alkali-silica expansion of the amount of introduced additives is parabolic and its optimal dosage in of terms of the probability of occurrence of alkali-silica reaction does not guarantee the achievement of the highest durability. Thus, the use of estimates of the potential reactivity of aggregates according to accelerated method of GOST 8269.0 does not assess the real impact of plasticizers additives on the alkali -silica expansion of the concrete due to the need to change the water-cement ratio, depending on the dosage of introduced additives;

3. Methodology of the Directive of German Committee of Reinforced Concrete allows stabilizing water-cement ratio, and therefore the influence of superplasticizers based on the ether polycarboxylate to the expansion of samples increases, as it increases the alkalinity of the pore fluid of the samples and porosity that promotes the alkali-silica reaction. The study revealed that the introduction of even 0,4% superplasticizers may lead to an increase of alkali-silica expansion.

4. While choosing the optimal amount of superplasticizers based on polycarboxylate it is necessary to assess not only its impact on the physical and mechanical properties of concrete, such as density, porosity, strength, but also the possibility of the alkali-silica expansion of the concrete.

References

1. Leemann A., Lothenbach B., Thalmann C. Influence of superplasticizers on pore solution composition and on expansion of concrete due to alkali-silica reaction. *Construction and building materials*, 2011. Vol. 25, pp. 344–350.
2. Lange A., Hirata T., Plank J. Influence of the HLB value of polycarboxylate superplasticizers on the flow behavior of mortar and concrete. *Cement and concrete research*. 2014. Vol. 60, pp. 45–50.
3. Jansen D., Neubauer J., Goetz-NeunHoeffer F., Haerzschel R., Hergeth W.-D. Change in reaction kinetics of a Portland cement caused by a superplasticizers – Calculation of heat flow curves from XRD data. *Cement and Concrete Research*. 2012, Vol. 42 (2), pp. 327–332.
4. Wang H., Gillott J.E. The effect of superplasticizers on alkali-silica reaction. In: *Proceedings of the 8th international conference on alkali-aggregate reaction*, Kyoto: Japan. 1989, pp. 187–92.
5. Morozova N.N., Khozin V.G., Mateyunas A.I. The problem of the alkaline corrosion in the Republic of Tatarstan and the ways of its solutions. *Proceedings of the Kazan State Architectural University*. 2005. No. 2. p. 58. (In Russian).
6. Morozova N.N., Mateyunas A.I., Khozin V.G., Zakharova N.A., Lygina T.Z. Internal corrosion of the concrete on aggregates on river deposits in Tatarstan. *Stroitel'nye Materialy*. 2005. No. 11, pp. 27–29. (In Russian).
7. Patent RF 2484036. Kompleksnaya organicheskaya dobavka dlya ingibirovaniya shelochnoy korrozii [Complex organic additive to inhibit of alkaline corrosion]. Rahimbaev Sh. M., Tolykina N.M., Bales A.A. Declared 30.12.2011. Published 10.06.2013. Bulletin No. 16. (In Russian).
8. Rahimbaev Sh. M., Tolykina N.M., Bales A.A. Influence of the polycarboxylate additives on the internal corrosion of the concrete. *Innovative Materials and Technologies: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference (XX scientific reading)*. Omsk. 2013, pp. 195–197. (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

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

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

автоматическая обработка
измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой

поверхностное и сквозное
прозвучивание



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

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

отрыв со скалыванием
и скалывание ребра

предельное
усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа



ПОС-2МГ4 П

испытание прочности
ячеистых бетонов



предельное
усилие вырыва 2,5 кН

**ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ
ДИНАМИЧЕСКИЕ**

ПДУ-МГ4 "Удар"

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

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



**Прессы испытательные
малогабаритные**

**ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4
/ ПГМ-1000МГ4**

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



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.

А.Н. ЛУГОВОЙ, канд. техн. наук, начальник лаборатории, А.Г. КОВРИГИН, технический специалист
ООО «Бийский завод стеклопластиков» (Россия, 659316, Алтайский край, г. Бийск, ул. Ленинградская, 60/1)

Композитные гибкие связи для трехслойных панелей

Приведены сведения об использовании композитных связей при производстве трехслойных стеновых панелей. В результате проведенных испытаний стеклопластиковых связей определены физические и химические характеристики. Установлено, что гибкие связи с фиксированием в бетоне за счет адгезионной связи (с навитым жгутом или песчаным покрытием) значительно (до 90%) теряют прочность сцепления с бетоном после щелочного воздействия. Гибкие связи с анкерным уширением за весь срок эксплуатации стеновой панели теряют не более 9% прочности сцепления с бетоном и могут гарантировать надежность и безопасность конструкции. Технология производства теплоэффективных панелей с использованием композитных гибких связей СПА® $\varnothing 7,5$ мм производства ООО «Бийский завод стеклопластиков» применяется на заводах КПД в Российской Федерации, Белоруссии, Германии, Франции, Швейцарии.

Ключевые слова: крупнопанельное домостроение, энергоэффективность, гибкие связи из композитных материалов.

A.N. LUGOVOY, Candidate of Sciences (Engineering), Head of Laboratory, A.G. KOVRIGIN, technical specialist,
OOO "Biysky zavod stekloplastikov" (60/1, Leningradskaya Street, 659316, Biysk, Altai Region, Russian Federation)

Composite Flexible Bracings for Three-Layered Thermal Efficient Panels

Information about the use of composite bracings when producing three-layered wall panels is presented. As a result of tests of glass-plastic bracings the physical and chemical characteristics were defined. It is established that the flexible bracings with fixation in concrete due to the adhesion bond (with a coiled strand or with sand blanket) significantly (up to 90%) loses the strength of adhesion with concrete after alkali effect. The use of flexible bracings with anchor spread reduces the adhesion strength by 9% approximately. The technology of producing the thermal efficient panels with the use of composite flexible bracings СПА® $\varnothing 7.5$ mm produced by OOO "Biysky zavod stekloplastikov" is used at large-panel house prefabrication plants in the Russian Federation, Byelorussia, Germany, France, and Switzerland.

Keywords: large-panel house prefabrication, energy efficiency, flexible bracing made of composite materials.

Крупнопанельное домостроение занимает весомую долю рынка в мире, а для некоторых стран, например Республики Беларусь, является основным в создании нового жилищного фонда [1–2]. Одним из ключевых аспектов развития технологий КПД является повышение энергоэффективности и энергосбережения. В последнее десятилетие большинство европейских стран, а также стран СНГ значительно увеличили нормативы по сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций. Стандартным решением является увеличение толщины утеплителя, используемого в трехслойных стеновых панелях. Однако существует другой способ – использование композитных гибких связей (рис. 1).

На заводах крупнопанельного домостроения в России и за рубежом распространены следующие варианты сцепления слоев трехслойных стеновых панелей:

– железобетонные шпонки, представляющие собой сквозное железобетонное включение, обычно размером от 200×200 до 400×400 см. Таких шпонок может быть установлено до 10 шт. для панели площадью 10 м²;

– гибкие связи из нержавеющей стали, представляющие собой металлические стержни с различного вида загибами на концах для обеспечения сцепления с бетоном. Таких связей может быть установлено от 4 до 10 шт. на 1 м² панели в зависимости от толщины слоев бетона, действующих нагрузок и прочности сцепления анкерного узла с бетоном;

– гибкие связи из композитных материалов, представляющие собой стержни с образованным на поверхности волнообразным профилем либо без него и анкерующими узлами на концах связей, обеспечивающие надежное закрепление гибкой связи в бетоне (рис. 2).

Расчетный коэффициент теплопроводности для композитных связей не выше 0,55 Вт/(м·°С); железобетонных шпонок – 1,69 Вт/(м·°С); гибких связей из обычной стали – 50 Вт/(м·°С); гибких связей из нержавеющей стали – 20 Вт/(м·°С). При применении композитных связей исключается влияние на сопротивление теплопередаче панели так называемых мостиков холода, повышается теплотехническая однородность трехслойной стеновой конструкции. Возрастает сопротивление теплопередаче трехслойной панели (на 20–40%). Стоимость готового

продукта не увеличивается, так как стоимость композитных гибких связей сопоставима со стоимостью качественных металлических гибких связей.

Кроме теплоэффективности гибкие связи из композитных материалов выгодно отличаются от других решений тем, что представляют готовое изделие и могут быть установлены в проектное положение без дополнительной обработки. Любые изделия из металла обычно требуют операций нарезки, изгибов, сварки или привязки к арматурной сетке и тем самым повышают трудозатраты и увеличивают время на производство конечных изделий.

В 1998 г. специалисты ООО «Бийский завод стеклопластиков» разработали стеклопластиковые гибкие связи СПА® $\varnothing 7,5$ мм. Проведен значительный комплекс исследований, позволяющий определить физико-механиче-

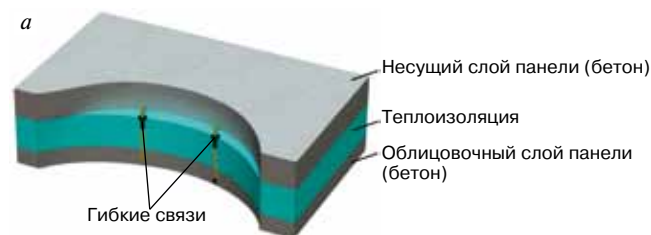


Рис. 1. Трехслойная теплоэффективная панель: а – схема; б – производство



Рис. 2. Гибкие стеклопластиковые связи СПА® $\varnothing 7,5$ мм

ские и теплотехнические характеристики панелей с гибкими связями СПА®. Работы проводились более чем в 20 научно-исследовательских организациях, испытательных центрах и лабораториях. В результате проведенных испытаний определены:

- механические характеристики стеклопластика, из которого изготовлены связи (прочность при растяжении, сжатию, поперечном изгибе, сдвиге вдоль армирующих волокон и срезе поперек волокон; модуль упругости и модуль ползучести);

- стойкость данных гибких связей к воздействию агрессивных сред (кислот и щелочей) с определением коэффициентов надежности (коэффициентов условий работы) на срок эксплуатации до 100 лет;

- коэффициенты условий работы при воздействии на связи неблагоприятных факторов (воздействие влаги и температуры при тепловлажностной обработке бетона, в котором связи установлены, влияние попеременного замораживания-оттаивания, долговременная прочность при воздействии постоянной нагрузки и т. п.);

- прочность сцепления данных гибких связей с бетонами различных марок и строительными растворами.

Таким образом долговременное воздействие щелочи на композитные гибкие связи снижает их физико-механические характеристики. Щелочь также влияет на сцепление гибких связей с бетоном, поскольку действует на поверхности контакта связей и бетона. Поэтому, при расчете надежности трехслойных панелей следует учитывать два критических состояния в узлах сцепления гибких связей с бетоном: разрушение гибкой связи из-за потери прочности ввиду щелочного воздействия и потерю несущей способности в результате вырыва гибкой связи из бетона, в том числе в некоторых случаях из-за снижения сцепления гибкой связи с бетоном.

При проведении испытаний композитных гибких связей различных производителей выяснилось, что прочность закрепления их в бетоне после щелочного воздействия зависит не только от сырья, из которого они изготовлены, но в большей степени от совершенства технологии производства и конструкции связей. *Гибкие связи с механической системой фиксации (с загибами, анкерными уширениями или стержни с периодическим профилем, образованным фрезерованием) под воздействием щелочи прак-*

тически не теряют прочности сцепления с бетоном. Падение прочности сцепления с бетоном для связей СПА® $\varnothing 7,5$ мм с анкерными уширениями составило 9 %. Гибкие связи с фиксированием в бетоне за счет адгезионной связи (с навитым жгутом или песчаным покрытием) значительно теряют прочность сцепления с бетоном после щелочного воздействия; в некоторых случаях фиксировалось падение прочности сцепления на 90% от исходного уровня.

В настоящее время ГОСТ 31310–2005 «Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем» регламентирует производство трехслойных панелей на территории Российской Федерации. Согласно Изменению № 1 от 2009 г. данный ГОСТ не регламентирует применение композитных гибких связей. Поэтому по Постановлению Правительства РФ от 27 декабря 1997 г. № 1636 «О правилах подтверждения пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий для применения в строительстве» применение композитных гибких связей в трехслойных стеновых панелях возможно после получения технического свидетельства. Бийским заводом стеклопластиков такое техническое свидетельство получено еще в 1999 г., оно постоянно проходит процедуру продления (действующий ТС № 3535–12 «Панели стеновые железобетонные трехслойные с гибкими связями из стеклопластиковой арматуры»).

Кроме того, с 1 января 2014 г. введен в действие ГОСТ 31938–2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций». Некоторые производители ссылаются на этот ГОСТ как на документ, якобы разрешающий применение композитной арматуры в качестве композитных гибких связей. Однако следует обратить внимание на параграф 1 в разделе «Область применения» ГОСТ 31938–2012: «Настоящий стандарт не распространяется на композитные полимерные стержни гладкого профиля и композитные полимерные гибкие связи».

В настоящее время технология производства теплоэффективных панелей с использованием композитных гибких связей развивается бурными темпами. На сегодняшний день более двадцати заводов в России, ряд заводов в Белоруссии, Германии, Франции, Швейцарии применяют гибкие связи СПА® $\varnothing 7,5$ мм производства ООО «Бийский завод стеклопластиков». При этом для многих предприятий гибкие связи СПА® $\varnothing 7,5$ мм оказались единственно правильным, эффективным и выгодным решением при производстве трехслойных панелей. Вместо переоборудования производства на большую толщину панелей с увеличением толщины материала-утеплителя оказалось достаточным исключить теплопроводные включения, заменив их на гибкие связи СПА® $\varnothing 7,5$ мм.

Список литературы

1. Николаев С.В. Модернизация базы крупнопанельного домостроения – локомотив строительства социального жилья // *Жилищное строительство*. 2011. № 3. С. 3–7.
3. Николаев С.В. Возрождение крупнопанельного домостроения в России // *Жилищное строительство*. 2012. № 4. С. 2–8.

References

1. Nikolaev S.V. Modernization of Base of Large-Panel Housing Construction is a Locomotive of Social Housing Construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 3, pp. 3–7. (In Russian).
3. Nikolaev S.V. Revival of large-panel housing construction in Russia. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 4, pp. 2–8. (In Russian).



ООО «Бийский завод стеклопластиков» оказывает информационную и техническую поддержку заводам КПД в проектировании энергоэффективных трехслойных панелей с использованием гибких связей СПА® $\varnothing 7,5$ мм

ООО «Бийский завод стеклопластиков»
Алтайский край, г. Бийск

Тел./факс: (3854) 442-444
E-mail: bzs@bzs.ru
www.bzs.ru

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

**VIII Академические чтения РААСН –
 Международная научно-техническая
 конференция**



**«Механика разрушения
 строительных материалов и
 конструкций»**



18-20 сентября 2014 г. Казань

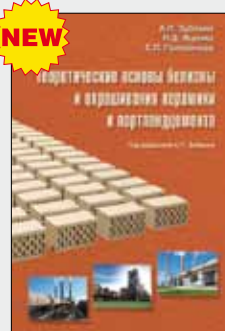
Основные научные направления

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

Адрес Оргкомитета:

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

NEW



**Теоретические основы белизны
 и окрашивания керамики
 и портландцемента**

**Зубехин А.П., Яценко Н.Д.,
 Голованова С.П.**

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
 2014. 152 с.

В книге представлены теоретические основы белизны и окрашивания керамических строительных материалов и белого портландцемента (БПЦ) с позиции теории цветности силикатных материалов в зависимости от их фазово-минерального состава, структуры, содержания хромофоров Fe, Mn и Ti, условий обжига и охлаждения (окислительных или восстановительных).

В результате исследований авторов и других ученых с применением комплекса физико-химических методов состояния окрашивающих примесей и ионов хромофоров в силикатах и алюминатах кальция, в алюмосиликатных минералах и подобных стеклофазах.

Установлены закономерности зависимости белизны, цвета и особенности окрашивания как пигментов, так и твердых растворов бесцветных фаз ионами-хромофорами от структуры, изовалентного или гетеро-валентного изоморфизма, образования окрашивающих кластеров. Разработаны эффективные способы управления белизной и декоративными свойствами строительных керамических материалов (фарфора, фаянса, облицовочной плитки, кирпича) и белого портландцемента.

Книга предназначена для научных сотрудников, инженерно-технических работников промышленности, преподавателей, аспирантов, студентов.

Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36
www.rifsm.ru

БЕЛГОРОДСКАЯ
 ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА
 БЕЛЭКСПОЦЕНТР



**6-8
 августа
 2014**

**X БЕЛГОРОДСКИЙ
 СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ**

XI межрегиональная
 специализированная выставка

**СОВРЕМЕННЫЙ
 ГОРОД**

Стройиндустрия

Энергетика.
 Ресурсосбережение.
 Экология

Т./ф.: (4722) 58-29-40, 58-29-48, 58-29-41
 E-mail: belexpo@mail.ru; www.belexpocentr.ru
 г. Белгород, ул. Победы, 147-а

УДК 666.982

Т.А. КРАСНОВА, начальник научно-технической службы, И.А. БАТУРИН, инженер-технолог
 ООО «Торговый дом СУПЕРПЛАСТ» (600000, г. Владимир, Промышленный проезд, 5)

Вопросы повышения качества поверхности железобетонных изделий

Показано, что удовлетворить требования нормативных документов к качеству поверхности готовых железобетонных изделий и конструкций можно без финишной доработки поверхностей, требующей затрат ресурсов и времени, а следовательно, увеличивающей стоимость готовой продукции. Приведены причины ухудшения качества поверхности изделий. Обоснован вопрос изменения технологии нанесения смазки распылением, исключающий перерасход материала и ее скопление в углах формы. Предложено применять специализированные модификаторы (Ригоформ Базис и Ригоформ Стандарт), способствующие повышению однородности бетонной смеси, препятствующие налипанию смеси на пригрузы и пуансоны при формовании, а также облегчающие уплотнение смеси при вибрировании.

Ключевые слова: железобетонные изделия, качество поверхности, технология нанесения, смазка формы, удобоукладываемость бетонной смеси.

T.A. KRASNOVA, Head of Scientific-Technical Service, I.A. BATURIN, engineer-technologist,
 ООО "Torgovy Dom SUPERPLAST" (5, Promyshlenny passage, 600000, Vladimir, Russian Federation)

Issues of Improving the Surface Quality of Reinforced Concrete Products

It is shown that it is possible to satisfy the requirements of normative documents concerning the surface quality of manufactured reinforced concrete products and structures without the finish improvement of surfaces which demand the expenditures of resources and time, and therefore increase the cost of ready-made products. Reasons for deterioration of quality of products surfaces are presented. The problem of changing the technology of greasing by means of spraying which excludes the over-expenditure of material and collection of the lubricant in the mold's corners is substantiated. It is proposed to use the specialized modifiers (Rigoform Basis and Rigoform Standard) which favor the improvement of concrete mix homogeneity, impede the mix sticking to balance weights and punches in the course of molding and facilitate the mix compaction during vibration.

Keywords: reinforced concrete products, surface quality, greasing technique, mold greasing, placeability of concrete mix.

Производство железобетонных изделий и конструкций в заводских условиях в Российской Федерации всегда занимало большую долю рынка строительных материалов. Это связано и с климатическими особенностями нашей страны, и со скоростью производства и возведения зданий и сооружений из готовых изделий и конструкций. Помимо требований по прочности и долговечности, к изделиям предъявляют высокие требования по качеству поверхности.

Требования к точности геометрических параметров изделий, а также к внешнему виду изделий прописаны в ГОСТ 13015–2003 «Изделия железобетонные и бетонные для строительства». В соответствии с данным документом регламентируется наличие и количество таких дефектов, как раковины, наплывы, впадины, околы ребер, наличие трещин, наличие жировых и ржавых пятен. Необходимо отметить, что наиболее распространенными требованиями к поверхности являются классы от А2 до А4, предполагающие применение высококачественных смазок, качественной оснастки, а также эффективного уплотнения.

Чаше всего приведение поверхности к требуемому классу проводят финишной доработкой поверхности, требующей затрат ресурсов и времени и приводящей к удорожанию стоимости изделия или конструкции.

Существует достаточно большое количество причин ухудшения качества поверхности изделий. Если не рассматривать влияние качества материалов, в том числе роль химии и минералогии цемента, примесей в заполнителях и пр., то к основным причинам можно отнести применение некачественных смазок; неравномерное нанесение смазки на поверхность формы, приводящее к появлению жирных пятен и увеличению количества заземленного воздуха, образующего раковины и каверны; износ парка форм, приводящий к появлению каверн, нарушению геометрии изделий; недостаточно эффективное уплотнение бетонной смеси, связанное с износом вибраторов; несоответствие параметров бетонной смеси технологическим параметрам производства.

При этом вопрос изменения технологии нанесения смазки, например, не является сложным в плане реализации. Нанесение смазок распылителями обеспечивает равномерное распределение ее по поверхности формы, а также исключает перерасход смазки и ее скопление в каких-либо частях формы. Такой подход поможет значительно снизить количество жировых пятен на изделии, а также количество раковин и каверн, образующихся из-за большого количества заземленного воздуха, выходу которого при уплотнении препятствует избыток смазки.

Специалисты понимают, что обновление парка форм, полное обновление технологических линий по ряду причин в некоторых случаях невозможно. А вот пересмотр требований к бетонным смесям, к сырьевым материалам, к принципам подбора и проектирования бетонов вполне осуществим и не требует значительного финансирования.

Часто несоответствие удобоукладываемости и удобоформуемости бетонной смеси заданному режиму укладки и уплотнения может служить причиной появления дефектов на поверхности изделий, а также приводить к околам ребер. При работе с жесткими смесями регулировать удобоформуемость можно за счет выбора соответствующего способа модификации и незначительной корректировки составов бетона (см. рисунок).

Специализированные модификаторы, например Ригоформ Базис и Ригоформ Стандарт, разработанные специалистами ООО «Торговый дом СУПЕРПЛАСТ» [1], способствуют повышению однородности бетонной смеси, препятствуют налипанию смеси на пригрузы и пуансоны при формовании, а также облегчают уплотнение смеси при вибрировании. При этом чаще всего модификаторы такого плана практически не влияют на удобоукладываемость бетонной смеси.

При работе с технологиями, предполагающими использование подвижных бетонных смесей, ситуация сложнее. Мало просто увеличить подвижность бетонной смеси за счет применения эффективного пластифици-



Изменение поверхности железобетонных шпал при незначительном изменении способа модификации и удобоформируемости бетонной смеси

катора, часто даже высокоподвижные смеси не способны заполнять все пустоты в густой арматурной сетке при изготовлении конструкций небольшой толщины. При этом использование «самоуплотняющихся» бетонов (СУБ) также не является решением проблемы из-за высокой вязкости и связанных с ней пор и раковин, образующихся за счет защемленного воздуха, убрать который практически невозможно.

Кроме того, использование таких систем усложняется тем, что при подаче бетона в вертикальные формы сверху высота падения бетонной смеси может составлять 3–5 м. При ударе о форму бетонная смесь расслаивается. В данном случае эффективным может оказаться создание бетонной смеси, занимающей промежуточное положение между самоуплотняющимися и высокоподвижными. При проектировании состава такого бетона требуется обеспечить такой же объем тонкой фракции, как и для самоуплотняющихся бетонов, причем наиболее выгодным является применение минеральных добавок или добавочных цементов (классы ЦЕМ II с различными минеральными добавками).

Вполне эффективным может оказаться использование шлакопортландцемента, популярного в 1970–1980-х гг., именно при производстве ЖБИиК. При этом такой подвижности, как у самоуплотняющихся бетонов, не требуется и можно использовать возможность уплотнения вибрацией. Такое сочетание высокой подвижности, высокой однородности и устойчивости к расслоению при возможности небольшого виброуплотнения может обеспечить равномерное заполнение формы при сохранении однородности бетонной смеси даже при подаче с высоты, а также уменьшение количества защемленного воздуха и более легкое его удаление из тела заформованной смеси. В результате поверхность изделий улучшается. Конечно, проектирование таких составов предполагает использование высокоэффективных пластификаторов и водоредуцирующих добавок, требует полного пересмотра составов бетона, а также использования минеральных добавок, как инертных, так и активных.

Помимо состава бетона, парка форм, способа уплотнения важную роль в формировании структуры и поверхности изделий играет режим тепловой обработки. Часто кардинально изменить режим обработки с увеличением его времени невозможно из-за риска снижения объемов производства. Именно поэтому стоит работать внутри заданного режима. Увеличение времени предварительной выдержки дает возможность максимально избавиться от защемленного воздуха и, как следствие, раковин и пор укладки. Подъем температуры с небольшой скоростью (на уровне 10–15°C/ч) позволяет избежать значительного градиента температур у поверхности и в центре изделия, что снижает вероятность образования трещин, как поверхностных (внешних), так и

внутренних напряжений. Использование изотермической выдержки при температуре 50–60°C также благотворно сказывается на формирующейся структуре. Конечно же, изменение режима требует пересмотра состава бетона, как и в случае подбора оптимальной удобоукладываемости.

Необходимо отметить, что помимо улучшения качества поверхности повышается и долговечность таких изделий, так как в результате получается более плотная и менее дефектная структура бетона.

Решение проблемы качества поверхности изделий требует комплексного подхода. Это не только и не столько вопрос применения какой-либо добавки, это вопрос пересмотра составов бетонов в целом, обязательное обращение к технологическим особенностям и соответственное изменение требований к бетонным смесям и их составам. Только пересмотр составов бетонных смесей и бетонов с учетом выбранного способа модификации может обеспечить не только значительное повышение качества поверхности, но и качества изделия в целом за счет получения плотной структуры с минимальным количеством дефектов.

Список литературы

1. Краснова Т.А., Бороуля Н.И. Химическая модификация бетонов для монолитного бетонирования // *Строительные материалы*. 2013. № 7. С. 33–36.

References

1. Krasnova T.A., Boroulya N.I. Chemical Modification of Concretes for In Situ Concrete Works. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 7, pp. 33–36. (In Russian).

5-7 АВГУСТА ЧЕЛЯБИНСК



СТРОИТЕЛЬСТВО

2014 ВЫСТАВКА-ФОРУМ

Выставка-форум «Строительство-2014» продемонстрирует достижения всех участников строительного процесса - от научных разработок до их внедрения, от проектных решений, производства строительных материалов до готовых объектов.

Разделы выставки:

<ul style="list-style-type: none"> - Современные технологии в строительстве - Строительные конструкции, изделия - Промышленное строительство - Гражданское строительство - Объекты недвижимости - Малозэтажное строительство - Строительные материалы и оборудование для их производства - Строительные комплексы, машины и механизмы - Наука в строительстве 	<ul style="list-style-type: none"> - Инженерные сети: водо-, тепло-, газо-, электроснабжение - Вентиляция, кондиционирование - Оборудование зданий и сооружений - Дорожное строительство - Строительно-дорожная техника - Современные ресурсосберегающие технологии и материалы в строительстве - Экология в строительстве - Автоматизация в строительстве и эксплуатации жилья - Инвестиционные и инновационные проекты - Зодчество и архитектура
--	--

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



ДС «Юность», Свердловский пр., 51
 Тел.: (351) 755-55-10, 215-88-77 www.pvo74.ru





СУПЕРПЛАСТ

Химическая модификация бетонов

Центральный офис 600000 г. Владимир, Промышленный проезд, д.5
Тел.: (4922) 43-02-02, (4922) 53-42-03, (499)346-20-31 e-mail: info@superplast.su, www.superplast.su

Филиал в г. Санкт-Петербург (офис) 192241 г. Санкт-Петербург, проспект Александровской фермы, д. 29,
Литер Е, Тел.: (812) 677-66-14, (812) 677-66-15 e-mail: spb@superplast.su

Филиал в г. Краснодар (офис) 350080 г. Краснодар, ул. Уральская д. 99, оф.22
Тел.: (861) 232-36-37, моб.: (918) 688-08-80 e-mail: kr@superplast.su

Филиал в г. Нижний Новгород 603053 г. Нижний Новгород, пр-т Бусыгина, д.19-а
Тел.: (831) 463-99-87, 463-99-86 e-mail: nn@superplast.su

Филиал в г. Москва (офис) 127411 г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 157, стр.19, оф. 19303
Тел.: (499) 346-09-50, моб.: (929) 916 61 46 e-mail: msk@superplast.su Сайт: <http://www.himdobavki.ru/>

Филиал в г. Новосибирск 630056 г. Новосибирск, Советский р-н, ул. Варшавская, д.7
Тел.: (383)-363-60-18 (факс), (383)-363-60-19, моб.: (923) 246 30 00 e-mail: nsk@superplast.su

Филиал в г. Ярославль (офис) 150044 г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д. 4а,
Тел.: (4852) 26-04-00 e-mail: yar@superplast.su

О.В. БОГОМОЛОВ, д-р техн. наук, генеральный директор

ЗАО «Инженерная компания «ИНТЕРБЛОК» (107078, Москва, ул. Новая Басманная, 23, стр. 1А)

Опыт энергосбережения на промышленных предприятиях

Энергосбережение – важный фактор для любого производственного предприятия страны, несущего значительные энергетические потери. Основным направлением деятельности инженерной компании «ИНТЕРБЛОК» в настоящее время является модернизация паросилового хозяйства заводов железобетонных изделий, крупнопанельного домостроения и других предприятий стройиндустрии России, создание автономных, децентрализованных теплоэнергетических систем и комплексов на основе применения парогенераторов серии ST. Экономический эффект от внедрения в технологические процессы производства железобетонных и бетонных изделий парогенераторов ST подтверждается не только инженерно-экономическими расчетами, но и практическими результатами, достигнутыми российскими и зарубежными предприятиями. Опыт эксплуатации показал, что технологическое оборудование ЗАО «Инженерная компания «ИНТЕРБЛОК», применяемое на заводах железобетонных изделий, крупнопанельного домостроения и др. предприятиях, позволяет сократить расходы на производство пара на 50–70%, а в некоторых случаях в несколько раз. В настоящее время парогенераторы серии ИНТЕРБЛОК ST являются одними из самых надежных и экономичных в своем классе оборудования, что обеспечивает существенное снижение себестоимости выпускаемой продукции и небольшой срок окупаемости оборудования.

Ключевые слова: парогенератор, паросиловое хозяйство предприятия, энергосбережение, железобетонные изделия.

O.V. BOGOMOLOV, Doctor of Sciences (Engineering), General Director

"Engineering Company "INTERBLOCK" CJSC (23, structure 1A, Novaya Basmannaya Street, 107078, Moscow, Russian Federation)

Experience of Energy Saving at Industrial Enterprises

Energy saving is an important factor for any industrial enterprise of the country suffering the significant energy loss. At present the basic direction of activity of the engineering company "INTERBLOCK" is modernization of the steam-power utilities of factories of concrete prefabrication, large-panel prefabrication and other enterprises of building industry of Russia, creation of autonomous, decentralized heat-power systems and complexes on the basis of using steam generators of ST series. Economic effect from introducing steam generators ST into technological processes of manufacturing reinforced concrete and concrete products is confirmed not only by engineering-economic calculations but also by practical results achieved by Russian and foreign enterprises. The operational experience shows that the technological equipment of "Engineering Company "INTERBLOCK" CJSC used at factories of reinforced concrete products, large-panel housing construction and other enterprises makes it possible to reduce expenditures for steam generation by 50–70%, and in some cases – by several times. At present steam generators of INTERBLOCK ST series are one of the most reliable and economic in their class of equipment that ensures significant reducing the cost price of products manufactured and a short period of equipment self-repayment.

Keywords: steam generator, steam-power facilities of enterprise, energy saving, reinforced concrete products.

Одним из основных технологических противоречий большинства предприятий стройиндустрии стран СНГ является несоответствие затратного устаревшего паросилового хозяйства современному технологическому производству. В результате экономический эффект от применения современных технологий производства бетонных и железобетонных изделий поглощается затратной теплоэнергетикой.

Высокая доля энергетических затрат в себестоимости продукции – около 10–12% оказывает существенное негативное влияние на развитие промышленного производства в России. В течение последних семи лет автором и силами инженерно-исследовательского коллектива ЗАО «Инженерная компания «ИНТЕРБЛОК» проводилась исследовательская работа на нескольких десятках предприятий строительной индустрии России и стран ближнего зарубежья по изучению структуры энергозатрат, разработке подходов и методов энергосбережения [1, 2].

Установлено существенно завышенное потребление тепловой энергии на предприятиях стройиндустрии, основными причинами которого являются морально и физически устаревшие паровые котлы и другое теплоэнергетическое оборудование, не отвечающее современным технико-экономическим требованиям основного производства, а также устаревшие нормативы, которыми в настоящее время пользуются предприятия, производящие железобетонные изделия при расчетах затрат тепловой энергии.

Затраты на производство пара для технологических нужд (тепловлажностная обработка, прогрев инертных материалов, нагрев воды на технологические и бытовые нужды) могут достигать 80–90% от общих затрат предприятия на тепловую энергию. Постоянно растущие цены на энергоносители приводят к росту стоимости производства тепловой энергии. Дополнительное увеличение стоимости тепла приносит эксплуатация устаревших паропроизводящих котельных, паровые котлы которых, в силу конструктивных и эксплуатационных особенностей, не могут эффективно регулировать подачу пара в зависимости от потребности завода. Производитель сборного железобетона вынужден при-

нимать пар на свою производственную площадку даже при отсутствии в нем необходимости. В этих случаях пар просто выбрасывается в атмосферу. В результате только один завод ЖБИ средней производительности может бесполезно сжигать 10 млн р. в год и более. Учитывая, что общее количество подобных предприятий в стране около 10 тыс., общие потери могут достигать 100–120 млрд р. в год.

В настоящее время предприятия используют СН 513–79 «Временные нормы для расчета расхода тепловой энергии при тепловлажностной обработке сборных бетонных и железобетонных изделий в заводских условиях», разработанные в 1966 г. и переизданные в 1979 г. Этот документ декларирует использование и соответственно оплату теплоносителя (пара или нагретой воды) круглогодично, независимо от потребностей, включая выходные дни, время на проведение профилактических работ, отсутствие изделий в пропарочных камерах и т. п. В соответствии с указанным документом нормативный расход пара на тепловлажностную обработку 1 м³ железобетонных изделий определяется в 0,2–0,4 Гкал. Средний расход тепла на предприятиях страны составляет 0,36 Гкал на 1 м³. Исследования показали, что реальная потребность современного железобетонного производства в тепловой энергии в 3–4 раза меньше. Таким образом, проблема энергосбережения ставится в зависимости от системы теплоснабжения, созданной более полувека назад при совершенно других экономических условиях.

Одним из направлений решения задачи повышения энергоэффективности предприятий стройиндустрии является создание автономных, децентрализованных теплоэнергетических систем и комплексов на основе применения высокоэффективных парогенераторов серии ST, которые в настоящее время являются основным элементом децентрализованной системы теплоснабжения предприятия. Повышение энергоэффективности предприятий стройиндустрии за счет преобразования централизованной системы теплоснабжения в децентрализованную на основе применения парогенераторов серии ST обеспечивает снижение доли



Парогенератор мгновенного действия серии ST

энергозатрат в себестоимости продукции в 2–2,5 раза, в масштабах страны это может сэкономить до 100 млрд р. в год.

В целях модернизации паросилового хозяйства заводов железобетонных изделий, крупнопанельного домостроения, домостроительных комбинатов и других предприятий стройиндустрии ЗАО «Инженерная компания «ИНТЕРБЛОК» выполняет работы по созданию автономных теплоэнергетических систем, замене устаревшего теплоэнергетического оборудования на современные парогенераторы мгновенного действия серии ST, а также автоматизацию технологических процессов тепловой обработки при производстве бетонных и железобетонных изделий. Модернизировано паросиловое хозяйство более 50 заводов ЖБИ, достигнут уникальный результат – расход природного газа на тепловлажностную обработку железобетонных изделий сократился в три раза. Так, в 2011 г. расход природного газа на ТВО 1 м³ железобетонных изделий составлял 62,7 м³, после модернизации паросилового хозяйства и создания автономной децентрализованной системы теплоснабжения на базе парогенераторов ST в 2012 г. расход природного газа на ТВО 1 м³ железобетонного изделия составил 20,2 м³.

Опыт применения парогенераторов серии ST в технологических процессах производства товарного бетона также показывает сокращение затрат на топливо на 50–60% по сравнению с традиционными котловыми технологиями. Например, для производства 1 м³ товарного бетона, включая прогрев инертных материалов в бункерах, нагрев воды для смесителя, на бетонном заводе любой производительности расходуется около 0,5 л дизельного топлива.

В настоящее время парогенераторы серии ST являются самыми экономичными в своем классе оборудования, они обеспечивают существенное снижение себестоимости выпускаемой продукции и небольшой срок окупаемости.

Основными преимуществами парогенераторов ST являются:

- быстрота пуска и остановка – 15 с;
- отсутствие дымовой трубы;
- высокий КПД – 99%;
- независимость температуры пара от давления;
- универсальность – одна установка обеспечивает производство технологического пара и нагретой воды;
- высокая однородность технологического пара, стабильность его термодинамических параметров – теплоемкости, температуры, давления;

- отсутствие необходимости постоянного присутствия обслуживающего персонала;
- фундаменты и специальные сооружения для их установки не требуются: парогенераторы могут устанавливаться непосредственно около потребителей тепла, что позволяет исключить тепловые потери при транспортировке теплоносителя. Для функционирования парогенератора необходимы три основных компонента:

- топливо – природный газ, дизельное топливо или пропан;
- электропитание 380/220 В;
- промышленная вода.

Парогенераторная установка состоит из жаропрочной камеры сгорания, компрессора, систем подачи топлива и воды. В процессе функционирования компрессор нагнетает воздух в камеру сгорания, где происходит его смешивание с топливом. Электрическая искра от свечи зажигания воспламеняет смесь воздуха с топливом. По команде электронного контроллера в камеру сгорания, непосредственно в среду раскаленных газов через форсунку подается вода, где происходит ее мгновенное испарение. Образовавшийся технологический пар подается потребителю. Давление технологического пара на выходе системы не превышает 0,06 МПа, поэтому парогенераторы мгновенного действия серии ST неподконтрольны Котлонадзору.

Технология обеспечивает мгновенную подачу пара – выход на рабочий режим уже через 15 с после включения установки. В связи с этим нет необходимости поддерживать холостой режим работы парогенератора. Регулировка производительности частотная или двухступенчатая (2:1). Диапазон рабочих температур технологического пара на выходе парогенератора 110–160°C. Нагрев воды на технологические нужды или отопление происходит в емкости атмосферного типа непосредственной подачей пара через перфорированные трубы. Температура воды 80–90°C.

Составляющими тепловой мощности парогенератора являются теплота сжигания топлива и теплота конденсации воды, образующейся при термохимической реакции сгорания топлива. Технология не требует дымовых труб. Нет необходимости в сложных системах водоподготовки и деаэрации воды. Парогенераторы комплектуются простыми системами умягчения воды.

Создание автономных, децентрализованных теплоэнергетических систем и комплексов на заводах ЖБИ на основе применения высокоэффективных парогенераторов серии ST – один из ключевых этапов процесса сокращения затрат на производство тепловой энергии, снижения себестоимости выпускаемой продукции и реального энергосбережения.

Список литературы

1. Богомолов О.В. Реальный инструмент энергосбережения на предприятиях стройиндустрии // *Строительные материалы*. 2013. № 3. С. 14.
2. Богомолов О.В. Как сократить затраты на тепловую энергию? // *Строительные материалы*. 2012. № 3. С. 20.

References

1. Bogomolov O.V. A Real Tool of Energy Saving at Construction Industry Enterprises. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 3, pp. 14. (In Russian).
2. Bogomolov O.V. Reduce costs of thermal energy. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 3, pp. 20. (In Russian).



ИНТЕРБЛОК
ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПАНИЯ

107078, Москва, ул. Новая Басманная, д. 23, стр. 1А
Тел. (495) 722-72-86, 728-92-93, факс (495) 656-07-00
info@interblock.ru www.interblock.ru

Производство фундаментных свай на линии непрерывного формования при помощи слипформера от Echo Precast Engineering



Возведение зданий на слабых грунтах требует фундамента глубокого заложения. Бетонные сваи широко применяются в современном строительстве. В настоящее время наибольшей популярностью пользуются бетонные сваи, которые изготавливаются в формах литьевым способом.

Компания Echo Precast Engineering разработала технологию, позволяющую изготавливать фундаментные сваи безопалубочным способом при помощи формовочной машины-слипформера. При этом используются те же производственные настилы, что и для производства пустотных плит.



Производство бетонных остроконечных свай



Компания Echo Precast Engineering разработала технологию, позволяющую на стандартном производственном настиле при помощи слипформера изготавливать сваи безопалубочным способом



Забивка бетонной сваи на стройплощадке

Эта технология предлагает многочисленные преимущества по сравнению с традиционной опалубочной методикой производства свай. Слипформер от Echo Precast Engineering работает с жестким бетоном, что позволяет сократить производственные расходы. Преимущества производства свай методом непрерывного формования по сравнению с литьевым способом:

- снижается потребление цемента;
- не требуется химических добавок, таких как пластификаторы;
- повышается производительность, так как безопалубочный способ требует намного меньше времени, чем традиционное производство с применением опалубки.

Данная технология позволяет производить как преднапряженные сваи, так и сваи с объемным стальным арматурным каркасом. Максимальные размеры свай: сечение до 500×500 мм, длина неограничена. Трудозатраты для всего производственного процесса находятся на таком же низком уровне, что и для производства преднапряженных пустотных плит, и исходя из этого доля расходов на оплату работы персонала в общей смете намного ниже аналогичного показателя для опалубочной технологии. Дополнительное преимущество – сокращение времени твердения из-за низкого водоцементного отношения.

Фундаментные сваи бывают двух типов: с тупым концом и остроконечные.

Технология Echo Precast Engineering позволяет выпускать оба варианта.

Производственная машина-слипформер компании Echo Precast Engineering

Слипформер применяется для производства преднапряженных пустотных плит размером от 6 до 60 см. Тем не менее его также можно использовать для выпуска широкого спектра бетонных изделий: балок, перемычек, желобов, фундаментных свай, а также плит перекрытий с теплоизоляцией или встроенными отопительными / охладительными системами и др. Благодаря модульной конструкции оборудования обеспечивается быстрая переналадка производства на другой тип изделий, модули для переналадки легко монтируются и готовятся к производственному процессу. В силу своей особой конструкции – уплотнение осуществляется за счет вибрации и движений трубно-опалубочного комплекта – слипформер прост в уходе и техническом обслуживании. В стандартное предложение входят установки для производственных настилов шириной 1,2; 1,5 либо 2,4 м.

Подробный видеоролик о производстве свай на оборудовании Precast Engineering вы найдете здесь:

Просто отсканируйте QR-код при помощи подходящего считывающего устройства для QR-кодов и посмотрите видео!



Echo Precast Engineering NV
 Industrierterrein Centrum Zuid 1533
 3530 Houthalen,
 Belgium
 T +32 11 600 800
 F +32 11 522 093
 info@echoprecast.com
 www.echoprecast.com

Construx – Ваш партнер по изготовлению форм для сборного бетона и опалубки на стройплощадке

Компания Construx в течение многих лет является ведущим производителем форм для заводов железобетонных изделий. В условиях конкурирующего рынка Западной Европы команде компании приходится быть изобретательной. В 2013 г. компания Construx произвела комплектации предприятий в Бельгии, специализирующихся на изготовление стеновых панелей, лестниц, резервуаров, фундаментов и прямоугольных водоотводных труб. Лидирующая роль компании Construx в производстве форм наглядно подтверждена успехом этих проектов, поскольку они показывают высокий технический уровень оборудования для заводов, производящих стандартные элементы и высокое качество форм для специализированных проектов.

Установка двух вертикальных кассетных форм Hibat на современном заводе Enjoy concrete, производящем сборный бетон в Верне (Бельгия), предназначенных для изготовления бетонных стеновых панелей, используемых для высококачественной архитектурной отделки.

Меньшая кассетная форма 7×3,25 м оснащена двумя передвижными промежуточными бортами и одним передвижным крайним бортом с обеих сторон от неподвижного центрального борта со встроенной рабочей платформой. Борты могут передвигаться вручную с помощью цепного привода. Такая конструкция обеспечивает создание шести отсеков для отливки стеновых панелей. Половина отсеков оснащена специализированной системой регулировки положения опалубочных форм и донных оснований с требуемой точностью. Другие три отсека оборудуются магнитными боксами и необходимыми приспособлениями для установки опалубочных форм в требуемое положение.

Большая кассетная форма 8×3,5 м оснащена одним передвижным промежуточным бортом и одним передвижным крайним бортом с каждой стороны неподвижного центрального борта со встроенной рабочей платформой. Борты движутся посредством подключаемой электрической системы и дистанционного управления. Такая конструкция обеспечивает создание четырех отсеков для отливки стеновых панелей. Все эти отсеки оснащены специализированной системой регулировки положения опалубочных форм и донных оснований. В дальнейшем при необходимости большая кассетная форма может быть увеличена до восьми отсеков.

Подвесные кассетные формы Hibat являются высокотехнологичными вертикальными стеновыми формами для большого количества стеновых панелей с качественной двусторонней отделкой. Использование этих форм гарантирует удобство использования благодаря открытому свободному пространству между подвесными бортами. Дополнительное преимущество в том, что они предоставляют возможность производства большого количества стеновых панелей на небольшой территории по сравнению с необходимым пространством для установки поворотных столов для изготовления того же количества панелей. Борты этой вертикальной панельной кассетной формы передвигаются по верхней направляющей. Все борты имеют стальную обшивку толщиной 10 мм. Стальная обшивка из цельного листа проходит пескоструйную обработку и автоматическое шлифование для



Установка двух вертикальных кассетных форм Hibat на современном заводе Enjoy concrete, производящем сборный бетон в Верне (Бельгия)

получения гладкой поверхности. Степень гладкости будет зависеть от требований заказчика. Заказчик может выбрать любую высоту и длину. Высота обычно варьируется от 3 до 4 м, длина – от 7 до 13 м. Существуют два стандартных типа конструкции: фиксированный центральный борт и несколько передвижных бортов с обеих сторон, или фиксированный неподвижный крайний борт с несколькими передвижными бортами на одной стороне. Передвижные борты могут перемещаться вручную (цепной привод), электромоторами с дистанционным управлением или гидравлически. Количество отсеков на кассетную форму обычно от 4 до 12. Главное преимущество конструкции с неподвижным центральным бортом в том, что кассетная форма будто разделена на две секции, что позволяет работать независимо в каждой из них. Неподвижные центральные (или внешние) борты, как и передвижные внешние борты, оснащены стальной рабочей платформой с предохранительными поручнями и лестницей доступа. В бетоне нет проходящих стяжек. Сверху и снизу борты соединяются стяжками, которые могут быть установлены с переменным шагом. Вместо стяжек для соединения форм могут применяться гидравлические цилиндры по сторонам, и если форма очень большая, то и сверху и снизу. Для фиксации ниш, оконных и дверных проемов Construx предлагает широкий выбор донных опалубок, временных опалубочных элементов, систем регулировки высоты и магнитных боксов, выполненных на заказ.

Неподвижные и передвижные формы для ливневых резервуаров, смотровых ям и цоколей для O Beton в Румбеке (Бельгия), изготавливаемых монолитно, отливкой снизу вверх с поворотом посредством вакуумного опрокидывающего устройства.

Ливневые резервуары могут быть овальной и прямоугольной формы. Все внутренние формы немного конические, а овальные формы также могут сжиматься гидравлически.

Смотровые ямы имеют U-образную форму. Опалубка для смотровых ям имеет двойной комплект оснований для ускорения процесса и обеспечения ежедневных отливок. Стальные основания с бетонным элементом наверху вытягиваются с внешней стороны формы при помощи лебедки. Внешняя форма открывается гидравлически, а внутренняя гидравлически сжимается. Включены формы для изготовления соединительных модулей, лицевых элементов, торцевых и промежуточных элементов.



Регулируемая, гидравлически сжимаемая форма для ливневых резервуаров для O Beton в Румбеке (Бельгия)



Проект с 61 гидравлическим поворотным столом на предприятии Concretop в Уденаарде (Бельгия)

Цоколи не сужаются книзу, а полностью прямоугольны. Главным преимуществом прямых, не сужающихся книзу стен является возможность установки шкафов и полок на стенах цоколя. Внутренние формы стягиваются гидравлически, а внешние формы открываются вручную.

Проект с 61 гидравлическим поворотным столом на предприятии Concretop в Уденаарде (Бельгия) разработан специально для изготовления промышленных несущих стеновых панелей и сэндвич-панелей с гладкой или фактурной отделкой: 60 столов 13×4 м и 1 стол 16×4 м. Одно из двух производственных помещений вмещает 3 ряда по 6 столов и 3 ряда по 7 столов. Другое производственное помещение вмещает 1 ряд по 8 столов и 2 ряда по 7 столов, включая один большой шестнадцатиметровый стол.

Каждый стол оборудован следующими приспособлениями: 2 гидравлических цилиндра (или 3 цилиндра на большом столе); регулируемые борта формы (от 100 мм до 300 мм) на 3 из 4 сторон стола: на нижней длинной (13 м) стороне и на обеих (4 м) сторонах; длинный борт разделен на 2 равные части по 6,5 м; все борта имеют быстрые крепления на 140, 190 и 250 мм в высоту; 4 м борта открываются гидравлически для освобождения шпунтовых соединений промышленных стеновых панелей; 8 отдельных консолей вдоль верхней (13 м) стороны стола, для изготовления четырехметрового элемента; высокочастотные вибраторы, соединенные с центральным преобразователем частоты; нагревательный элемент под столом; изоляция на полу и по сторонам стола; управление с помощью подключаемого через штекер дистанционного пульта для обеспечения безопасной работы; все кабели для гидравлики, электропитания, нагрева и органов управления закрыты в специальных желобах.

Стальные боковые профили могут прикрепляться к столу посредством магнитных боксов: прямые формы и формы со шпунтовым соединением. Гидравлические блоки и частотные трансформаторы устанавливаются в центре производственных помещений. Развернутая планировка производственных помещений и то, что кабели не мешают производству, создают большое, свободное и открытое рабочее пространство вокруг каждого стола. Это обеспечивает быструю и безопасную поставку арматуры, бетона, опалубочных профилей, магнитных боксов, изоляции и ниш, а также быстрое и безопасное удаление мусора.

Многоцелевая форма для винтовых лестниц для JumaBeton в Балене (Бельгия). Для изготовления бетонной винтовой лестницы существует только один надежный способ – заливка снизу вверх, тогда ступени будут иметь гладкую лицевую поверхность, а детали отделки легко интегрировать. Форма для винтовой лестницы должна быть установлена с помощью штабелирования элементов одного на другой с учетом регулировки и соединения их в соответствии с размерами. Существующие системы были ограничены в силу трех причин: различные формы для различных предохранительных кантов; правые и левые ступени требовали различных форм; малая ширина элементов формы ступени, которая не оставляла пространства и приводила к низкому уровню безопасности. Инженеры компании Construx справились со всеми тремя задачами. Элемент формы винтовой лестницы сконструирован таким образом, что может использоваться с двух сторон – для прямых ступеней и для ступеней со скосом. Ступень со



Многоцелевая форма для винтовых лестниц для JumaBeton в Балене (Бельгия)

скосом внутрь с предохранительным кантом приобретает форму посредством треугольной магнитной галтели, подъем ступени может быть от 165 до 195 мм. Все элементы формы одинаковы, независимо от того, используется, правая или левая модель, и независимо от возможной конфигурации. Элементы формы достаточно широки для работы в безопасном режиме в зависимости от ширины ступеней – ступню приблизительно 600 мм рабочего пространства кроме самих ступеней. Возможный годовой выход более 2000 прямых и винтовых пролетов. Компания Construx предоставила экономичное и безопасное решение, соответствующее требованиям Juma Beton.

Полностью гидравлически регулируемые (как подступенки, так и проступи) формы для лестниц для OMG Prefabbeton в Десселе (Бельгия). До настоящего времени гидравлически регулируемые формы для лестниц никогда не были полностью гидравлическими. Только один параметр мог быть отрегулирован посредством гидравлических цилиндров: горизонтальное расстояние между двумя ступенями. С использованием гидравлики все проступи могли быть смещены одним одновременным движением. Подступенки по-прежнему должны были регулироваться вручную и только по одному за один раз. Компания Construx разработала второе синхронизирующее гидравлическое смещение, которое позволяет регулировать все подступенки одновременно. Поэтому новые формы для лестниц Construx можно назвать полностью гидравлическими: с помощью горизонтальных и вертикальных цилиндров подступенки так же как и проступи могут регулироваться одновременно. Новая форма для лестниц подходит для изготовления лестниц с одной или двумя лестничными площадками и до 20 ступеней. Ширина формы может быть: 1500, 2000 или 2500 мм. Подступенки должны быть от 165 до 195 мм (другие минимальные и максимальные значения возможны, но всегда должна соблюдаться разница в 30 мм для ступеней со скосом внутрь). Проступи должны быть от 220 до 320 мм. Механические ступени могут иметь 2 различных типа верхних элементов: нормальные прямые ступени, для которых необходимо вырезать деревянные бруски для формования подъемов, или ступени со скосом внутрь с предохранительным кантом, для которого необходимо использовать металлический треугольный штапик для заполнения пространства в основе проступи и подступенка лестницы в форме. Форма может быть оснащена регулируемыми и шарнирными бортами на одной или на обеих сторонах. Изготовление лестничных пролетов с верхней и нижней площадкой никогда не было таким простым в исполнении. Борт нижней площадки сконструирован как расширенная первая ступень и может быть гидравлически расположен под нужным углом. Борт верхней площадки может быть помещен в любое положение после того как один из верхних элементов будет снят. Для упрощения демонтажа гидравлическое поворотное устройство может быть закреплено на форме ступени. Компания OMG Prefabbeton закупила длинную регулируемую лестничную форму шириной 2500 мм на 18 ступеней, на которой могут быть предварительно собраны ступени с площадками до 3000 мм длиной. Главное преимущество конкретно этой формы в том, что она подходит для изготовления любого типа исключительного размера ступеней также как и для изготовления двух нормальных ступеней рядом одновременно.



Полностью гидравлически регулируемые формы для лестниц для OMG Prefabbeton в Десселе (Бельгия)

Регулируемая бюджетная лестничная форма, оснащенная гидравлическим ручным насосом для OMG Prefabbeton в Десселе (Бельгия). Горизонтальная «вверх дном» форма оснащена гидравлическим ручным насосом для регулировки горизонтального расстояния между двумя ступенями. Таким образом, проступи установленные и подступенки должны регулироваться посредством фиксации деревянных брусков, сделанных по размеру. Как и для вышеупомянутой гидравлической лестничной формы, ширина формы может быть выбрана: 1500, 2000 или 2500 мм. Количество ступеней 20, а верхняя и нижняя лестничная площадка до 1500 мм могут быть собраны вместе с пролетами. В стандартной установке подступенки должны быть от 165 мм до 195 мм, а проступи – от 220 до 320 мм. Другие ограничения допустимы. Возможны два варианта для обработки ступеней: нормальные прямые ступени или ступени со скосом внутрь с предохранительным кантом. Простота принципа построения делает этот тип лестничной формы очень малозатратным. Таким образом, до-



Регулируемая бюджетная лестничная форма, оснащенная гидравлическим ручным насосом

ступен широкий выбор различных лестничных форм, способный удовлетворит требования всех заказчиков. Когда производитель делает по 10 пролетов в день, он не может остановиться на использовании только одной системы сборки или только на одном типе формы. Иногда лучше использовать простые системы со вставками. Установка фиксированных металлических вставок в стандартную 1500 мм форму с двойной рамой, возможно, является наиболее рентабельным способом для сборки большого количества прямых пролетов.

В последние годы компания Construx установила множество опалубочных форм не только в Европе, но и во всем мире, в таких странах как Шри-Ланка, Нигерия, Индия, Канада и Россия. Для того, чтобы выполнять условия требовательных заказчиков, инженеры компании Construx непрерывно разрабатывают новые опалубочные системы, поскольку существующие системы устаревают по причине излишней сложности и ограничений.



Shaping the Future of Concrete

Your Partner in Precast & On-Site Formwork



Slingerweg 1
3600 Genk
Belgium
+32 89 32 88 55
info@construx.be
+7 812 925 51 05
info@construx.ru

www.construx.be

Новая производственная линия итальянской компании Nordimpianti System SRL в Казахстане



Компания Nordimpianti System SRL (Италия) осуществила успешный ввод в эксплуатацию производственной линии по выпуску пустотных плит перекрытия из предварительно напряженного железобетона на предприятии «Батыс Альянс Строй» в г. Атырау (Республика Казахстан).



В рамках экономических целей и социальных задач, которые в настоящее время формируются в Республике Казахстан, строительство является одной из ключевых отраслей, развитию которой уделяется особое внимание. Так, следуя программам регионального развития, в 2013 г. компания «Батыс Альянс Строй», имеющая огромный опыт в сфере строительства зданий и сооружений различного назначения, приняла решение о расширении видов продукции и услуг, которые она оказывает на строительном рынке своего региона, и об организации производства сборного железобетона. Одной из производственных линий стала линия по производству пустотных плит. В качестве поставщика оборудования для нового участка компания «Батыс Альянс Строй» выбрала одного из лидеров мирового рынка машин и оборудования итальянскую компанию Nordimpianti System SRL.



Компания Nordimpianti System SRL является одним из ключевых игроков с сорокалетним опытом работы на международном рынке. Основанная в 1974 г., компания уже в 1980-х гг. начала ставить перед собой высокие цели и приступила к созданию сети местных коммерческих представительств для организации экспорта своей продукции на территорию Европы и по всему миру. В настоящее время компания активно представлена на рынках многих стран Европы, в России, Украине, Саудовской Аравии, Иране, Ливии, ОАЭ, Бразилии, Мексике, Южной Корее, Индии, а также на рынках развивающихся стран, таких как Буркина-Фасо и Гана. Такое географическое разнообразие заставляет компанию Nordimpianti постоянно расширять свой бизнес и инвестировать средства в его развитие.



Перед специалистами компании была поставлена нестандартная задача – изготовить машины и оборудование для производства пустотных плит шириной 1200 и 1500 мм на одних и тех же стандах. Такая задача не нова, и потребность в подобных машинах имеется на рынке производства пустотных плит давно. Поскольку для производства пустотных плит заказчик выбрал именно экструдер как машину, с помощью которой возможно производить продукцию с наилучшими технико-экономическими показателями, необходимо было решить один из основных вопросов – изготовление формовочной вставки для производства более узких плит (шириной 1200 мм) на стандах большей ширины (шириной 1500 мм), без нанесения ущерба производственной поверхности станда в процессе формовки изделия.



На сегодняшний день различными производителями предложено множество решений в конструкциях формовочных машин для производства более узких плит. Однако эти решения имеют недостаток – при формовке более узких изделий за счет попадания цементного молочка между стандом и колеблющейся частью машины (боковым бортом) происходит повышенный износ поверхности станда.

Не изменяя своим традициям и чутко следуя требованиям заказчиков, компания Nordimpianti с успехом реализовала поставленную задачу путем усовершенствования конструкции формообразующей вставки и разработки устройства, которое предотвращает затекание цементного молочка между боковым бортом и производственным стандом, без потери в качестве нижней фаски пустотной плиты. Данная инновация позволит заказчику значительно снизить эксплуатационные затраты на производство различных видов пустотных плит. Позволит при том же количественном составе вспомогательных машин, оборудования и штата сотрудников производить два типа наиболее востребованной на строительном рынке продукции – пустотных плит высотой 220 мм, шириной 1200 мм и 1500 мм. Это дает несомненное преимущество компании «Батыс Альянс Строй» при работе с различными проектными организациями, так как завод в данном случае сможет помочь реализовать множество проектных задач.

Линия была введена в эксплуатацию в январе 2014 г., состоит из четырех формовочных стандов длиной по 75 м каждый с реакционными упорами. Кроме того, в комплект поставки входил полный набор вспомогательных машин: машины для чистки, смазки производственных стандов и раскладки арматуры; машины для предварительного напряжения арматуры; машины для поперечной распиловки готовых изделий; траверсы с комплектами захватов для изделий различной ширины и бункеров подачи бетонной смеси. Суммарная мощность линии может достигать 420 м² пустотного настила при работе в одну смену.

После запуска первой производственной линии в Казахстане компания Nordimpianti получила возможность работать с предприятиями Республики Казахстан и готова модернизировать и преобразовать производственные комплексы путем реализации самых смелых строительных проектов.



Why Nordimpianti

Компания Nordimpianti является одним из важнейших поставщиков установок и комплексных заводов под ключ для производства преднапряжённых железобетонных изделий.

Формовочные установки Nordimpianti (Слипформер и Экструдер) позволяют производить широкий спектр изделий, таких как: пустотные плиты перекрытия и стеновые панели, тавровые балки, перемычки, ребристые плиты, пустотные плиты высотой до 1м, U - образные панели и т.д. для того, чтобы удовлетворить потребности всех клиентов.

Nordimpianti работает в этой области более 40 лет и всегда помогает своим клиентам сделать правильный и лучший выбор.

Экструдер и Слипформер
САМЫЕ ЛУЧШИЕ ФОРМОВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ



EVG представляет сеткосварочные машины высокого класса

Фирма EVG устанавливает современные критерии в производстве карт сетки с помощью новейших машин. Специалисты фирмы EVG не останавливаются на разработке отдельных машин – производится объединение существующих технологий и концепций в интеллектуальные комплексные технологические линии. Таким образом, различные технологические операции интегрируются в одну машину, позволяющую увеличить производственные возможности, а следовательно, и производительность. Самый новый продукт фирмы EVG – машина HFBE.



Преимущества новых комбинаций машин и установок

- Короткое время переналадки при смене производственной программы без ручного вмешательства
- Высокая эффективность производства независимо от размера серии изделия
- Снижение потребности в складе карт сетки (производство карт сетки точно по графику)
- Высокая скорость производства
- Обработка продольной и поперечной проволоки с бухт
- Одноточечные блоки сварки с индивидуальной активацией/деактивацией
- Подача поперечной проволоки по выбору сверху или снизу продольных прутков (отпадает необходимость в переворачивании карт сетки)

Конструкция машины

Машина HFBE оснащена правильно-отрезной машиной типа RA-XE для изготовления продольных прутков и соответственно второй правильно-отрезной машиной типа RA-XE для производства поперечных прутков.

Сварочная машина состоит из перемещающегося в сторону сварочного портала, оснащенного сварочными блоками с индивидуальной настройкой.

Сварочные блоки расположены с растром 100 мм, имеются автоматические станции гибки вылетов продольной и поперечной проволоки, а также кран для манипуляций с картами сетки и их обработки при выполнении различных технологических операций.

Фирма EVG (г. Рааба, Австрия) основана в 1949 г. EVG является ведущим машиностроительным предприятием, успешно работающим по всему миру в области производства сварочных машин для изготовления арматурной сетки и сетки промышленного назначения, а также машин по обработке арматурной стали и станов холодной прокатки.

EVG Entwicklungs- u. Verwertungs-Gesellschaft m.b.H
Gustinus-Ambrosi-Str. 1-3 8074 Raaba, Austria
Тел. +43 316 4005-0
E-mail: evg@evg.com www.evg.com

Новое поколение кассетных форм Weckenmann

На протяжении вот уже более 12 лет компания Weckenmann – ведущий немецкий производитель оборудования для железобетонной промышленности, занимается разработкой и изготовлением кассетных форм.

Данный тип оборудования позволяет осуществлять одновременную формовку в нескольких вертикальных ячейках плоских бетонных элементов, таких как стеновые панели и плиты перекрытия.

Преимущества такой производственной системы:

- компактность конструкции, что позволяет обеспечивать довольно высокую производительность (400–600 м²/сут) на минимальной площади;
- обоюдогладкая поверхность изделий;
- низкий расход энергии на производство и обогрев;
- высокая производительность при формовке стандартных изделий.

Свой выбор в пользу данного вида оборудования Weckenmann сделали такие известные производители сборного железобетона как:

- ЗАО «ДСК «БЛОК», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация;
- ОАО «Гатчинский ДСК», г. Гатчина, Российская Федерация;
- ГП Мозырьский ДСК, г. Мозырь, Республика Беларусь;
- Бобруйский Завод КПД, г. Бобруйск, Республика Беларусь;
- BCC Infrastructures Pvt. Ltd., Индия;
- Pruksa Real Estate Co., Ltd., Тайланд.

Модернизированная версия хорошо зарекомендовала себя в работе у различных пользователей, получив положительные отзывы.

Последние доработки выполнены в тесном сотрудничестве с опытными производителями, использующими данное оборудование, и коснулись следующих технических узлов.

Несущая часть была усилена таким образом, что необходимость одновременного послойного заполнения всех ячеек кассеты для передачи возникающего давления бетона на стягивающий блок отпала. Стало возможным полное заполнение каждой ячейки

независимо друг от друга. Это важно в случае использования различных бетонных смесей или при необходимости частичной загрузки кассеты.

Дальнейшему улучшению подверглась **система вибрации** за счет более оптимального расположения вибраторов внутри пластин кассеты, что привело к более высокой интенсивности вибрации при более низком уровне шума. Для контроля качества и документирования Weckenmann предлагает систему мониторинга вибрации, учитывающую, какой вибратор, с какой частотой, когда и сколько работал в ходе производственного процесса. Эти данные считываются, оцениваются и архивируются в таблице Excel, что позволяет отследить зависимость рецептуры бетона, технических параметров вибрации, достигнутой степени уплотнения и качества поверхности изделия.

Система обогрева также была еще раз приведена в соответствие с возросшими требованиями заказчика. Наиболее часто возникающий вопрос, когда речь заходит о производственных затратах – расход энергии. С этой целью регистры в пластинах кассеты проложены так, чтобы обеспечивался максимально равномерный уровень температуры. При помощи автоматического регулирующего блока может программироваться ход температуры в пределах одного нагревательного цикла применительно к конечному продукту, в зависимости от рецептуры бетона и требуемой прочности. Так же как и вибрация, температура фиксируется для дальнейшей технической обработки.

Кассетные формы Weckenmann изготавливаются на головном предприятии в г. Дорметтингене (Германия) с соблюдением строжайших норм качества. Компания Weckenmann использует комплектующие только первоклассных производителей, большинство из которых имеют сеть сервисных центров за рубежом. Наряду с надежной техникой и широким сервисом, осуществляемым специалистами Weckenmann, это гарантирует высокую степень эксплуатационной надежности даже при длительном сроке эксплуатации.



WAI
WECKENMANN

Weckenmann Anlagentechnik GmbH & Co. KG

Birkenstr. 1

72358 Dormettingen (Germany)

Phone: +49 7427 9493 0

Telefax: +49 7427 9493 29

<http://www.weckenmann.com>

e-mail: info@weckenmann.de

Новая технология экструдирования с новой системой уплотнения



С октября 2012 г., компания Echo Precast Engineering является частью Progress Group наряду с компаниями Ebaue, progress Maschinen & Automation и tecnosom. Ассортимент продукции этих четырех машиностроительных фирм идеально дополняет друг друга, и именно за счет этой синергии Progress Group является одним из ведущих поставщиков оборудования в области сборного железобетона и предлагает все необходимое оборудование от одного поставщика для заводов КПД и домостроительных комбинатов.



За многие годы работы компания Echo Precast Engineering заслужила международную репутацию благодаря своему техническому ноу-хау и инженеринговым услугам. До настоящего времени Echo Precast Engineering была хорошо известна производством слипформеров. Теперь же, отвечая на потребности рынка, Echo Precast Engineering предлагает новую производственную машину для линий безопалубочного формования – экструдер X-Liner®, основанную на экструзионной технологии с использованием новой системы уплотнения и, по мнению инженеров, устанавливающую новые стандарты в отношении экономии материала, гибкости, технического обслуживания и надежности.

На современном рынке сборного железобетона требуется способность выпускать небольшие партии при практически бесконечном разнообразии многопустотных изделий. В связи с этим быстрота переоснастки при переходе от одного типа изделий на другой приобретает решающее значение. Экструдер X-Liner® позволяет полностью изменить форму выпускаемого изделия менее чем за 30 мин, причем эта операция осуществляется одним оператором.

Для уменьшения расхода цемента и повышения прибыльности компания Echo Precast Engineering разработала технологию уплотнения Core Compaction. По сравнению с традиционным методом уплотнения сдвигом эта новая технология позволяет уменьшить расход цемента и содержание воды в бетоне при сохранении его прочности. Кроме того, технология уплотнения Core Compaction позволяет избежать проскальзывания арматуры.

«Простота – высшая степень совершенства» – на основе этого девиза компания Echo Precast Engineering разработала и реализовала экструдер X-Liner®. Усилия разработчиков сосредоточились на упрощении машины при одновременном повышении надежности. X-Liner® имеет лишь минимальное количество движущихся частей, что обеспечивает более длительный срок службы и, что немаловажно, низкие затраты на техническое обслуживание.

Представитель фирмы ECHO PRECAST ENGINEERING на постсоветском пространстве
Генеральный директор Виктор Лихтнер
LiCon GmbH Marienstrasse 122 D - 32425 Minden
T +49 (0)571 404 35 41 F +49 (0)571 404 35 43 info@licon-gmbh.de

Echo Precast Engineering NV
Industrieterrein Centrum Zuid 1533
3530 Houthalen,
Belgium
T +32 11 600 800
F +32 11 522 093
info@echoprecast.com
www.echoprecast.com

VIII Международная научно-практическая конференция

Развитие производства силикатного кирпича в России

СИЛИКАТЭКС

**8–9 октября
2014 г.**

Москва

Программа конференции:

- Технологии и оборудование для производства силикатного кирпича
- Сырьевые материалы, подготовка, оптимизация составов
- Особенности производства цветного кирпича
- Современные виды силикатных материалов, использование в строительстве
- Нормативная база отрасли
- Диверсификация заводов



Участники конференции посетят ЗАО «Калужский завод строительных материалов»



Организатор конференции – журнал «Строительные материалы»®

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Генеральный спонсор «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ»

Оргкомитет:

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

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

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

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

Комбинат стеновых материалов Кубани превысил проектную мощность



Более 300 тыс. м³ качественных блоков из ячеистого бетона автоклавного твердения произвел ООО «Комбинат стеновых материалов Кубани» (ООО КСМК) в 2013 г., превысив проектную мощность. Завод полностью оснащен технологией ведущего производителя оборудования для производства строительных материалов – немецкой фирмы WKB Systems GmbH.



Безотходное, экономичное и полностью автоматизированное производство на ООО КСМК в станции Васюринская Краснодарского края осуществляется на технологической линии компании WKB Systems GmbH (Германия).

Главный технолог производства Д.А. Гризодубов подчеркивает, что оптимальный режим установки смешивания, высокая точность линии резки WKB CL1, продуманная автоматизация производства, а также постоянная поддержка партнера WKB Systems GmbH стали гарантами отличных показателей производства. На заводе установлена система контроля дозирования и смешивания компонентов фирмы WKB, которая значительно сокращает потребление сырьевых материалов. Данная система также позволяет отслеживать весь процесс производства ячеистого бетона с заданными стабильными параметрами.

Литьевая технология WKB гарантирует высокую однородность готовых изделий по плотности и прочности. На рынке Южного федерального округа ООО КСМК является единственным производителем ячеисто-бетонных изделий класса прочности В3,5.

Высокоточная линия резки WKB CL1 нарезает блоки с максимальным отклонением не более 1 мм. Вертикально расположенный массив обрабатывается со всех сторон. Таким образом, удается избежать автоклавирования донного слоя и тем самым отходов в производстве. Обрезки, горбушка и донный слой проходят через

установку подготовки обратного шлама и подаются в производственный процесс.

Безотходное производство на оборудовании WKB Systems GmbH осуществляется с минимальным расходом энергии и высокой степенью автоматизации.

На заводе размещено 6 автоклавов и 29 камер созревания. Каждый автоклав вмещает 18 массивов газобетона.

Суточная производительность завода составляет более 1000 м³.

Ассортимент продукции ООО КСМК насчитывает более 80 типов ячеисто-бетонных блоков различных размеров с плотностью D400–700 и классом прочности В2–3,5. Блоки реализуются под торговой маркой ВКБлок.

ВКБлоки заняли лидирующие позиции на рынке Южного федерального округа благодаря высокому качеству материалов по геометрическим параметрам, плотности и прочности.

Доверяя проверенной технологии WKB, инвестор ООО «Комбинат стеновых материалов Кубани» реализует следующие проекты по строительству заводов ячеистого бетона автоклавного твердения со своим надежным партнером WKB Systems GmbH.

WKB Systems GmbH

Daimlerstr. 5-8 48477 Hörstel

Тел.: +49 5459 8059 297 Факс: +49 5459 8059 25

www.wkb-system.com info@wkb-systems.com

УДК 678.046.84:691.327.332

С.Б. ПРОХОРОВ, директор

ООО «НСК-ТЕК» (620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 100)

Анализ рынка алюминиевых газообразователей в России

Специалисты ООО «НСК-ТЕК» в течение 10 лет ведут работу по исследованию отечественного рынка алюминиевых газообразователей для производства газобетона. Анализ полученных результатов позволил зафиксировать произошедшие изменения, определить тенденции, составить прогноз на краткосрочный период и разработать сценарий развития рынка в долгосрочной перспективе. Исследование проводится путем анкетирования производителей газообразователей, опросов предприятий-производителей газобетона, консультаций с экспертами. В течение последних двух лет базовые показатели сравнивались с соответствующими данными, представленными в исследованиях Национальной Ассоциации производителей Автоклавного Газобетона (НААГ). Результаты, характеризующие развитие отрасли в целом, с высокой степенью точности согласуются с полученными данными.

Ключевые слова: алюминиевая пудра, ПАП, газообразователи, СГО, газобетон.

S.B. PROKHOROV, Director

ООО "NSK-TEK" (100, Tatishcheva Street, 620028, Ekaterinburg, Russian Federation)

Analysis of Aluminum Gasifiers Market in Russia

During 10 years the specialists of ООО "NSK-TEK" study the domestic market of aluminum gasifiers for producing the gas concrete. (&)The analysis of results obtained has made it possible to register the changes occurred, identify trends, to predict the short-term period and to develop the scenario of the market development in the long term. The research is conducted by means of questionnaires of gasifiers manufacturers, surveys of enterprise-manufacturers of gas concrete, consultations with experts. During the last two years the basic indicators were compared with the data presented by the National Association of Autoclaved Gas Concrete Manufactures. The results characterizing the development of the whole industry with a high degree of accuracy consistent with the data obtained.

Keywords: aluminum powder, gasifiers, gas concrete.

За последнее время существенно возросли требования производителей газобетона к сырьевым компонентам, в том числе к газообразователям. Это связано в первую очередь с введением в строй более 30 предприятий, оснащенных современным высокопроизводительным оборудованием, таких фирм, как Wehrhahn, Masa, WKB Systems, Hess, Hebel, Ytong. В 2004 г. только 3% российских производителей газобетона использовали газообразователи импортного производства, остальные работали с пудрами алюминиевыми пигментными (ПАП).

Ситуация изменилась скачкообразно в 2007 г. на фоне стабильно развивающейся отрасли производства газобетона. В первую очередь это было связано с появлением отечественных газообразователей под торговой маркой ГАЗОБЕТО. Именно с этого момента в России начинает формироваться рынок **специализированных газообразователей (СГО)**. Они представляют собой продукты с нормируемым содержанием активного алюминия и кинетикой газовыделения, с паспортной характеристикой *смачиваемость* (не требуют предварительного введения ПАВ), пожаро- и взрывобезопасны в применении и соответствуют современным санитарно-гигиеническим нормам условий труда. Использование СГО позволило оптимизировать процесс формования и улучшить качественные показатели массива-сырца. В настоящее время потребители, хорошо зная особенности основных сырьевых компонентов (цемента, извести, гипса, песка или золы), получили возможность влиять на процесс газообразования, добиваясь оптимальной структуры массива, снижая издержки, связанные с выпуском некондиционной продукции и брака.

Рынок СГО является производным от рынка газобетона и напрямую связан со спецификой его развития, точно повторяя динамику. Исключение составляет локальный рынок ПАП, который большей частью входит в рынок СГО, а менее 8% приходится на пигменты и производство огнеупоров. В приведенном анализе ПАП для сохранения объективной картины рассматриваются в качестве газообразующей добавки и участвуют в фор-

мировании общего объема потребления, но при оценке долей рынка СГО к специализированным продуктам не отнесены. Также необходимо учитывать расход СГО в производстве 1 м³ газобетона при использовании различных марок каждым производителем. В исследованиях ООО «НСК-ТЕК» собраны определяющие показатели по 18 основным маркам пяти ведущих производителей. При определении показателей, характеризующих развитие рынка, принят формат, в котором оцениваются не абсолютные значения выпуска СГО каждым из производителей, а занимаемая им доля рынка, выраженная через объем газобетона, произведенного с использованием газообразователя этого производителя. Такой подход представляется единственно верным и наиболее точно отражает текущие позиции на рынке СГО.

В 2013 г. автоклавный газобетон производили 67 предприятий с суммарной установленной мощностью более 15 млн м³, при этом на современные импортные технологические комплексы приходится 78% всех мощностей. Общий выпуск автоклавного газобетона в 2013 г. составил 11,3 млн м³, что на 14% больше по сравнению с 2012 г. [1].

Загрузка заводов с импортными линиями значительно выше аналогичного показателя заводов с отечественным оборудованием. Основные причины низкой загрузки (в среднем 60%) связаны с износом оборудования и, как следствие, объемом продукции, произведенной на отечественных линиях, составляет всего 18% выпущенного в стране газобетона. Необходимо отметить, что заводы с отечественным оборудованием в силу причин, указанных выше, не имеют возможности выпуска продукции пониженной плотности с хорошими геометрическими характеристиками. В подавляющем большинстве для минимизации себестоимости выпускаемого АГБ такие заводы традиционно используют ПАП. Производители газобетона с импортным оборудованием выпускают продукцию высокого качества и, как правило, используют СГО (табл. 1).

Кроме того, отмечен быстрый рост производства неавтоклавного газобетона. География поставок газообра-

Таблица 1

Газообразователь	Число заводов, использующих данный тип газообразователя	
	с отечественным оборудованием	с импортным оборудованием
ПАП	19	16
СГО	3	29

заводов ГАЗОБЕТО охватывает всю Россию. Экстраполируя объемы поставок ГАЗОБЕТО производителям неавтоклавного газобетона, можно оценить, что объем выпуска этого материала в 2013 г. составил не менее 1 млн м³. По прогнозам объемы выпуска неавтоклавного газобетона будут расти на 10–15% в год.

На текущее состояние рынка СГО существенное влияние оказывает плотность выпускаемого газобетона (табл. 2). При снижении плотности АГБ возрастают требования к качеству и стабильности газообразующей добавки. При плотности D400 и ниже требуется практически идеальное соответствие окончания фазы газовыделения и начала процесса пластического твердения. Часто наблюдаемые «качели», когда происходит недопустимое по времени наложение этих процессов (что ведет к расслоению и линзам внутри массива) или отставание процесса схватывания газобетонной массы (с последующей значительной просадкой или закипанием массива), заставляют производителей подгонять базовые марки СГО под особенности конкретного газобетонного завода, дополняя или изменяя состав органических компонентов. В этой связи следует обратить внимание, что заводы–производители газобетона, оптимизируя производственные показатели, в последнее время все чаще делают выбор в пользу высокоактивных по содержанию алюминия марок СГО. Вследствие этого увеличивается доля газообразователей с несвязанной структурой [2], которые сегодня занимают практически половину рынка СГО (в 2010 г. эта доля не превышала 10%). Первые СГО с несвязанной структурой появились на отечественном рынке в 2009 г. Это были продукты марки ГАЗОБЕТОПЛЮС.

Специалисты ООО «НСК-ТЕК» отметили, и это нашло подтверждение в работе НААГ, что тенденция к снижению средней плотности выпускаемого газобетона, наметившаяся в 2012 г., в 2013 г. сошла на нет. Более

Таблица 2

Газообразователь	Число заводов, использующих данный тип газообразователя при выпуске АГБ различных марок		
	D400	D500	D600 и более
ПАП	14	24	30
СГО	21	30	27

Таблица 3

Тип газообразователя	Ценовой диапазон, р/кг
ПАП	145 – 165,5
СГО	156,5 – 235

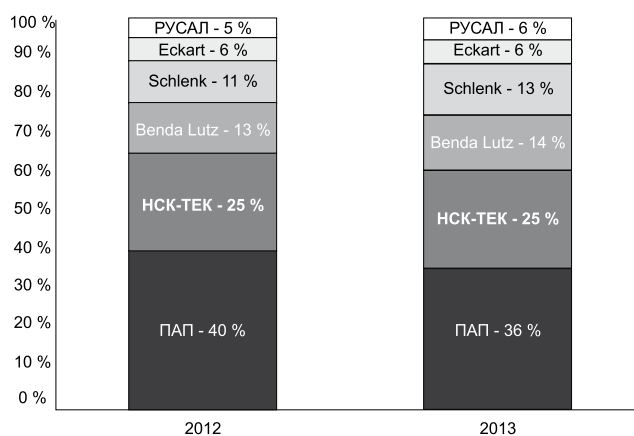


Рис. 1. Распределение рынка газообразующих добавок для АГБ по производителям

того, отмечено снижение на 2% (до 8,8% от общего выпуска) АГБ плотностью D400. Наибольший объем продукции был представлен марками D500 (64% всего выпуска) и D600 (26%). Есть уверенность, что в ближайшие пять лет представленное процентное соотношение сохранится, а значит, и требования к качеству газообразователей будут оставаться на сегодняшнем уровне. При этом необходимо отметить, что уже 35 заводов сертифицировали и выпускают продукцию плотностью D400, а восемь из них выпустили в промышленных объемах (0,5% общего объема выпуска) продукцию плотности D300. Для российского рынка газобетон такой плотности новинка, тогда как в странах Западной Европы, где требования к теплотехнике зданий очень высоки, автоклавный газобетон марки D300 является основной продукцией. Следовательно, необходимо совершенствовать и постоянно улучшать качество СГО, работать над составами, которые позволят наращивать выпуск теплоэффективного АГБ отечественного производства.

В настоящее время специализированные газообразователи на российском рынке предлагают следующие поставщики: НСК-ТЕК, Benda-Lutz, Schlenk, Eckart, РУСАЛ. Периодически на рынке появляются продукты китайского и румынского производства, но их присутствие не превышает 0,1% и в данной работе не учитыва-

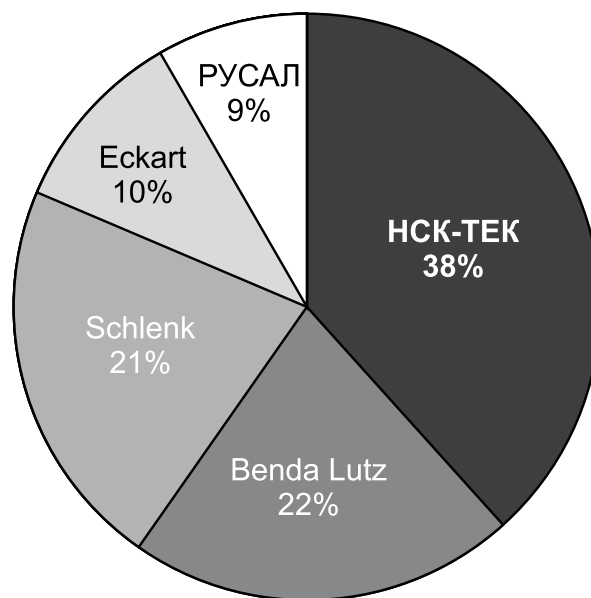


Рис. 2. Распределение влияния на рынке СГО

еся. Пудры ПАП поставляют РУСАЛ, Benda-Lutz, КУЗОЦМ. Выпуск всех газообразующих добавок по производителям за два предыдущих года представлен на рис. 1.

Анализ цен СГО показывает существенное, более чем на 50% отличие минимальных и максимальных значений. Это зависит от производителя, марки и связанности продукта. Продукты с несвязанной структурой дешевле, и сегодня спрос на них растет. Долгое время основным аргументом в пользу выбора ПАП была цена, сегодня цены практически выровнялись (табл. 3).

Если сосредоточить внимание на рынке специализированных газообразователей и исключить алюминиевые пудры, потребление которых остается достаточно высоким и по оценкам специалистов колеблется от 35 до 40%, то получится картина, представленная на рис. 2.

Рост популярности газобетона как строительного материала отмечают все основные игроки рынка стеновых материалов. Причем увеличение объема производства АГБ, зафиксированное в 2013 г., опережает рост строительной отрасли в целом. При этом рынок ячеистобетонных материалов далек от насыщения. Необходимо отметить, что в тех регионах, где плотность заводов АГБ очень высока (Центральный и Южный ФО), конкурен-

ция становится жесткой. Для сохранения доли рынка отечественные предприятия стремятся максимально снизить себестоимость продукции. В частности, это происходит за счет снижения цен на сырье. Следствием таких процессов является частичный возврат к использованию ПАП. Но, как уже отмечалось, за последние четыре года на рынке появились СГО, близкие по ценам и расходам к пудрам. В ассортименте ООО «НСК-ТЕК» уже упоминались марки ГАЗОБЕТОПЛЮС.

Учитывая все вышеизложенное, можно утверждать, что рост рынка СГО будет продолжаться, в том числе и за счет появления новых продуктов, а производство традиционных СГО, как правило, более дорогих, называемых «пастами», сократится. И дело не только в их цене, поскольку качество новых разработок не уступает известным маркам и у заводов появилась хорошая альтернатива. Конкуренция становится ощутимой и в ближайшем будущем будет только нарастать. Кроме вопросов цены остро встают вопросы качества продукции, ее упаковки, удобства использования, универсальности. Будут меняться доли участников рынка и вполне вероятно появление новых игроков, которые сегодня только пробуют свои силы.

Список литературы

1. Вишневикий А.А., Гринфельд Г.И., Куликова Н.О. Анализ рынка автоклавного газобетона России // *Строительные материалы*. 2013. № 7. С. 40–44.
2. Прохоров С.Б. Рынок специализированных газообразователей в России. Критерии качества специализированных газообразователей // *Сб. докладов научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон»*. Краснодар. 2013. С. 148–151.

References

1. Vishnevsky A.A., Grinfeld G.I., Kulikova N.O.. Analysis of Autoclaved Aerated Concrete Market of Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 7, pp. 40-44. (In Russian).
2. Prokhorov S.B. The market of specialized Gasifiers in Russia. Criteria of quality of specialized Gasifiers. *Papers of scientific and practical conference «Modern Autoclave Aerated Concrete»*. Krasnodar. 2013, pp. 148–151. (In Russian).

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

марок

«ГАЗОБЕТО®»

- разработаны специально для производства газобетона
- дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности
Газобетолайт, Газобето+500 - для 500-700 кг/м³
Газобетолюкс, Газобето+400 - для 350-450 кг/м³
- отличаются пониженным пылением
- не требуют обработки ПАВ
- характеризуются высокой степенью стабильности по содержанию активного Al и кинетике газовыделения



+7 (343) 373-45-20, 373-45-21

www.nsktek.ru, nsk@nsktek.ru

В.В. НЕЛЮБОВА, канд. техн. наук, В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, Н.И. АЛТЫННИК, канд. техн. наук
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

Ячеистые композиты автоклавного твердения с использованием наноструктурированного модификатора*

Обоснована эффективность использования наноструктурированного вяжущего негидратационного типа твердения силикатного состава в качестве активной модифицирующей добавки при производстве ячеистых материалов автоклавного твердения. Приведены составы и технико-эксплуатационные свойства газобетона автоклавного твердения в зависимости от содержания наноструктурированного модификатора. Доказана возможность получения бесцементного газобетона теплоизоляционного назначения с низкой плотностью и удовлетворительной прочностью, что существенно расширяет области использования данных материалов. Обоснована высокая теплопроводность ячеистых композитов, что объясняется формированием рациональной поровой структуры с полидисперсным распределением пор изделий за счет оптимизации реотехнологических характеристик ячеисто-бетонной смеси в присутствии наноструктурированного модификатора.

Ключевые слова: газобетон, автоклавная обработка, наноструктурированное вяжущее, модификатор.

V.V. NELYUBOVA, Candidate of Sciences (Engineering), V.V. STROKOVA, Doctor of Sciences (Engineering),
N.I. ALTYNNIK, Candidate of Sciences (Engineering)
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukov Street, Belgorod, 308012, Russian Federation)

Cellular Autoclaved Composites with Application of Nanostructured Modifier*

The article substantiates the effectiveness of application of nanostructured binder of a nonhydration hardening type with silicate composition as an active modifier additive in the production of autoclaved cellular materials. Compositions and performance properties of autoclaved gas-concrete depending on the amount of nanostructured modifier are shown in the paper. Possibility to obtain non-cement gas-concrete for heat-insulating purposes with low density and satisfactory strength characteristics that greatly expands possible application of these materials. High thermal conductivity of cellular composites was justified, that is explained by the formation of rational pore structure with polydisperse distribution of pores in material due to optimisation of rheotechnological characteristics of cellular concrete mixture in the presence of nanostructured modifier.

Keywords: gas concrete, autoclave curing, nanostructured binder, modifier.

По данным Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона, в настоящее время в России в 38 регионах действует 66 предприятий по выпуску ячеистого бетона автоклавного твердения [1]. При этом динамика ввода новых мощностей по его производству возрастает с каждым годом.

Несмотря на явные преимущества газобетона, к которым относятся теплоизоляционные и конструктивные качества, существуют определенные проблемы его производства. В частности, использование цемента в качестве основного структуроформирующего компонента ячеистого материала в доавтоклавный период затрудняет получение изделий с низкими марками по плотности и существенно увеличивает их стоимость.

В настоящее время совершенствование структуры и свойств существующих строительных материалов, в том числе газобетона, может быть достигнуто применением модификаторов нанодисперсного уровня. Однако использование таких добавок сопряжено с проблемой равномерного распределения активного наноразмерного компонента в сырьевых смесях, что особенно важно в производственных масштабах.

Решение этой проблемы заключается не во введении нанодисперсных добавок в общую смесь, а в создании наноструктурированной системы в самой композиционной массе в процессе технологического передела — *insitu*. Этому условию в полной мере удовлетворяет наноструктурированное вяжущее [2–4], в котором наноразмерный компонент формируется в процессе его производства. Ранее была установлена принципиальная возможность использования наноструктурированного вяжущего в качестве модифицирующего компонента

(наноструктурированного модификатора, НМ) при получении прессованных материалов автоклавного твердения. Учитывая вышеизложенное, целью настоящей работы является анализ влияния добавки наноструктурированного модификатора на технико-эксплуатационные свойства газобетона автоклавного твердения.

В качестве сырьевых компонентов в работе использовались цемент производства ЗАО «Белгородский цемент», песок Корочанского месторождения, известь негашеная комовая производства ОАО «ОЭМК», гипс ОАО «Гипсобетон», алюминиевая паста ООО «СУАЛ-ПМ», вода и наноструктурированное вяжущее силикатного состава в качестве активного модификатора. Все материалы удовлетворяют требованиям соответствующих нормативных документов.

Получение ячеистых автоклавных материалов связано с использованием широкого спектра сырьевых компонентов, существенно отличающихся не только по составу, но и по основным свойствам. При этом каждый компонент выполняет определенную функцию. Так, портландцемент, входящий в состав смешанного вяжущего, выполняет роль компонента, придающего начальную прочность газобетону в доавтоклавный период.

Ранее было установлено [5], что введение наноструктурированного модификатора в цементные системы способствует повышению прочностных характеристик материалов. При этом время набора прочности материалов несколько сокращается. Стоит отметить, что введение наноструктурирующего модификатора способствует интенсификации формирования макроструктуры газобетона. При этом образцы отличаются пра-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания, проект 979.

* This work was financially supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the public task, project 979.

Таблица 1

Содержание НМ, %	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин
0	86	156
10	82	150
20	81	149
30	79	147
40	78	147
50	76	145

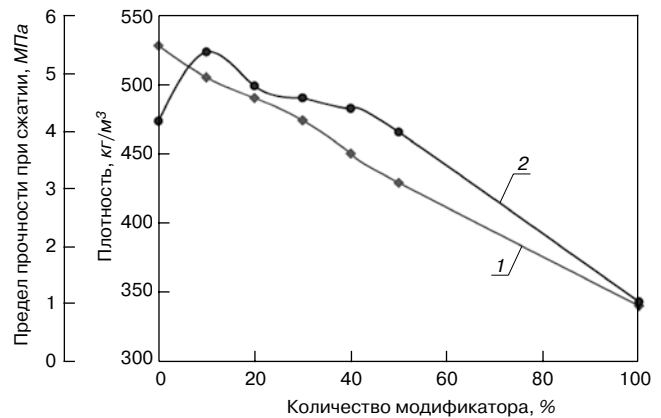
Таблица 2

Количество модификатора, %	Теплопроводность измеренная, Вт/(м·°С)	Теплопроводность по ГОСТ 31359–2007 (в сухом состоянии), Вт/(м·°С)
0	0,121	0,12 (D500)
10	0,115	
20	0,111	
30	0,107	
40	0,102	
50	0,095	0,108 (D450)
100	0,081	0,084 (D350)

вильной геометрией пор, а также равномерным их распределением по объему материала [6].

На формирование макроструктуры материала существенное влияние будут оказывать сроки схватывания формовочной смеси. Поскольку основным структуроформирующим компонентом на ранних сроках твердения в газобетоне является портландцемент, анализ сроков твердения вяжущих производили на модельной системе, состоящей из цемента, наноструктурированного вяжущего и воды. Измерение проводили по стандартной методике с использованием прибора Вика.

Анализ результатов исследований (табл. 1) свидетельствует, что увеличение содержания наноструктурированного модификатора в системе приводит к сокра-



Зависимости плотности (1) и прочности (2) газобетона от состава формовочной смеси

щению сроков схватывания цемента. Вероятным объяснением данного факта является раннее связывание портландита, формирующегося в системе в процессе гидратации, активным веществом модификатора с образованием первичных гидросиликатов кальция. С технологической точки зрения данное явление будет способствовать сокращению длительности предварительной выдержки ячеистых композитов и приведет к снижению энергетических затрат на производство.

Для изучения влияния наноструктурированного модификатора на физико-механические свойства автоклавного газобетона его вводили в систему вместо портландцемента. При этом модификатор выполнял роль структуроформирующего компонента.

Расчет состава ячеисто-бетонной смеси и формирование образцов производили согласно СН 277–80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона». Содержание модификатора составляло 0–50% с шагом 10% и 100%.

Далее все образцы проходили автоклавную обработку при давлении насыщенного пара 1,6 МПа по режиму: подъем давления пара – 2 ч, изотермическая выдержка – 8 ч, спуск давления – 2 ч. Образцы разработанного рационального состава автоклавировали в промышленном автоклаве. Впоследствии были изучены плотность, прочность и теплопроводность газобетона (рисунок, табл. 2).

Таблица 3

Количество пор соответствующего размера, мм		Количество наноструктурированного модификатора, %						
		0	10	20	30	40	50	100
3,5	см³	0,013	0,007	0,001	0,007	0,002	0,002	0
	%	86,89	71,56	100	84,85	21,91	100	37,8
4,43	см³	0,001	–	–	0,0002	–	–	0,001
	%	13,11	–	–	2	–	–	7,44
5,86	см³	–	–	–	0,001	–	–	0,003
	%	–	–	–	13,15	–	–	14,66
8,44	см³	–	–	–	–	–	–	0,003
	%	–	–	–	–	–	–	19,85
14,99	см³	–	–	–	–	–	–	0,004
	%	–	–	–	–	–	–	20,25
23,94	см³	–	–	–	–	–	–	–
	%	–	–	–	–	–	–	–
30,28	см³	–	0,003	–	–	0,007	–	–
	%	–	28,44	–	–	78,09	–	–
Объем пор с R<94,6 нм, см³/г		0,01	0,013	0,008	0,01	0,012	0,004	0,013

Состав и свойства газобетона автоклавного твердения с использованием наноструктурированного модификатора [7]

Состав формовочной смеси, %						В/Т	Свойства изделий						
Известь	Гипс	Песок	Алюминиевая пудра	Цемент	Наноструктурированный модификатор		Плотность, кг/м ³	Марка по плотности	Предел прочности при сжатии, МПа	Класс по прочности	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	Морозостойкость, циклов
11,1	0,5	68,3	0,1	20	–	0,4	530	D500	4,21	B3,5	0,121	0,212	75
				18	2		507	D500	5,41	B5	0,115	0,211	100
				16	4		492	D500	4,82	B3,5	0,111	0,211	75
				14	6		476	D500	4,61	B3,5	0,107	0,210	75
				12	8		452	D500	4,43	B3,5	0,102	0,209	75
				10	10		431	D450	4,02	B2,5	0,095	0,215	75
				–	20		342	D350	1,08	B0,75	0,081	0,245	15

Из полученных данных следует, что увеличение содержания наноструктурированного модификатора способствует в первую очередь снижению плотности газобетона. Данный факт обусловлен более высокой плотностью цемента по сравнению с НМ. При этом данное явление отмечалось также при анализе формирования макроструктуры газобетона.

Особо стоит отметить тот факт, что полное исключение цемента из состава формовочной смеси позволяет получить теплоизоляционные материалы класса плотности D350 с классом по прочности B0,75. В настоящее время производство такого класса газобетона затруднено. Это связано с высокой плотностью портландцемента, входящего в состав связующего компонента. При этом до настоящего времени отказ от цемента был невозможен, поскольку такие материалы характеризовались низкими прочностными свойствами сырца. Кроме того, теплоизолирующая способность ячеистых бетонов напрямую зависит от макроструктуры материала (пористости), формирование которой обусловлено реологическими характеристиками смеси. Ранее было доказано, что введение наноструктурированного модификатора вместо цемента, несмотря на его высокую дисперсность, оптимизирует реотехнологические свойства ячеисто-бетонной смеси. При этом наноструктурированный модификатор характеризуется высокой активностью по отношению к гидроксиду кальция, способствуя раннему его связыванию в системе. Все это в совокупности приводит к формированию оптимальной макроструктуры материала и, как следствие, дает возможность получения теплоизоляционного газобетона.

Необходимо отметить также, что в настоящее время основным документом, регламентирующим технические характеристики автоклавного газобетона, является ГОСТ 31359–2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия». Данный ГОСТ был введен взамен ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия» в части ячеистых бетонов автоклавного твердения. Согласно ГОСТ 31359–2007 ячеистым бетонам в зависимости от их назначения устанавливаются определенные классы по плотности и прочности. Так, для теплоизоляционного газобетона плотность должна быть не выше марки D400 с классом по прочности не ниже B0,35, для конструктивно-теплоизоляционного – не выше D700 с прочностью не ниже класса B1,5. При этом строгая регламентация физико-механических характеристик газобетона отсутствует. Только в ГОСТ 25485–89 приводится соответствие марки по плотности классу по

прочности. В частности, для теплоизоляционного бетона марки по плотности D350 устанавливаются классы по прочности B0,75 и B1. Таким образом, в работе получен теплоизоляционный газобетон с маркой по плотности D350. При этом по прочностным характеристикам данный материал в полной мере удовлетворяет требованиям ГОСТ 25845–89 (класс по прочности B0,75), а по требованиям ГОСТ 31359–2007 характеризуется запасом прочности в два раза.

Увеличение модификатора в системе способствует также повышению прочностных характеристик газобетона. При этом при содержании НМ в диапазоне 20–40% наблюдается незначительное увеличение предела прочности при сжатии, превышающее значения для контрольного состава на 5–15%. Однако класс бетона по прочности при этом сохраняется равным B3,5. Дальнейшее увеличение количества модификатора в системе приводит к спаду плотности до марки D450 и прочности до класса B2,5. Тем не менее материалы полностью удовлетворяют соответствующим нормативным документам (ГОСТ 31359–2007).

Оптимальным с точки зрения физико-механических характеристик готовых изделий является введение наноструктурированного модификатора в количестве 10%. В данном случае при сохранении класса по плотности D500 наблюдается повышение прочности на 25% по сравнению с контрольным составом. Это позволяет получать материалы с заданной плотностью с более высоким классом по прочности, повысив его с B3,5 до B5.

Таким образом, введение наноструктурированного модификатора в состав газобетонной смеси позволяет получать теплоизоляционные и конструктивно-теплоизоляционные ячеистые бетоны. При этом их физико-механические свойства полностью удовлетворяют требованиям нормативных документов.

К числу важнейших характеристик ячеистых бетонов относится также теплопроводность материала, зависящая от его плотности. Изучение теплопроводности газобетона производилось методом цилиндрического зонда. Результаты представлены в табл. 2.

Как видно из приведенных данных, все материалы удовлетворяют требованиям соответствующих нормативных документов. При этом увеличение количества модификатора способствует снижению коэффициента теплопроводности, что свидетельствует о хороших изолирующих характеристиках изделий с его использованием. Данный факт обусловлен тем, что модификатор, входящий в состав ячеисто-бетонной смеси, оптимизи-

рует реотехнологические свойства, что приводит к облегчению и интенсификации процесса вспучивания смеси. При этом газовыделение происходит в более короткие сроки. Все перечисленные факторы способствуют формированию рациональной поровой структуры материалов с использованием наноструктурированного модификатора, что и подтверждается значениями коэффициента теплопроводности изделий.

Характеристики газобетона зависят от его пористости. Различают три основных вида пористости: макро-, микро- и нанопористость. При этом пористость определяется размером пор, их максимальным и минимальным значением и расположением.

В процессе твердения бетона в автоклаве наряду с пористостью, формируемой за счет газовыделения, образуются также поры и капилляры за счет испарения влаги с поверхности и объема газобетона. В работе была изучена пористость изделий в зависимости от содержания модификатора в системе (табл. 3). Исследования проводили с использованием прибора SoftSorbi-II ver.1.0.

Анализ распределения пор по размерам свидетельствует, что наноструктурированный модификатор уплотняет структуру газобетона, препятствуя таким образом образованию в системе мелких пор. Это объясняется наличием в системе модификатора высокоактивного аморфного компонента, способного вступать во взаимодействие в доавтоклавный период с щелочным компонентом смешанного вяжущего, входящего в состав газобетона. При этом наноструктурированный модификатор, характеризующийся широким диапазоном размеров частиц твердой фазы, выступает в качестве

микронаполнителя между более крупными частицами кремнеземного компонента ячеисто-бетонной смеси. В совокупности это приводит к упрочнению структуры газобетона при сохранении необходимой плотности материала.

Наблюдается снижение нанопористости, что является положительным фактом, так как нанопористость присуща только межпоровой перегородке. Следовательно, уменьшение количества пор нанометрового диапазона будет способствовать повышению прочностных характеристик ячеистого композита.

Стоит отметить, что увеличение содержания НМ в системе способствует также формированию полидисперсной пористой структуры. При этом максимальное полимодальное распределение формируется при полной замене цемента на наноструктурированный модификатор. Это позволяет получать материалы с наименьшей плотностью при сохранении всех необходимых технико-эксплуатационных характеристик.

На основании проведенных исследований были предложены составы газобетона автоклавного твердения с использованием наноструктурированного модификатора конструкционно-теплоизоляционного и теплоизоляционного назначения (табл. 4).

Таким образом, показана эффективность использования наноструктурированного модификатора при проектировании ячеистых бетонов автоклавного твердения, что позволяет получать изделия с сохранением всех необходимых эксплуатационных характеристик. При этом полная замена цемента на НМ позволяет получать газобетон низкой плотности с высокими прочностными и теплоизолирующими свойствами.

Список литературы

1. Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И., Куликова Н.О. Анализ рынка автоклавного газобетона России // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 40–44.
2. 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.
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.
4. Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В., Шаповалов Н.А. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2011. № 4. С. 48–51.
5. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.В. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // *Строительные материалы*. 2011. № 12. С. 60–62.
6. Нелюбова В.В., Алтынник Н.И., Строкова В.В., Подгорный И.И. Реотехнологические свойства ячеисто-бетонной смеси с использованием наноструктурированного модификатора // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2014. № 2. С. 58–61.
7. Патент РФ 2472735 Сырьевая смесь и способ ее изготовления для наноструктурированного автоклавного газобетона / Строкова В.В., Лесовик В.С., Череватова А.В., Нелюбова В.В., Буряченко В.А., Алтынник Н.И. Заявл. 01.09.2010. Опубл. 27.04.2012. Бюл. № 12.

References

1. Vishnevskij A.A., Grinfel'd G.I., Kulikova N.O. Analysis of Autoclave Aerated Concrete Market in Russia. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 40–44. (In Russian).
2. Cherevatova A.V., Pavlenko N.V. Foam-concrete on the basis of nanostructured binder. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova*. 2009. No. 3, pp. 115–119. (In Russian).
3. Miroshnikov E.V., Strokova V.V., Cherevatova A.V., Pavlenko N.V. Nanostructured perlite binder and based on it foam-concrete. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 9, pp. 105. (In Russian).
4. Strokova V.V., Cherevatova A.V., Pavlenko N.V., Miroshnikov E.V., Shapovalov N.A. Evaluation the effectiveness of the nanostructured binder in the production of lightweight cellular composites. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova*. 2011. No. 4, pp. 48–51. (In Russian).
5. Lesovik V.S., Potapov V.V., Alfimova N.I., Ivashova O.V. Increase of efficiency of binders through the use of nanomodifiers. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 12, pp. 60–62. (In Russian).
6. Neljubova V.V., Altyinnik N.I. Strokova V.V., Podgornyj I.I. Rheotechnological characteristics of cellular concrete mixture with application of nanostructured modifier. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova*. 2014. No. 2, pp. 58–61. (In Russian).
7. Patent RF 2472735 The raw material mixture and method of its manufacturing for nanostructured autoclave gas-concrete. Strokova V.V., Lesovik V.S., Cherevatova A.V., Neljubova V.V., Burjachenko V.A., Altyinnik N.I. Declared 01.09.2010. Published. 27.04.2012. Bulletin. No. 12. (In Russian).



Современные технологии и высокоинновационное оборудование для производства автоклавного газобетона

AIRCRETE Europe – опытный поставщик инновационных технологий и заводов «под ключ»; модернизаций; интегрированных строительных решений для рынка автоклавного ячеистого бетона. Обладая более чем 35-летним опытом по всему миру и высококвалифицированной командой, мы используем передовые технологии и инженерное ноу-хау для разработки уникальных решений в производстве автоклавного газобетона.

Технологии AIRCRETE: нет кантования – нет проблем

Основанная на проверенной технологии Дюрокс (DUROX), система производства AIRCRETE проста и надежна. Наша система производства ячеистого бетона выделяется среди других благодаря преимуществам, которые обеспечивает технология горизонтального массива т. е. **без кантования**. Массив проходит все этапы производства в одной плоскости (горизонтальном положении), в результате чего подвергается меньшему механическому воздействию, предотвращая тем самым повреждения в процессе производства и исключая брак готовых изделий.

Мы не применяем систем кантования, и в результате общеизвестных проблем слипания слоев (или склеивания продукции) и удаления нижнего подрезного слоя просто не возникает!

Наши линии не нуждаются в дорогостоящем оборудовании для кантования массива и установках разделения сырого/автоклавированного массива, которое снижает качество продукции, гладкость поверхности и увеличивает брак.

Универсальные и высокотехнологичные линии AIRCRETE

Мы считаем, что будущее сегодняшнего строительства за газобетонными панелями и плитами, которые позволяют строить намного быстрее и экономичнее по сравнению с блоками. Система AIRCRETE с горизонтальной резкой и автоклавированием массива является **ведущей технологией для производства панелей**, так как она специально разработана для изготовления высококачественных крупноформатных армированных элементов. Наша технология позволяет изготавливать уникальный для газобетонной индустрии ассортимент продукции: тонкие фасадные панели (35–37 мм), стеновые панели и перегородки (70–500 мм), плиты покрытия/перекрытия, перемычки, блоки (50–500 мм). Панели и блоки низкой

плотности например 300 кг/м³ также могут быть легко изготовлены на оборудовании AIRCRETE, которые поддержат популярную тенденцию энергосберегающего строительства ($R_c=6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$). Владельцы заводов AIRCRETE имеют следующие конкурентные преимущества:

- Совершенное качество продукции с **СУПЕРГЛАДКОЙ поверхностью** (закрытые поры).
- Качественное **профилирование** панелей и блоков (захваты, паз-гребень).
- Минимальные производственные затраты благодаря оптимальной технологии переработки сырья.
- **Ограниченный уровень отходов** (<1%).
- **Высокоточная геометрия продукция** (<1 мм).
- Гибкая **производительность от 320 до 1500 м³/сут.**
- Увеличенные **заливные формы до 8 м** (под заказ).

Индивидуальный подход и модернизации

Любой успешный проект AIRCRETE разрабатывается, на основании требований инвестора в отношении гибкости производства, доступного сырья, источника поставки оборудования и инвестиционного бюджета. Мы являемся не только поставщиком оборудования, но и **технологическим партнером**, помогая нашим клиентам с подготовкой бизнес-плана проекта, полным инженерным проектированием, поставкой систем, советом по сорсингу оборудования, лабораторным анализом, шеф-монтажом, обучением персонала и передачей знаний. **Наша цель – прибыльная работа вашего производства!** Благодаря инновациям и самой системе горизонтальной резки технологии AIRCRETE идеально подходят для модернизаций существующих заводов, работающих по устаревшей технологии Хебель или Универсал. Улучшение эффективности производства (снижение цикла резки), качества продукции (лучшие размеры и гладкая поверхность) и автоматизации помогло нашим клиентам стать более конкурентоспособными.

Команда AIRCRETE
www.aircrete-europe.ru



Самый большой завод в Восточной Европе («Энерджи Продакт», Украина): резательная линия (с двумя струнами) и горизонтальное автоклавирование позволяют сделать поверхность любой продукции AIRCRETE СУПЕРГЛАДКОЙ

Влияние цементов разных производителей на свойства ячеисто-бетонной смеси автоклавного газобетона

Использование цементов разных производителей на производствах автоклавного газобетона больших мощностей вносит свои коррективы в свойства ячеисто-бетонной смеси на стадии формирования и созревания массива. Минералогический состав цемента разных производителей и одной марки при одинаковом В/Т влияет на температуру смеси и прочность автоклавного газобетона, но не изменяет подвижности ячеисто-бетонной смеси. Увеличение количества цемента в составе вяжущего приводит к увеличению времени гашения и снижению температуры гашения извести. Среди исследованных материалов цемент ОАО «Жигулевскцемент» оказывает наименьшее, а цемент ЗАО «Строительные материалы» (г. Стерлитамак, Республика Башкортостан) – наибольшее влияние на параметры гашения извести. Для стабильной работы завода газобетона автоклавного твердения необходимо выбрать продукцию 2–3 производителей цемента, не ухудшая качество продукции.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, цемент, известь, температура гашения извести, время гашения извести, прочность.

N.N. MOROZOVA, Candidate of Sciences (Engineering), G.V. KUZNETSOVA, engineer, A.K. GOLOSOV, student

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

Influence of Cements from Different Producers on Properties of Cellular-Concrete Mix of Autoclaved Gas Concrete

The use of cements from different producers at autoclaved gas concrete plants of high capacity brings about changes in the properties of cellular concrete mixture at the stage of formation and maturation of the bulk. The mineralogical composition of cement from different manufacturers and of the same brand at the similar water-solid ratio influences on the mix temperature and strength of autoclaved gas concrete but does not change the mobility of cellular-concrete mix. The increase in the quantity of cement in the binder composition leads to increasing the time and reducing the temperature of lime slaking. Among the studied materials cement of ОАО "Zhigulevsktsement exerts the least influence and cement of ЗАО "Stroitel'nyie materialy" (Sterlitamak, Republic of Bashkortostan) exerts the greatest influence on the parameters of lime slaking. For stable operation of the factory of gas concrete of autoclaved hardening it is necessary to select the products of 2–3 cement manufacturers without worsening the quality of production.

Keywords: autoclaved gas concrete, cement, lime, temperature of lime slaking, time of lime slaking, strength.

Основным сырьем для производства автоклавного газобетона, как известно, являются кварцевый песок, известь, цемент и газообразователь. Технология и качество продукции завода автоклавного газобетона в значительной мере определяются физическими и химическими характеристиками исходного сырья. Как правило, эти характеристики влияют комплексно. Отклонения минерального и химического состава неизбежно сказываются на параметрах технологии и качестве конечной продукции [1, 2].

Предприятия обычно ограничиваются входным контролем цемента на соответствие требованиям технологической документации (марки, количества добавок и их вида, удельной поверхности и др.) только на основании документа о качестве материала. При этом минералогический состав и сроки схватывания цемента в технологическом регламенте не нормируются [3].

В связи с этим необходимо проанализировать влияние цементов разных производителей в смешанном вяжущем на свойства ячеисто-бетонной смеси автоклавного газобетона. Использовали цементы производителей ЗАО «Жигулевские стройматериалы» (1), ОАО «Вольскцемент» (2), ОАО «Мордовцемент» (3) и ЗАО «Строительные материалы» (г. Стерлитамак, Республика Башкортостан) (4), минералогический состав которых приведен в табл. 1. Состав газобетона рассчитан для плотности D600, изготовление образцов производили по литейной технологии.

В технологии ячеистого бетона время гашения извести должно совпадать со временем газовыделения, а температура гашения извести и температура массива влияют на время его созревания, раскрытия форм и их оборачиваемость. Время выдержки массива при литейной технологии обычно составляет 3–4 ч. Поэтому первоначально проведена оценка влияния вида цемента на температуру и скорость гашения извести путем добавле-

ния цемента в известь в количестве 5, 10 и 25 % от массы навески. Температуру смеси измеряли через каждую минуту до того момента, когда температура в течении 4 мин не изменялась более чем на 1°. Исследования проводили по методике ГОСТ 22688 «Известь строительная. Методы испытаний» при стандартной температуре воды затворения и технологической температуре приготовления ячеисто-бетонной смеси по СН 277. Полученные результаты приведены на рис. 1–4.

Как видно из результатов исследований (рис. 1), наиболее сильно замедляет гашение извести цемент, изготовленный на ЗАО «Строительные материалы». Замедление гашения извести с цементом ЗАО «Жигулевские стройматериалы» возрастает с увеличением его количества только более 10%. Цемент ОАО «Вольскцемент» и ОАО «Мордовцемент» незначительно замедляет время гашения извести.

Наименьшее снижение температуры гашения извести (рис. 2) наблюдается при добавлении цемента

Таблица 1

Наименование минерала	Содержание минералов в цементе, %			
	1	2	3	4
C ₃ S	62	61	57,3	65,39
C ₂ S	15	15	16,8	10,64
C ₃ A	7,2	3,7	7,5	6,67
C ₄ AF	12,5	16	13,3	11,23
Начало схватывания цементного теста	Время, мин			
	130–140	160–165	150–160	170–185

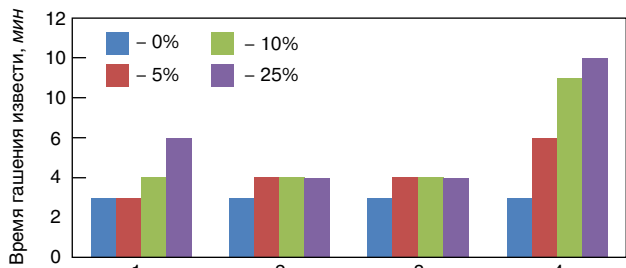


Рис. 1. Влияние цемента на время гашения извести при температуре воды затворения 20°C

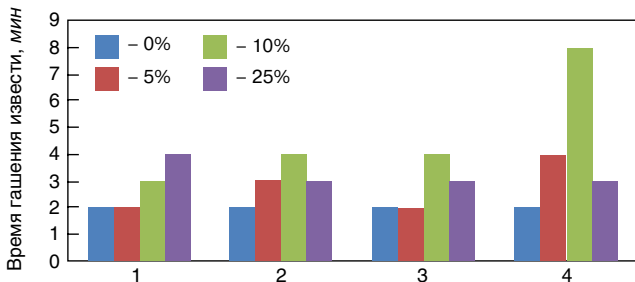


Рис. 3. Влияние цемента на время гашения извести при температуре воды затворения 50°C

ЗАО «Жигулевские стройматериалы», а наибольшее ЗАО «Строительные материалы». Максимум температуры гашения извести достигается на цементе ЗАО «Жигулевские стройматериалы».

В производстве газобетона необходима определенная температура смеси для процесса газо-образования. В производственных условиях этот параметр регулируют температурой песочного шлама или содержанием извести в смеси. В исследованиях использовали воду затворения с температурой 50°C.

Как видно из результатов испытаний (рис. 3), горячая вода сократила время гашения извести на 30%. Наибольшее замедление гашения наблюдается при применении цемента производства ЗАО «Строительные материалы».

На рис. 4 показано, что повышение температуры воды затворения не изменило характера диаграммы температуры гашения извести. Так же как и на рис. 2, здесь наименьшее снижение температуры гашения наблюдается в присутствии цемента ЗАО «Жигулевские стройматериалы», а наибольшее снижение оказывает цемент производства ЗАО «Строительные материалы».

Полученные данные свидетельствуют, что цемент производителя ЗАО «Жигулевские стройматериалы» позволяет получать наиболее высокую температуру массива и сократить время его созревания, тогда как цементы производителей ОАО «Вольскцемент» и ОАО «Мордовцемент» в составе вяжущего позволяют получить температуру массива на 12–16°C ниже, чем с Жигулевским цементом. Следовательно, время созревания

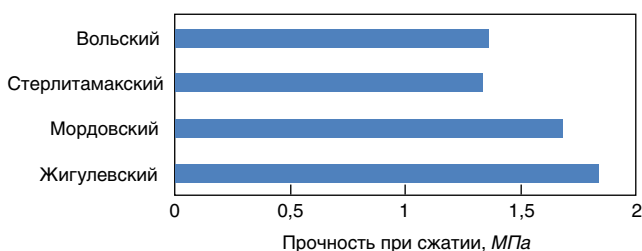


Рис. 5. Влияние цемента в составе смешанного вяжущего на прочность автоклавного газобетона

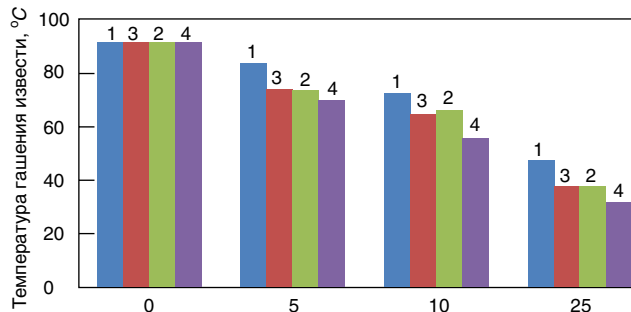


Рис. 2. Влияние цемента на температуру гашения извести при температуре воды затворения 20°C

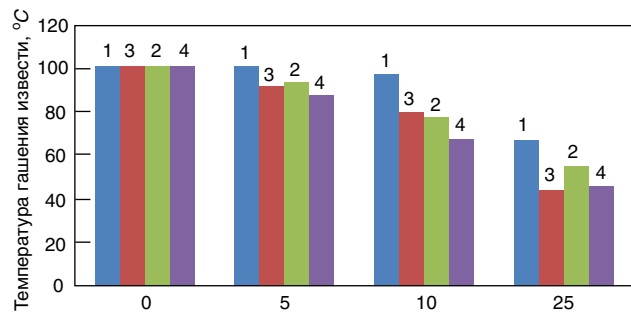


Рис. 4. Влияние цемента на температуру гашения извести при температуре воды затворения 50°C

на массива на цементе ОАО «Мордовцемент» будет больше на 30–40 мин.

На следующем этапе работы были изготовлены образцы по литьевой технологии для состава D600. В приготовлении ячеисто-бетонной смеси использовали известь одной партии с активностью 80%. Для смесей одного состава, приготовленных на цементах разных производителей с температурой воды затворения 50°C, определяли подвижность смеси по Суттарду и ее температуру. Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Полученные данные (табл. 2) свидетельствуют о том, что замена одного цемента другим при постоянной В/Т смеси не оказывает влияния на подвижность. Температура смеси на цементе ЗАО «Строительные материалы» самая низкая, а самая высокая на цементе ЗАО «Жигулевские стройматериалы».

Для оценки прочностных свойств газобетона образцы были запарены в промышленных автоклавах при давлении 1 МПа по режиму производства. Результаты представлены на рис. 5.

Наибольшая прочность при сжатии при одинаковой плотности достигается у газобетона, изготовленного на портландцементе ЗАО «Жигулевские стройматериалы».

Таблица 2

Завод-производитель цемента	В/Т	Температура смеси, °C, при температуре воды затворения 50°C	Распływ, см
1	0,59	44	27
		44	27
2	0,59	42	26
		42	26
3	0,59	42	27
		42	27
4	0,59	40	26
		40	26

Цемент Мордовского завода снижает время и температуру гашения извести, как и вольский, но прочность на Мордовском цементе выше, чем на вольском. Цемент производства ЗАО «Строительные материалы» на фоне максимального снижения температуры и увеличения времени гашения извести показывает низкую прочность.

Список литературы

1. Богданова Н.П., Белов И.А., Подлuzский Е.Я., Клиничук Е.С., Вербицкая Т.Л. Ячеистый бетон пониженной плотности для изоляции строительного и технического назначения // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 63–66.
2. Кафтаева М.В., Рахимбаев Ш.М., Жуков Д.А., Ковалевская К.Ю., Шугаева М.А., Марушко М.В. Обоснование требований к сырьевым материалам для автоклавного производства газосиликатных бетонов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1. www.science-education.ru/115–11233 (дата обращения: 08.05.2014).
3. Прохоров С.Б. Перспективы развития и особенности использования российских специализированных алюминиевых газообразователей // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 94–96.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что для стабильной работы завода газобетона автоклавного твердения без изменения в технологии производства и ухудшения качества готовой продукции можно рекомендовать не более двух производителей цемента.

References

1. Bogdanova N. P., Belov I.A. Podluzsky E.Ya. Klinchuk E.S. Verbitskaya T.L. Cellular concrete of the lowered density for isolation of construction and technical appointment. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2010. No. 3, pp. 63–66. (In Russian).
2. Kaftayeva M. V., Rakhimbayev Sh. M., Zhukov D. A. Kovalevskaya K.Yu. Shugayeva M. A. Marushko M. V. Justification of requirements to raw materials for autoclave production of gas-silicate concrete//*Modern problems of science and education*. 2014 . No. 1. www.science-education.ru/115-11233
3. Prokhorov S. B. Prospects of development and feature of use of the Russian specialized aluminum gazoobrazovatel. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2013. No. 4, pp. 94–96. (In Russian).



**10–12
сентября
2014 г.
Нижний Новгород**

**Оргкомитет:
140050, Московская обл.,
п. Красково,
ул. К. Маркса, д. 117,
РГА
Телефон:
+7-916-501-36-56
E-mail: gips@rescom.ru
www.rosgips.ru**

**Российская гипсовая ассоциация
Московский государственный строительный университет
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН
ГУП «НИИМосстрой»**

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

Тематика конференции:

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

Генеральный информационный спонсор: журнал



Ш. ЗОЛЛЬ, управляющий партнер фирм SKM GmbH и aac-concept GmbH (Германия)

Выявляя потенциалы

Немецкие компании SKM GmbH и aac-concept GmbH работают в области технологий автоклавного газобетона. Расположенные в районах Германии с давними индустриальными традициями, они обладают обширными инженерными и производственными возможностями. Компания SKM GmbH специализируется на изготовлении широкого спектра оборудования для различных отраслей, в том числе для производства газобетона и обработки материалов. Компания aac-concept GmbH позиционирует себя как инжиниринговое бюро и имеет большой опыт в области проектирования и комплектования заводов ячеистого бетона во многих странах. Недавно обе компании приняли решение об объединении своих ресурсов для более эффективной работы и продвижения своих продуктов и услуг на рынке. Заказчики обеих компаний, безусловно, выиграют от подобной синергии.

Компании SKM GmbH и aac-concept GmbH планируют в серии статей в последующих номерах журнала «Строительные материалы»[®] рассмотреть некоторые ключевые вопросы развития промышленности автоклавного газобетона в России на современном этапе по пяти темам.

1. Подход компаний к специфическим требованиям российского рынка в части специальных инженерных и конструкторских решений представит статья «Выявляя потенциалы».

2. Многообразие производственных технологий, применяемых в настоящее время в России, будет проанализировано в статье «Различные технологии производства газобетона — обзор с акцентом на преимущество и потенциал».

3. «Технологии резки и помола» будет посвящена анализу потенциала реализации проектов по модернизации и техническому перевооружению производства.

4. «Подход с обзором в 360° в области автоматизации, управления и оптимизации расходов на электроэнергию и внутренней логистики» — тема еще одной статьи.

5. «Отраслевой прогноз» станет темой заключительного материала.

Не надо быть экспертом, чтобы понимать, что постоянно растущая цена на сырье и энергоносители и жесткая конкуренция побуждают газобетонную отрасль изыскивать резервы повышения эффективности производства, в основном за счет повышения качества продукции, уровня использования мощностей и снижения производственных издержек. Инженеры по газобетону компаний SKM GmbH и aac-concept GmbH имеют большой опыт оптимизации в данной сфере. При первой встрече с клиентами собирается необходимая информация для последующего анализа. Часто это приводит к реализации так называемого «Общего технического аудита» (General Technical Audit) или, на более поздней стадии, специальных аудитов.

Общий технический аудит представляет собой комплексное исследование всего процесса производства. Основное внимание при этом уделяется анализу технологии производства, повышению качества продукции, производственным и временным затратам, повышению производительности, анализу показателей простоя и идентификации «узких мест» технологической цепоч-

ки, оценке применяемых процессов, а также показателям расхода воды и электроэнергии. Пример такого анализа приведен на рис. 1.

На выходе для заказчика готовится отчет по общему техническому аудиту, который содержит перечень рекомендованных мероприятий, классифицированных по категориям, и их ожидаемые результаты, в том числе предполагаемые сроки окупаемости инвестиций при усовершенствовании процессов. Чтобы облегчить процесс принятия решения для клиентов, специалисты оценивают и ранжируют ключевые контрольные показатели существующих производств и проектов их модернизации.

С исследованием «Контрольные показатели — газобетон» (AAC Benchmark) клиенты компании получают детальное сравнение существующего у них производства с другими предприятиями отрасли по ключевым показателям деятельности. Такой анализ позволяет выявить потенциал для повышения эффективности производства. Подобные ориентиры, как правило, предполагают принятие определенных мер. Приведенный пример (рис. 2) демонстрирует потребность в рабочей силе типичного завода в сравнении с лидером отрасли, отстающим предприятием и уровнем применяемой технологии. Данный вид анализа концентрируется в первую очередь на показателях потребления воды и электроэнергии, потребности в рабочей силе и длительности циклов. Применяемая база данных формировалась на протяжении многолетней работы над международными проектами экспертной командой инженеров. Если основной проблемой предприятия является высокое потребление энергии, то эффективной мерой является исследование «Энергетический аудит — газобетон» (AAC Energy Audit), которое представляет собой детальный анализ эффективности применяемых производственных процессов с упором на потребление тепловой и электрической энергии. Детальные исследования включают также анализ воздуха и воды. Глубокий и критический взгляд со стороны на внутренние процессы нередко выявляет скрытые резервы и потенциал, которые дают существенную экономию и позволяют окупить затраты на аудит в короткие сроки.

С исследованием «Аудит процессов и качества — газобетон» (AAC Process and Quality Audit) наши инженеры проводят глубокий анализ производственных линий заказчиков с акцентом на исходные сырьевые материалы и готовую продукцию. Типичными задачами с точки зрения сырья является анализ используемых рецептур, выявление потенциала снижения затрат и повышения качества продукции через соответствующее изменение рецептур. Компьютерное моделирование подкрепляет данный анализ. Полуфабрикаты и готовые изделия оцениваются на возможные дефекты и предполагаемые причины их появления.

На многих заводах ячеистого бетона производственные процессы с момента появления в 70–80-х гг. XX в. в своей основе не претерпели каких-либо существенных изменений, что в ряде случаев уже привело к утрате позиций газобетона по сравнению с другими видами строительных материалов. Растущий спрос на качественную продукцию требует глубокого инвестиционного консультирования. Только после этого возможна поэтап-



Рис. 1. Результирующая картина общего технического аудита производства



Рис. 2. Контрольный показатель «Потребность в рабочей силе»

ная модернизация действующих предприятий без риска сверхнормативного простоя оборудования. В случае, если по результатам проведенного аудита требуется кардинальная техническая реконструкция, мы прибегаем к всестороннему подходу. Такой подход может включать анализ необходимости одновременной замены всего парка запорочных форм. Сколько составляют годовые эксплуатационные расходы на подъемные манипуляторы и цепные транспортёры? Какие технологии резки лучше интегрировать в существующие или планируемые производственные процессы? Какова реальная экономия от снижения затрат на оплату труда в сравнении с капитальными затратами при реализации базовых, промежуточных вариантов решений либо внедрения высокоавтоматизированных линий и оборудования? Эти и многие другие подобные вопросы

обсуждаются с клиентами. Компании SKM GmbH и aac-concept GmbH стремятся давать не стандартные – «на все случаи жизни» – ответы, а индивидуальные решения с учетом конкретных пожеланий заказчиков.

Основной проблемой при решении такого рода инженерных задач является сбор и обработка технической информации, причем на любом действующем производственном предприятии, в том числе и в обрабатывающей промышленности. Жизненный цикл предприятия, который может охватывать различные политические эпохи и периодическую смену собственников вкуче с отсутствием качественной и полной информации нередко с самого запуска производства, существенно затрудняет работу по аудиту.

Лишь в редких случаях мы можем опираться на всеобъемлющую техническую документацию всех видов, от проектирования до реального функционирования предприятия и оборудования, включая данные производства, эксплуатации и инжиниринга. Имеющаяся техническая информация зачастую оказывается разноформатной и на разных языках. Если эта проблема обнаружена, то компании SKM GmbH и aac-concept GmbH могут оказать клиенту поддержку в ее сборе. Соответствующая информация может быть создана во время реализации крупного проекта или с помощью пошагового подхода на действующем предприятии. Конечной целью является создание

среды, обеспечивающей достоверность, качество и целостность всех данных и документов (производственных, эксплуатационных и инженерных) для разных пользователей. Преимуществом будет наличие актуальных документов и данных требуемого формата в любой момент времени и для любого пользователя. Почему SKM GmbH и aac-concept GmbH акцентируют важность данных вопросов? Решение задачи позволяет уменьшить проектные расходы, обеспечивает прочную базу данных для проекта и снижает текущие эксплуатационные затраты.

В заключение можно подчеркнуть: если требуется найти наиболее эффективный способ вложения средств в развитие производства автоклавного газобетона, наша команда экспертов готова оказать заказчику необходимое содействие в этом вопросе.



SKM GmbH
Schadendorfer Str. 51
02943 Boxberg/ O.L. Germany
Тел.: +49 35774 356-0
Факс: +49 35774 356-12
www.skm-boxberg.de



aac-concept GmbH
Pöttmeserstr. 26
D-86529 Schrobenhausen Germany
Тел.: +49 8252-8812-131
Факс: +49 8252-8812-135
info@aac-concept.de

Представитель в РФ
Николай Станиславович
Кондрашов
Моб.: +7-926-310 89 60
e-mail: n.kondrashov@aac-concept.com

ЗАО «МОГИЛЕВСКИЙ КОМБИНАТ СИЛИКАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ»

Закрытое акционерное общество «Могилевский комбинат силикатных изделий» – один из крупнейших производителей изделий из автоклавного ячеистого бетона и силикатного кирпича на постсоветском пространстве. Высококвалифицированные специалисты, современное оборудование, постоянное совершенствование технологий, широкое внедрение автоматизированных и компьютеризированных систем управления, многолетний опыт работы обеспечивают качество продукции.

Комбинат выпускает широкий спектр строительных материалов:

- блоки из ячеистого бетона стеновые для кладки на клею и на растворе;
- перемычки брусковые из ячеистого бетона;
- плиты теплоизоляционные из ячеистого бетона;
- кирпич и камни силикатные пустотелые лицевые и рядовые;
- окрашенный лицевой силикатный кирпич;
- плиты пенополистирольные теплоизоляционные;
- смеси бетонные и растворные;
- железобетонные изделия (кольца колодцев цилиндрические фальцевого типа, плиты перекрытия и плиты днищ колодцев, фундаментные блоки);
- сухие строительные смеси.

Первая продукция предприятия – силикатный кирпич выпущена в августе 1968 г. В декабре 1968 г. началось производство изделий из ячеистого бетона. Численность работающих около 800 человек. Первые блоки из ячеистого бетона выпускались по опыту Рижского ЖБК-1 в формах объемом 8,8 м³ с ручной резкой. В процессе производства блоков из ячеистого бетона за период с 1969 г. по настоящее время пройдены следующие этапы совершенствования технологии и резательного оборудования:

- 1969–1975 гг. – ручная резка в формах объемом 8,8 м³;
- 1975–1993 гг. – механизированное разрезание массивов рамкой в формах объемом 8,8 м³;
- 1980–1989 гг. – на 3-й технологической линии работ резательный комплекс типа «Универсал»;
- 1990–1993 гг. – замена резательного оборудования на резательный комплекс «Силбетблок». Первый такой резательный комплекс был смонтирован и пущен в эксплуатацию в 1989–1990 гг. во вновь построенном пролете 7-й технологической линии. Резательный комплекс «Силбетблок» в определенной мере удовлетворял в 1990-х гг. требованиям рынка стройиндустрии в качественных и количественных показателях блоков из ячеистого бетона.

Однако в начале нового тысячелетия тенденции рынка изменились в части значительного повышения требований к качеству продукции. В этот период отмечен и рост спроса на блоки из ячеистого бетона при снижении спроса на кирпич и крупноразмерные армированные изделия.

Учитывая эти обстоятельства, в конце 2002 г. начаты работы с немецкой фирмой Masa-Henke по проектированию, приобретению оборудования, монтажу новой прогрессивной технологической линии, обеспечивающей выпуск блоков, в том числе и пазогребневой формы, для кладки на тонкослойный клеевой раствор. 30 марта 2004 г. был заформован и прошел полный цикл обработки в пусконаладочном режиме первый массив блоков.

В 2009 г. освоен выпуск армированных перемычек из ячеистого бетона, которые успешно применяются в гражданском строительстве. В 2010 г. запущена в эксплуатацию еще одна немецкая высокопроизводительная линия производства блоков из ячеистого бетона для кладки на клеевой раствор.

Проектная мощность комбината составляла 200 тыс. м³ изделий из ячеистого бетона в год. Благодаря внедрению высокоинтенсивных технологий, освоению выпуска новых видов продукции, предприятию удалось значительно увеличить выпуск продукции. Так, в 2013 г. выпущено 547 тыс. м³ изделий из ячеистого бетона, что в 2,7 раза больше проектной мощности. Столь значительный скачок стал возможен благодаря созданию конкурентоспособного и высокотехнологического производства.

При производстве блоков из ячеистого бетона используется техника струнной резки, что позволяет достичь высокой точности геометрических размеров изделий. Линейное отклонение размеров блока от заданных не превышает ±1–1,5 мм. Высокая точность размеров блоков позволяет применять при кладке клеевой раствор. Поверхность стены при этом получается ровной, что позволяет ограничиться нанесением тонкого слоя отделочного материала. Использование струнной технологии позволяет добиться также и широкого разнообразия размеров и конфигураций ячеисто-бетонных блоков. Кроме того, существующая технология позволяет производить блоки с системой паз-гребень и специальными выемками для рук для обеспечения удобства при укладке блоков. При этом перестройка линии на новый размер может быть выполнена в течение

нескольких минут, что дает возможность предприятию быстро выполнить заказ на нужный вид продукции.

Производство кирпича силикатного различной пустотности осуществляется на немецких гидравлических прессах двухстороннего прессования немецкой фирмы «Masa-Dorstener», отечественных револьверных прессах. Организован выпуск окрашенного силикатного кирпича.

Во второй половине 1990-х гг. комбинат освоил выпуск строительных растворов, бетонных смесей, плит пенополистирольных и других видов продукции.

В 2012 г. введен в эксплуатацию новый растворобетонный узел с итальянским оборудованием, что позволило значительно повысить качество отпускаемых бетонных и растворных смесей.

В 2013 г. комбинат освоил выпуск колец цилиндрических фальцевого типа, плит перекрытий и плит днищ, предназначенных для устройства смотровых колодцев повышенной герметичности. Кольца производятся на высокотехнологичном оборудовании фирмы BFS по технологии вибропрессования с использованием жестких бетонных смесей.

Модернизация схем упаковки продукции с использованием новейших упаковочных машин датского и итальянского производства позволила повысить транспортабельность продукции и полностью исключить возможность случайного повреждения продукции при транспортировке.

В течение всей производственной деятельности продукция комбината пользуется устойчивым спросом на строительных рынках Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины, стран Балтии. Сертификаты соответствия Республики Беларусь, Российской Федерации, Евросоюза подтверждают высокое качество производимой продукции.

Продукция комбината обеспечивает строительство комфортного, экологически безопасного жилья. На предприятии действует система менеджмента качества на соответствие требованиям СТБ ISO 9001, система управления охраной окружающей среды СТБ ISO 14001, система управления охраной труда СТБ 18001.

Остановив свой выбор на продукции ЗАО «Могилевский КСИ», вы имеете дело с широко известным производителем, являющимся выгодным и надежным деловым партнером с безупречной репутацией.



ЗАО «МОГИЛЕВСКИЙ КСИ»

Республика Беларусь,
212030, г. Могилев, ул. Крупской, 224
www.mglksi.by

Тел. +375 (222) 72-22-38 (приемная)
+375 (222) 72-22-52 (отдел маркетинга и сбыта)



МЕСТОРОЖДЕНИЕ КАОЛИНОВ ЖУРАВЛИНЫЙ ЛОГ



Каолиносодержащие материалы:

КАОЛИН ОБОГАЩЕННЫЙ
ПРЕМИКС-каолино-кварцевая смесь
Песок кварцевый
фракционированный
Кварцевая мука
Метакаолин МКЖЛ
Шамот
Каолин-сырец



Россия, Челябинская область, г. Пласт, телефон: (35160) 2-26-56

Есть Такая Система



Группа компаний
«Единая Торговая Система»

20 ЛЕТ НА РЫНКЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

WWW.UTSRUS.COM

ГОТОВЫЙ К ПРИМЕНЕНИЮ КЛЕЙ Н+Н

LIMFIX

для возведения стен
из газобетона



производительность
5м³ за 8 часов



готов к применению
без смешивания



Расход:
1 баллон=мешок 25 кг



экономия
на 30% быстрее

упрощаем строительство

www.HplusH.ru

H+H

Реклама

А.С. ГОРШКОВ¹, канд. техн. наук; Г.И. ГРИНФЕЛЬД², исполнительный директор;
В.Е. МИШИН³, преподаватель; Е.С. НИКИФОРОВ⁴, канд. эконом. наук;
Н.И. ВАТИН¹, д-р техн. наук, директор Инженерно-строительного института

¹ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29)

² Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (193091, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 40, литера А)

³ Лидский колледж УО «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы» (Белоруссия, Гродненская обл., 231300, г. Лида, ул. Советская, 18)

⁴ Санкт-Петербургский государственный экономический университет (191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21)

Повышение теплотехнической однородности стен из ячеисто-бетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея

Представлены результаты прочностных и теплофизических испытаний кладки из ячеисто-бетонных изделий автоклавного твердения (газобетонных блоков) на полиуретановом клею. Показано, что механические характеристики кладки на полиуретановом клею (прочность при сжатии, растяжение при изгибе, нормальное и касательное сцепление) мало отличаются от аналогичных показателей, полученных при испытании фрагментов кладки, выполненных на цементно-песчаном растворе или цементном клею для газобетона. При этом теплофизические характеристики кладки на полиуретановом клею (термическое сопротивление, сопротивление теплопередаче) ввиду значительно более низкой теплопроводности полиуретанового клея по сравнению с цементными составами оказываются значительно выше. На основании проведенных испытаний сделано заключение, что кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клею при соответствующем расчетном обосновании, допускается использовать при возведении несущих внутренних и наружных стен зданий, в том числе при заполнении наружных проемов каркасно-монолитных зданий с поэтажным опиранием кладки на несущие монолитные перекрытия.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, полиуретановый клей, теплопроводность, огнестойкость, воздухопроницаемость.

A.S. GORSHKOV¹, Candidate of Sciences (Engineering); G.I. GRINFELD², Executive Director; V.E. MISHIN³, Teacher;

E.S. NIKIFOROV⁴, Candidate of Sciences (Economics); N.I. VATIN¹, Doctor of Sciences (Engineering), Director of Engineering and Construction Institute

¹ Saint Petersburg State Polytechnical University (29, Polytechnicheskaya Street, Saint Petersburg, 195251, Russian Federation)

² National Association of Autoclaved Gas Concrete Manufacturers (Letter A, 40, Oktyabrskaya Embankment, Saint Petersburg, 193091, Russian Federation)

³ Lidsky college education establishment «Grodno state university of Janka Kupala» (18, Sovetskaya Street, Lida, 231300, Grodno region, Belarus)

⁴ Saint Petersburg State University of Economics and Finance (21, Sadovaya Street, Saint Petersburg, 191023, Russian Federation)

Improvement of Thermotechnical Uniformity of Walls Made of Cellular Concrete Products Through the Use of Polyurethane Glue in Masonry

Results of strength and thermo-physical tests of the masonry from cellular concrete products of autoclave hardening (gas concrete blocks) on polyurethane adhesive are presented. It is shown that mechanical characteristics of the masonry on polyurethane adhesive (compressive strength, bending tension, normal and tangent bonding) differ little from analogous indicators obtained in the course of testing masonry fragments made on cement-sand mortar or cement glue for gas concrete. At the same time thermo-physical characteristics of the masonry on polyurethane adhesive (thermal resistance, resistance to heat transfer) is significantly higher due to considerably lower heat conductivity of polyurethane adhesive in comparison with cement compositions. On the basis of conducted tests it is concluded that the masonry from gas concrete blocks on polyurethane adhesive, at appropriate calculation substantiation, can be used for erection of non-bearing internal and external walls of buildings including the filling of external openings of frame-monolithic buildings with floor-by-floor support of the masonry on bearing monolithic ceilings.

Keywords: autoclave gas concrete, polyurethane adhesive, heat conductivity, fire resistance, air permeability.

Кладка стен из ячеисто-бетонных изделий автоклавного твердения (газобетонных блоков), выпускаемых в соответствии с требованиями ГОСТ 31360–2007 «Изделия из ячеистых бетонов стеновые неармированные. Технические условия», является в настоящее время одной из наиболее распространенных технологий домостроения на территории Российской Федерации [1–3].

Кладка из газобетонных блоков применяется при возведении несущих, самонесущих и ненесущих наружных и внутренних стеновых ограждающих конструкций современных зданий, как высотных многоквартирных, так и малоэтажных частных, а также при монтаже сборно-монолитных перекрытий [4]. Изделия из автоклавного газобетона обладают относительно небольшой теплопроводностью (по сравнению с другими типами конструкционно-теплоизоляционных изделий), что определяет их высокую эффективность для обеспечения требований по теплоизоляции наружных стен зданий. Расчетные теплотехнические показатели ячеистого бетона автоклавного твердения (ГОСТ 31359–2007 «Бе-

тоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия») для некоторых марок изделий по плотности представлены в табл. 1.

Однако при возведении стен из мелкоштучных газобетонных изделий (блоков) требуется применение скрепляющих растворов, в качестве которых обычно используются либо цементно-песчаные растворы, либо тонкослойные цементные клеи.

Наличие цементных швов в кладке приводит к образованию так называемых мостиков холода [5], так как теплопроводность цементных растворов, применяемых для склеивания блоков в кладке, значительно выше теплопроводности ячеистого бетона марок по плотности D300–D600. Из-за наличия швов кладка нарушается теплотехническая однородность стен из газобетонных блоков, коэффициент теплотехнической однородности кладки r становится отличным от единицы; чем толще швы, а также чем выше теплопроводность кладочного состава, тем меньше коэффициент r и тем меньшим оказывается приведенное сопротивление теплопереда-

Таблица 1

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации)			
	Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ_0 , Вт/(м·°C)	массового отношения влаги в материале ω , %		теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	
				А	Б	А	Б
Ячеистый бетон автоклавного твердения	600	0,84	0,14	4	5	0,16	0,183
	500	0,84	0,12	4	5	0,141	0,147
	400	0,84	0,096	4	5	0,113	0,117
	300	0,84	0,072	4	5	0,084	0,088

Таблица 2

Марка изделий по плотности	Толщина швов кладки, мм	Коэффициент теплотехнической однородности кладки γ при расчетном коэффициенте теплопроводности раствора $\lambda_{р-р}$, Вт/(м·°C)									
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
D300	2	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,9	
	10	0,94	0,88	0,84	0,8	0,76	0,73	0,7	0,67	0,64	
D400	2	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	
	10	0,96	0,92	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	
D500	2	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	
	10	0,98	0,95	0,91	0,88	0,86	0,83	0,8	0,78	0,76	
D600	2	1	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95	
	10	0,99	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,84	0,82	0,8	

Примечание. Значения коэффициента теплотехнической однородности γ при промежуточных значениях толщины шва и коэффициента теплопроводности кладочного раствора допускается принимать по интерполяции.

че фрагмента стеновой конструкции. В табл. 2 представлены расчетные значения коэффициентов теплотехнической однородности γ (размер изделия в кладке 625×250 мм) для некоторых типов кладки из газобетонных блоков (по глади стены) при различной толщине растворных швов [6].

Таким образом, швы кладки обуславливают дополнительные потери тепловой энергии, которые при использовании тонкослойных клеев могут достигать 10% ($\gamma = 0,9$), а при использовании цементно-песчаных растворов – 36% ($\gamma = 0,64$) дополнительных затрат тепловой энергии по сравнению с массивом из ячеистого бетона автоклавного газобетона. Все эти дополнительные потери энергии приводят к необходимости увеличения расчетной мощности системы отопления и, как следствие, увеличения расхода в здании тепловой энергии на отопление.

По этой причине для дальнейшего совершенствования кладки из газобетонных блоков требуется разработка скрепляющих кладку составов, характеризующихся низкими значениями теплопроводности, обеспечивающими при этом требуемую адгезию между блоками и не ухудшающими другие важные показатели ограждающих конструкций, такие как прочность, устойчивость, трещиностойкость, огнестойкость и пр.

Одним из вариантов улучшения теплоизоляционных свойств кладки из газобетонных блоков является использование однокомпонентных полиуретановых клеев.

Преимущества каменной кладки на полиуретановых кладочных составах описаны в работах [7–11]. В ряде публикаций [7, 8] отмечено, что при возведении внутренних перегородок на полиуретановых швах наблюдается повышение трещиностойкости.

В работе [7], посвященной вопросам трещиностойкости каменных перегородок, показано, что повышенная податливость пенополиуретановых растворных

швов (по сравнению с цементно-песчаными) приводит к уменьшению сдвиговой жесткости конструкции, которая работает как балка-стенка из-за прогибов железобетонных перекрытий. Благодаря этому повышается способность перегородок к прогибам последних, в результате чего в перегородках снижаются главные растягивающие напряжения, которые являются одной из основных причин образования трещин.

В [8] представлены результаты испытаний, которые показывают, что прочность кладки на пенополиуретановых швах при растяжении при изгибе параллельно и перпендикулярно горизонтальным швам на 40% выше прочности кладки на обычных минеральных растворах.

Возведение каменной кладки на полиуретановых клеевых составах позволяет исключить мокрые процессы на строительной площадке и увеличить производительность кладочных работ по сравнению с общепринятой технологией, когда кладка ведется на цементных клеевых составах или цементно-песчаных растворах, а также значительно повысить теплотехническую однородность стен из газобетонных блоков.

Из представленного обзора следует, что в настоящее время в практике строительства наблюдается устойчивый рост интереса к возведению стеновых конструкций с использованием в качестве скрепляющих камни составов полиуретановых клеев.

Результаты первого тестового эксперимента по возведению фрагментов кладки из ячеисто-бетонных блоков на полиуретановый клей (далее – ППУ-клей) представлены в работах [9–11]. По его результатам были сформулированы следующие выводы:

- кладка стен из газобетонных блоков на полиуретановый клей технологически возможна и экономически целесообразна;
- толщина горизонтальных швов кладки составляет 0,2–0,3 мм;

– после затвердевания полиуретанового клея геометрические размеры выложенного фрагмента стены не изменились; изменения габаритных размеров кладки не превысили погрешности измерений;

– прочность сцепления полиуретанового клея с блоками из автоклавного газобетона значительна; попытки механического разделения блоков между собой оказались нерезультативными.

При проведении эксперимента были выявлены некоторые *недостатки* кладки на ППУ-клею, а именно: при кладке стен отсутствует возможность выравнивания блоков в горизонтальной плоскости. В результате в углах стен из-за разновысотности сопрягающихся участков стеновой конструкции образуются перепады. Из-за перепада блоки работают не на сжатие, а на изгиб, что может негативно сказаться на прочности и деформативности кладки. Кроме того, полиуретановый клей не позволяет устранять уклоны кладки. Из-за этого кладка монтируется под наклоном, что нарушает вертикальность стен и приводит к возникновению дополнительного эксцентриситета в случае действия нагрузок на фрагмент стены.

В целом, несмотря на выявленные недостатки, возможность устранения которых была доказана при проведении последующих технологических испытаний, тестовый эксперимент оказался положительным.

На основании проведенного эксперимента было сделано заключение, что представленная технология возведения кладки стен из газобетонных блоков на полиуретановый клей технологически возможна и экономически целесообразна. Однако для возможности ее воплощения в реальных проектах требуется проведение серии необходимых испытаний:

- определение прочностных и деформационных показателей кладки;
- определение теплофизических параметров кладки (сопротивление теплопередаче);
- определение воздухопроницаемости кладки;
- определение огнестойкости кладки;
- оценка производительности выполнения монтажных работ при возведении данного типа кладки, определение расхода полиуретанового клея при возведении 1 м³ кладки.

Основным преимуществом данного типа кладки является то обстоятельство, что теплопроводность полиуретанового клея, применяемого для скрепления газобетонных блоков в кладке стен, значительно ниже теплопроводности цементных клеев и растворов. По этой причине теплоизоляционные (теплозащитные) свойства данного типа кладки должны оказаться выше (лучше) по сравнению с кладкой из блоков, выполненной на любом типе цементного клея, а тем более цементно-песчаного раствора со средней толщиной швов в кладке 10 мм (наиболее распространенного варианта возведения наружных стен из газобетонных блоков при строительстве многоквартирных жилых зданий).

По результатам тестового эксперимента был определен перечень необходимых испытаний и разработана программа испытаний, которая была реализована в последующие с момента проведения первого эксперимента полтора года. Результаты испытаний фрагментов кладки с ППУ-клеем на огнестойкость и воздухопроницаемость, а также рекомендации по расходу ППУ-клея в кладке представлены в работах [9–11].

Предел огнестойкости образца перегородки из блоков неармированных 625×250×100 мм из ячеистого бетона автоклавного твердения (марка изделий по плот-

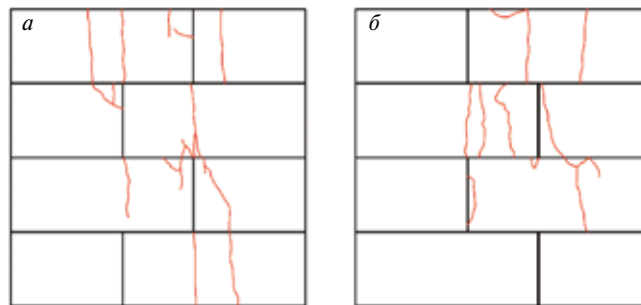


Рис. 1. Схема разрушения образца № 3 (стороны: лицевая – а и обратная – б)

ности D400, класс по прочности на сжатие не менее B2, толщина не менее 100 мм), изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 31360–2007, уложенных с использованием полиуретанового клея, определенный как среднеарифметическое результатов испытаний двух образцов, составил EI 150. Это дало основание для проведения последующих испытаний данного типа кладки с целью определения ее прочностных и теплофизических параметров.

Прочностные испытания

Сопротивление кладки сжатию. Прочностные испытания фрагментов стен из газобетонных блоков на ППУ-клею проводились на поверенном оборудовании ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС» под руководством заведующего лабораторией А.П. Харченко^{1,2}.

Исследования прочности и деформативности кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клею производились на образцах размером (Д×В×Ш): 100×100×37,5 см. Для кладки образцов применялись следующие материалы: изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения, выпускаемые по ГОСТ 31360 со следующими физико-механическими и геометрическими характеристиками: марка по плотности D400; класс по прочности на сжатие B2; размер блоков (Д×В×Ш) – 625×250×375 мм; полиуретановый клей (технические характеристики см. в работах [9–11]).

Кладка всех образцов выполнялась стандартным способом. После монтажа очередного ряда кладки наносились вертикальный и горизонтальный швы кладки с использованием ППУ-клея. Сначала клеем заполнялась вертикальная поверхность блоков, затем клей наносился на горизонтальную поверхность нижнего ряда кладки, после чего на клей устанавливался очередной ряд кладки. Нижний слой кладки не выравнивался (выравнивающий цементно-песчаный раствор под нижний ряд кладки не наносился).

Время полной полимеризации полиуретанового клея составляет 2 ч. Перед началом испытаний образцы выдерживались в стандартных условиях ($t_{\text{int}} = 20 \pm 2^\circ\text{C}$; $\Phi_{\text{int}} = 50 \pm 5\%$) в течение суток.

Испытание образцов на сжатие производилось на 100-тонном прессе по стандартной методике. Деформации каждого образца измерялись индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм. Всего было испытано пять фрагментов кладки. Результаты испытания фрагментов на прочность при сжатии представлены в табл. 3.

В табл. 3 представлены частные и средние значения нагрузок и напряжений, соответствующие моменту образования первых трещин (графы 4, 6) и моменту разрушения образцов (графы 5, 7).

¹ Научно-технический отчет по теме: «Исследование прочности и деформативности кладки из газобетонных блоков Н+Н марки по плотности D400 на полиуретановом клею Soudabond-EASY при сжатии». Санкт-Петербург: ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС», 2012.

² Отчет о проделанной работе по определению физико-механических характеристик при испытании фрагментов кладки из ячеистого бетона автоклавного твердения. Санкт-Петербург: ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС», 2013. 30 с.

Таблица 3

Номер образца	Размер в плане, см	Площадь F, см ²	Нагрузка, тс		Напряжение, кгс/см ²	
			трещ.	разруш.	трещ.	разруш.
1	100,2×37,5	3757,50	19	53	5,1	14,1
2	100,3×37,5	3761,25	19,6	44,8	5,2	11,9
3	100,3×37,5	3761,25	18	52,8	4,8	14
4	100,3×37,5	3761,25	15,4	48	4,1	12,8
5	100,7×37,5	3776,25	14,8	47,4	3,9	12,6
Среднее					4,6	13,1

Характер разрушения кладки на примере одного из испытанных фрагментов представлен на рис. 1.

Для определения расчетного сопротивления кладки сжатию R можно воспользоваться формулой (3) СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», а именно:

$$R = \frac{R_u}{k} = \frac{13,1}{2,2} = 6 \text{ (кгс/см}^2\text{)}, \quad (1)$$

где R_u – временное сопротивление (средний предел прочности) сжатию кладки, кгс/см², принимаемое по табл. 3; k – коэффициент надежности, принимаемый для кладки из крупных и мелких блоков из ячеистых бетонов равным 2,2 (по табл. 15 СП 15.13330).

Следует, однако, отметить, что формула (3) СП 15.13330 дана для кладок на цементно-песчаном растворе. Для кладки на клеевых составах численное значение коэффициента надежности k , принятное для перехода от среднего предела прочности к расчетному сопротивлению кладки сжатию, может отличаться от значений, представленных в табл. 15 СП 15.13330.

На этом основании произведем определение нормативного значения сопротивления кладки сжатию на основе статистической обработки результатов испытаний, представленных в табл. 3. Рассчитаем среднеквадратическое отклонение σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(14,1-13,1)^2 + (11,9-13,1)^2 + (14-13,1)^2 + (12,8-13,1)^2 + (12,6-13,1)^2}{5}} = 0,85, \quad (2)$$

где x_i – численные значения частных результатов испытаний кладки на сжатие ($x_i = R_i = 14,1; 11,9; 14; 12,8; 12,6$ кгс/см², см. данные графы 7 табл. 3); \bar{x} – средний предел прочности сжатию кладки, $\bar{x} = R_u = 13,1$ кгс/см²; n – количество испытаний, $n = 5$.

На основе полученного среднеквадратического отклонения σ рассчитаем коэффициент вариации V . Получим:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{0,85}{13,1} = 0,065. \quad (3)$$

Видим, что вариация слабая, следовательно, полученная статистическая совокупность однородная. На этом основании определим нормативное значение сопротивления кладки сжатию R_n :

$$R_n = R_u - t_p \cdot \sigma = 13,1 - 1,96 \cdot 0,85 = 11,4 \text{ (кгс/см}^2\text{)}, \quad (4)$$

где R_u – то же, что в ф. (1); σ – то же, что в ф. (2); t_p – показатель достоверности, принимаемый для доверительной вероятности $p = 0,95$ равным 1,96 [12].

Величина коэффициента t_p определяет для нормального закона число средних квадратических отклонений,

которое нужно отложить вправо и влево от центра рассеивания, для того чтобы вероятность попадания в полученный участок была равна p .

Диаграмма зависимости напряжения от деформации кладки $\sigma = f(\epsilon)$ для образца № 3 представлена на рис. 2.

Характер поведения зависимости $\sigma = f(\epsilon)$ (рис. 2) показывает наличие трех характерных участков:

- участок значительных деформаций при незначительных нагрузках;
- участок упругих деформаций;
- участок разрушения кладки.

Первый участок деформирования кладки обусловлен высокой деформативностью полиуретанового клея (однокомпонентной монтажной пены), заполняющей горизонтальные швы кладки. Первые трещины в кладке возникают в конце первого – начале второго участка деформирования кладки, т. е. задолго до потери несущей способности кладки сжатию. Появление трещин на этом участке нагружения объясняется тем, что из-за значительной деформативности горизонтальных швов кладки блоки из газобетона начинают работать не только на сжатие, но и на изгиб. В результате на следующей стадии деформирования кладки (участок упругих деформаций) вплоть до потери несущей способности происходит интенсивное появление трещин (рис. 3).

Растяжение при изгибе. Испытания проведены на балках, изготовленных из кубов размерами в полблока (300×313×50 мм). Размеры и форма образцов для испытаний представлены на рис. 3. Всего для испытаний было изготовлено три образца.

Схема испытаний представлена на рис. 4.

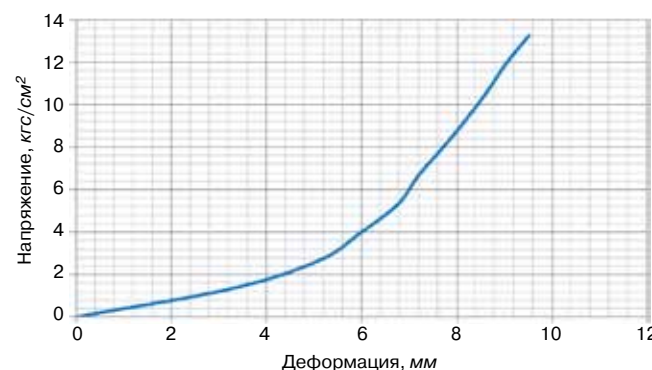


Рис. 2. Диаграмма $\sigma = f(\epsilon)$ фрагмента кладки из газобетонных блоков на ППУ-клею

Таблица 4

Материал склейки балки	Разрушающая нагрузка, Н	Характер разрушения
ППУ-клей	9 150	Разрушение по шву по одной плоскости

Таблица 5

№ образца	Разрушающая нагрузка, Н	Прочность на срез по клеевому слою, МПа	Характер разрушения
1	1330	0,33	Срез по блокам из газобетона
2	1150	0,29	
3	1150	0,29	
Среднее	1210	0,3	

Испытания проводили на прессе гидравлическом ПГ-100 с применением электронного динамометра ДОУ-3-2И для фиксации незначительных усилий, находящихся у ПГ-100 в зоне неустойчивых показаний. Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Усилие на срез по кладочному шву. Размеры и форма образцов для испытаний на срез по кладочному шву, выполненному из ППУ-клея, представлены на рис. 5. Испытания были выполнены на трех образцах.

Испытания проводили на прессе гидравлическом ПГ-100 с применением электронного динамометра ДОУ-3-2И для фиксации незначительных усилий, находящихся у ПГ-100 в зоне неустойчивых показаний (рис. 5, б).

Результаты испытаний образцов на срез по клеевому слою приведены в табл. 5.

Адгезия ППУ-клея к бетону. Определение адгезии материала кладочного шва к бетону проведено на трех образцах. Размеры и форма образцов, а также схема испытаний рис. 6.

Испытания проводили на испытательной машине Н50К-Т со скоростью нагружения 5 мм/мин. Образцы перед проведением испытаний выдерживались в течение 3 сут. Результаты испытаний образцов на адгезию (прочность сцепления) приведены в табл. 6. Проведенные прочностные испытания свидетельствуют, что:

– средний предел прочности сжатия кладки из газобетонных блоков (класса по прочности при сжатии В2) на полиуретановом клею составил 13,1 кгс/см²;

– расчетное сопротивление кладки из газобетонных блоков класса по прочности при сжатии В2 на полиуретановом клею сжатию R составило 6 кгс/см²;

– полученное при испытаниях значение расчетного сопротивления сжатию R кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клею (5,8 кгс/см²) численно соответствует расчетным сопротивлениям сжатию кладки из ячеисто-бетонных блоков автоклавного твердения на цементно-песчаном растворе марок от М4 (5,5 кгс/см²) до М10 (6,5 кгс/см²) согласно данным табл. 6.6 СТО 501-52-01–2007. Часть I. «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации»;

– характер поведения зависимости $\sigma = f(\epsilon)$ (рис. 2) показывает наличие трех характерных участков: первый – значительных деформаций при незначительных нагрузках; второй – упругих деформаций; третий – разрушения кладки;

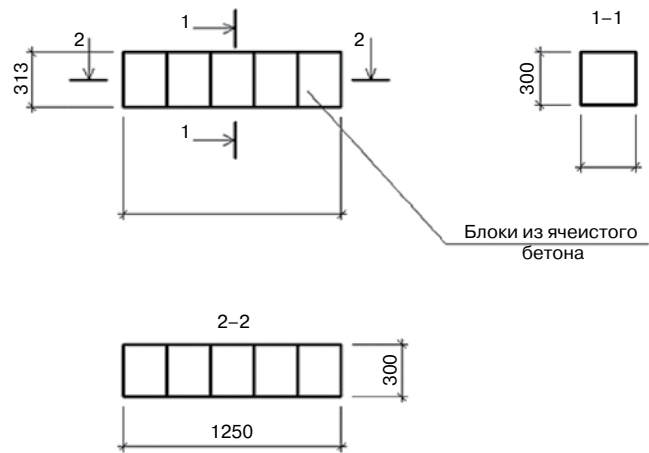


Рис. 3. Образец из пяти фрагментов блоков для определения растяжения балки при изгибе. Источник: [13]

Таблица 6

№ образца	Разрушающая нагрузка, Н	Прочность сцепления (адгезия), МПа	Характер разрушения
1	1484	0,15	Скалывание по углам образца газобетона
2	1280	0,13	
3	1386	0,14	
Среднее	1383	0,14	

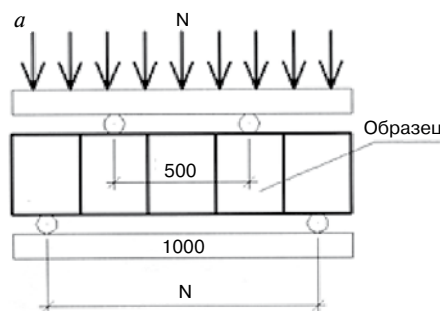


Рис. 4. Схема (а) и стенд для проведения испытаний (б) балок на изгиб

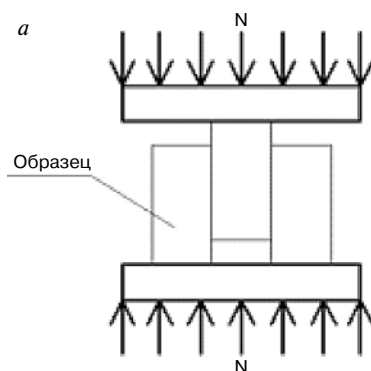


Рис. 5. Схема склейки трех призм из бетона для определения касательного сцепления материала кладочного шва (а) и стенд для испытаний материала кладочного шва и бетона на срез (б)

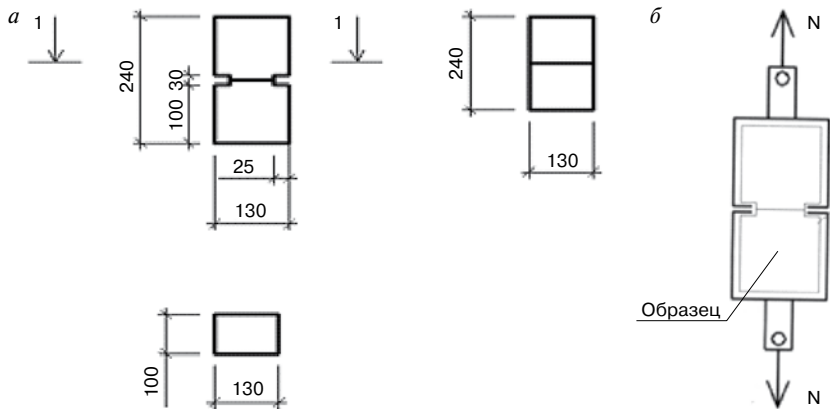


Рис. 6. Склейка двух образцов бетона для определения адгезии (а) и схема испытаний кладочного шва на растяжение (б)

- первый участок деформирования кладки обусловлен высокой деформативностью полиуретановой пены, заполняющей горизонтальные швы кладки;
- первые трещины в кладке возникают в конце первого – начале второго участка деформирования кладки (рис. 2);
- касательное сцепление (срез) материала кладочного шва (ППУ-клея) и бетона составляет 0,3 МПа;
- нормальное сцепление (адгезия) материалов кладочного шва (ППУ-клея) и бетона составляет 0,14 МПа;
- значительные деформации кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клею, возникающие при малых нагрузках, не позволяют рекомендовать данную технологию кладки в случае возведения несущих стен зданий;
- кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клею рекомендуется использовать при возведении ненесущих внутренних и наружных стен зданий при соответствующем расчетном обосновании.

Результаты сравнительных испытаний фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва (цементно-песчаного раствора, цементного клея для газобетона и ППУ-клея) представлены в работе [14]. Результаты испытаний показывают, что характеристики кладки на ППУ-клею (прочность при сжатии, растяжение при изгибе, нормальное и касательное сцепление) практически не отличаются от аналогичных показателей, полученных при испытаниях фрагментов кладки, выполненных на цементно-песчаном растворе и цементном клею для газобетона. При этом для кладки на ППУ-клею прочность при сжатии, растяжение при изгибе и касательное сцепление (срез) выше, чем у кладки на цементно-песчаном растворе.

Теплофизические испытания

Испытания с целью определения сопротивления теплопередаче фрагмента кладки из газобетонных блоков на ППУ-клею проводились в испытательной лаборатории строительных материалов ООО ФПГ «РОССТРО–ПКТИ»³.

Габаритные размеры испытываемого фрагмента кладки стены соответствуют требованиям п. 2.2 ГОСТ 26254–84 «Здания и сооружения. Методы опре-

деления сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций». Ширина и высота испытываемого фрагмента стены составила 2100 мм, толщина – 375 мм. Площадь поверхности испытываемого фрагмента стены A_{Σ} – 3,24 м², из них 3,227 м² площади поверхности фрагмента приходится на кладку из газобетонных блоков ($A_{г.б}$) и 0,013 м² на швы ($A_{шв}$).

По результатам испытаний фрагмента кладки в климатической камере согласно ГОСТ 26254 термическое сопротивление фрагмента стены толщиной 375 мм по глади R_{w2} составило 1,737 м²·°С/Вт при фактической равновесной весовой влажности газобетонных блоков 22%. Термическое сопротивление фрагмента стены в швах клад-

ки $R_{шв}$, выполненных из полиуретанового клея, составило 5 м²·°С/Вт.

В связи с тем, что при дальнейших испытаниях уменьшения влажности кладки не наблюдалось, испытания были прекращены. Определение термического сопротивления R_{w1} и приведенного сопротивления теплопередаче испытываемого фрагмента стены по глади стеновой конструкции R'_{σ} при равновесной весовой влажности 5% с учетом швов кладки из полиуретанового клея производили по методике⁴ согласно СП 23-101-2003 «Проектирование тепловой защиты зданий», EN 1745:2002 Masonry and masonry products. Methods for determining design thermal values, ГОСТ 31359, СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Расчет термического сопротивления фрагмента стены по глади при равновесной весовой влажности 5% производилось по формуле стандарта EN 1745:

$$\lambda_{w2} = \lambda_{w1} \cdot \exp[f_w \cdot (w_2 - w_1)], \quad (5)$$

где λ_{w1} – коэффициент теплопроводности изделий из автоклавного газобетона при равновесной влажности w_1 , Вт/(м·°С); λ_{w2} – коэффициент теплопроводности изделий из автоклавного газобетона при равновесной влажности w_2 , Вт/(м·°С); f_w – коэффициент, принятый согласно Приложению 10 EN 1745 для изделий из автоклавного газобетона равным 4 кг/кг.

Примечания:

1. Формула (5) из стандарта EN 1745 принята в ГОСТ 31359 для расчета коэффициентов теплопроводности в условиях эксплуатации А (при равновесной весовой влажности изделий 4%) и Б (при равновесной весовой влажности изделий 5%) ячеисто-бетонных изделий автоклавного газобетона.

2. В Приложении Д СП 23-101 для ячеистых бетонов марок по плотности D400–D600 массовое отношение влаги в материалах для условий эксплуатации А и Б принято соответственно равным 8 и 12%.

Примем в качестве w_2 значение фактической равновесной влажности 22%, при которой было измерено термическое сопротивление фрагмента стены R_{w2} в климатической камере; w_1 – значение равновесной влажности 5%, при которой требуется определить термическое

³ Результаты теплотехнических испытаний фрагмента кладки толщиной 375 мм из блоков стеновых неармированных из ячеистого бетона автоклавного твердения Н+Н марки по плотности D400 на полиуретановом клею Soudabond-EASY от 06.03.2012. Санкт-Петербург: Испытательная лаборатория строительных материалов ООО ФПГ «РОССТРО–ПКТИ».

⁴ Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Расчет приведенного сопротивления теплопередаче по глади стены фрагмента кладки из газобетонных блоков марки по плотности D400 на полиуретановом клею при равновесной весовой влажности ячеистого бетона 5% на основании лабораторных испытаний фрагмента в климатической камере по ГОСТ 26254». Институт материалов и технологий Объединенного научно-технологического института ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

сопротивление фрагмента стены для условий эксплуатации Б согласно ГОСТ 31359.

Тогда из формулы (5) определим значение коэффициента теплопроводности изделий из автоклавного газобетона λ_{w1} при равновесной влажности 5%:

$$\lambda_{w1} = \frac{\lambda_{w2}}{\exp[f_w \cdot (w_2 - w_1)]} \quad (6)$$

Обозначения в формуле (2) те же, что и в формуле (1).

По формуле (6) СП 23-101 с учетом полученной выше формулы (6) рассчитаем термическое сопротивление испытываемого фрагмента стены при равновесной влажности изделий в кладке 5% R_{w1} :

$$\begin{aligned} R_{w1} &= \frac{\delta}{\lambda_{w1}} = \frac{\delta}{\lambda_{w2} / \exp[f_w \cdot (w_2 - w_1)]} = \delta \cdot \frac{\exp[f_w \cdot (w_2 - w_1)]}{\lambda_{w2}} = \\ &= \delta \cdot \frac{\exp[f_w \cdot (w_2 - w_1)]}{\delta / R_{w2}} = R_{w2} \cdot \exp[f_w \cdot (w_2 - w_1)] = \\ &= 1,737 \cdot \exp[4 \cdot (0,22 - 0,05)] = 3,43 \text{ (м}^2 \cdot \text{C/Вт)}, \quad (7) \end{aligned}$$

где δ – толщина испытываемого фрагмента кладки, 0,375 м; λ_{w1} , λ_{w2} , w_1 , w_2 , f_w – то же, что и в формуле (5); R_{w2} – фактическое измеренное в климатической камере значение термического сопротивления испытываемого фрагмента стены при равновесной весовой влажности $w_2 = 22\%$, $\text{м}^2 \cdot \text{C/Вт}$.

Рассчитанное по формуле (7) значение термического сопротивления фрагмента стены относится к кладке без учета швов. С учетом геометрических размеров испытываемого фрагмента: $A_{\Sigma} = 3,24 \text{ м}^2$; $A_{г.б} = 3,227 \text{ м}^2$; $A_{шв} = 0,013 \text{ м}^2$, а также рассчитанного значения термического сопротивления фрагмента стены $R_{w1} = 3,43 \text{ м}^2 \cdot \text{C/Вт}$ и измеренного значения термического сопротивления кладки в швах кладки $R_{шв} = 5 \text{ м}^2 \cdot \text{C/Вт}$ рассчитаем по формуле (10) СП 23-101 значение термического сопротивления R_k испытываемого однородного фрагмента стены с учетом швов кладки из полиуретанового клея:

$$R_k = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{R_i}} = \frac{A_{\Sigma}}{\frac{A_{г.б}}{R_{г.б}} + \frac{A_{шв}}{R_{шв}}} = \frac{3,24}{\frac{3,227}{3,43} + \frac{0,013}{5}} = 3,44 \text{ (м}^2 \cdot \text{C/Вт)}. \quad (8)$$

По формуле (8) СП 23-101 рассчитаем приведенное сопротивление испытываемого фрагмента стены по глади стеновой конструкции R_o^r при равновесной весовой влажности изделий из газобетона в кладке 5%:

$$R_o^r = R_{si} + R_k + R_{se} = \frac{1}{8,7} + 3,44 + \frac{1}{23} = 3,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{C/Вт)}, \quad (9)$$

где $R_{si} = 1/\alpha_{int}$; α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый для стен по табл. 7 СНиП 23–02 равным $8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{C}$; R_k – термическое сопротивление испытываемого фрагмента стены с учетом швов кладки, $\text{м}^2 \cdot \text{C/Вт}$; $R_{se} = 1/\alpha_{ext}$; α_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, принимаемый для стен по табл. 8 СП 23-101 равным $23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{C)}$.

Таким образом:

- расчетное значение термического сопротивления фрагмента стены толщиной 375 мм из газобетонных блоков марки по плотности D400 на полиуретановом клею при равновесной весовой влажности изделий в кладке 5% R_{w1} составило $3,44 \text{ м}^2 \cdot \text{C/Вт}$;

- расчетное значение сопротивления теплопередаче фрагмента стены из газобетонных блоков марки по плотности D400 для условий эксплуатации «Б» (при равновесной весовой влажности изделий в кладке стен 5%) с учетом швов кладки, выполненных из полиуретанового клея, по глади стеновой конструкции (см. примечание 1 ниже) составило $3,6 \text{ м}^2 \cdot \text{C/Вт}$.

Примечания:

1. При расчете приведенного сопротивления теплопередаче кладки из ячеисто-бетонных изделий на полиуретановом клею по глади рассматриваемого фрагмента не были учтены иные теплопроводные включения (оконные и дверные откосы, оконные и дверные перемычки, гибкие или жесткие связи для крепления облицовочного слоя, анкеры для крепления утеплителя к кладке, диски плит перекрытий, межэтажные и подкровельные армопояса и т. п.).

2. Равновесная весовая влажность 5% для ячеистых бетонов автоклавного твердения принята согласно примечанию к п. 3.15 ГОСТ 31359.

Выводы по комплексу проведенных испытаний

1. Использование пенополиуретанового клея для скрепления газобетонных блоков в кладке стен технически осуществимо и экономически целесообразно.

2. Экономическая целесообразность данного типа кладки обусловлена тремя составляющими:

- более высокой производительностью работ при монтаже кладки;

- более низкой стоимостью возведения 1 м^3 кладки при существующем соотношении цен на полиуретановый клей и цементные составы;

- более высокими теплоизоляционными свойствами кладки на ППУ-клею по сравнению с кладкой на цементном растворе или тонкослойном цементном клею, а следовательно, и более низкими потерями тепловой энергии в течение отопительного периода.

3. Теплотехнические свойства фрагментов стен толщиной 375 мм, выполненных из газобетонных блоков на ППУ-клею, соответствуют нормативным требованиям к уровню теплоизоляции (сопротивлению теплопередаче наружных стен) для большинства регионов Российской Федерации и Республики Беларусь.

4. Предел огнестойкости испытанной перегородки из газобетонных блоков (толщиной не менее 100 мм) марки по плотности D400 на ППУ-клею составил EI 150.

5. Кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клею допускается использовать при возведении несущих внутренних и наружных стен зданий, в том числе при заполнении наружных проемов каркасно-монолитных зданий с поэтажным опиранием кладки на несущие монолитные перекрытия, при соответствующем расчетном обосновании.

При проведении испытаний были выявлены некоторые ограничения для предложенной технологии возведения кладки, а именно:

- испытаний, проведенных при центральном сжатии испытываемых фрагментов кладки, недостаточно для рекомендации данного типа кладки при возведении несущих стен зданий;

- кладка на ППУ-клею затруднена при работе на открытой местности в условиях сильных порывов ветра (свыше 5 м/с), так как при данных скоростях ветра пена, нанесенная на горизонтальную поверхность блоков в кладке, может скатываться до установки последующего (верхнего) ряда кладки.

Для получения однозначного вывода о возможности или невозможности использования данного типа кладки при возведении несущих стен зданий требуются до-

полнительные испытания, в том числе при внецентренном сжатии фрагментов кладки.

Кроме того, требуются разъяснения производителей ППУ-клея по поводу возможности его применения в кладке наружных стен зданий, ожидаемых сроков службы ППУ-клея в конструкциях стен, а также способов защиты клея от ультрафиолетового облучения и перепадов температур (зима – лето).

До получения данных о сроке службы полиуретанового клея в наружных стенах зданий наиболее целесообразно его использование во внутренних перегородках с последующей отделкой стен (защищающей в том числе полиуретановый клей от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей).

Результаты проведенных испытаний дали основание компании Н+Н представить на рынок фирменный полиуретановый клей для газобетона торговой марки Н+Н LimFix.

Список литературы

1. Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И., Куликова Н.О. Анализ рынка автоклавного газобетона России // *Строительные материалы*. 2013. № 7. С. 40–44.
2. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли // *Строительные материалы*. 2011. № 9. С. 44–47.
3. Гринфельд Г.И. Практика применения автоклавного газобетона в строительстве Санкт-Петербурга и Ленинградской области // *Сб. докладов IV научно-практического семинара: Применение изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения*. Екатеринбург: УрФУ, 2012. С. 58–62.
4. Парашенко Н.А., Горшков А.С. Частично-ребристые сборно-монолитные перекрытия с ячеистобетонными блоками // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 6. С. 50–55.
5. Горшков А.С., Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 3. С. 39–42.
6. Руководство по теплотехническому расчету наружных стеновых конструкций жилых и общественных зданий с применением изделия из ячеистого бетона автоклавного твердения в Российской Федерации. СПбГПУ: Изд-во Политехнического ун-та, 2011. 40 с.
7. Деркач В.Н., Орлович Р.Б. Трещиностойкость каменных перегородок // *Жилищное строительство*. 2012. № 8. С. 34–37.
8. Jager A., Kuhleemann C., E.Habian, M.Kasa, S.Lu Verklebung von Planziegelmauerwerk mit Poliurethankleben // *Mauerwerk 15*. 2011, Heft 4. P. 223–231.
9. Горшков А.С., Ватин Н.И. Свойства стеновых конструкций из ячеисто-бетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клею // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 5. С. 5–19.
10. Горшков А.С., Никифоров Е.С., Ватин Н.И. Инновационная технология возведения стен из газобетонных блоков на полиуретановый клей // *Технологии бетонов*. 2013. № 11. С. 40–45.
11. Горшков А.С., Ватин Н.И. Инновационная технология возведения стеновых конструкций из газобетонных блоков на полиуретановый клей // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2013. № 8. С. 20–28.
12. Леонтьев Н.Л. *Техника статистических вычислений*. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Лесная промышленность, 1966. 250 с.
13. Грановский В.Л., Джамуев Б.К. Испытания стеновых конструкций из ячеисто-бетонных блоков на сейсмические воздействия // *Научно-практическая конференция «Современное производство автоклавного газобетона»: Сб. докладов*. СПб. 2011. С. 109–115.
14. Гринфельд Г.И., Харченко А.П. Сравнительные испытания фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва // *Жилищное строительство*. 2013. № 11. С. 30–34.

References

1. Vishnevskiy A.A., Grinfeld G.I., Kulikova N.O. Analysis of the AAC market of Russia. *Stroitel'nye materialy [Construction Materials]*. 2013. No. 7, pp. 40–44.
2. Levchenko V.N., Grinfeld G.I. Production of AAC in Russia: prospects of development of subsector // *Stroitel'nye materialy [Construction Materials]*. 2011. No. 9, pp. 44–47.
3. Grinfeld G.I. Practice of application of AAC in construction of St. Petersburg and the Leningrad region. *Collection of reports of 4-th sci.–pract. seminar: Application of AAC products*. Ekaterinburg: UrFU. 2012, pp. 58–62.
4. Parashchenko N.A., Gorshkov A.S. Partial ridge monolithic overlappings with AAC-blocks. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2011. No. 6, pp. 50–55.
5. Gorshkov A.S., Gladkikh A.A. Influence the mortar layers on parameters of heattechnical uniformity of walls from an AAC-blocks. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2010. No. 3, pp. 39–42.
6. The guide to heattechnical calculation of external wall designs of residential and public buildings with product application from AAC in the Russian Federation. SPbGPU: Publishing house of Polytechnic university. 2011. 40 p.
7. Derkach V.N., Orlovich R.B. Crack resistance of masonry partitions // *Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2012. No. 8, pp. 34–37.
8. Jager A., Kuhleemann C., E.Habian, M.Kasa, S.Lu Verklebung von Planziegelmauerwerk mit Poliurethankleben. *Mauerwerk 15*. 2011. Heft 4, pp. 223–231.
9. Gorshkov A.S., Vatin N.I. Properties of wall from the AAC on polyurethane glue // *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2013. No. 5, pp. 5–19.
10. Gorshkov A.S., Nikiforov E.S., Vatin N.I. Innovative technology of construction of walls from AAC blocks on polyurethane glue. *Tekhnologii betonov*. 2013. No. 11, pp. 40–45.
11. Gorshkov A.S., Vatin N.I. Innovative technology of construction of walls from AAC blocks on polyurethane glue // *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy*. 2013. No. 8, pp. 20–28.
12. Leont'ev N.L. *Tekhnika statisticheskikh vychislenii. Izdanie vtoroje, ispravlennoe i dopolnennoe* [Equipment of statistical calculations. The second edition. Corrected and added]. Moscow: «Lesnaya promyshlennost'». 1966. 250 p.
13. Granovskii V.L., Dzhamuev B.K. Tests of wall structures from the AAC blocks on seismic influences. *Scientific and practical conference «Modern Production of an Autoclave Gas Concrete»: collection of reports*. Saint-Petersburg. 2011, pp. 109–115.
14. Grinfeld G.I., Kharchenko A.P. Comparative tests of fragments of a masonry from an AAC with various layers // *Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2013. No. 11. С. 30–34.

А.Н. КУЗНЕЦОВ, инженер

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

Опыт практического применения принципов бережливого производства на предприятии строительной индустрии

Единственная возможность избежать падения прибыли в условиях жесткой конкуренции – снизить затраты производства. На помощь предприятию в этом случае приходит система бережливого производства. Переход от обычного производства к бережливому знаменует собой полный пересмотр основ организации как производственных отношений внутри предприятия, так и отношений с поставщиками и потребителями. Рассмотрен пример подобной организации производства на предприятии, производящем газобетон автоклавного твердения. Описан опыт применения производственной системы ГАЗ, представлены примеры использования инструментов бережливого производства в условиях изготовления строительных материалов.

Ключевые слова: производственная система ГАЗ, бережливое производство, газобетон автоклавного твердения.

A.N. KUZNETSOV, Engeneer, Ivanovo State Polytechnical University (20, 8 Marta Street, Ivanovo, 153037, Russian Federation)

Experience in the Practical Use of Principles of Lean Production at Building Industry Enterprises

The only possibility to avoid the fall in profit under severe competition conditions is reducing the production expenses. In this case the system of lean production comes to help the enterprises. The transition from conventional production to lean marks a complete revision of the foundations of the organization both of production relations within the enterprise, and relations with suppliers and consumers. An example of such organization of production at an enterprise manufacturing the gas concrete of autoclave hardening is considered. An experience in the use of production system GAZ is described; examples of using the lean production instruments under conditions of building materials production are presented.

Keywords: production system GAZ, lean production, gas concrete of autoclave hardening.

Не секрет, что для любого производителя главной задачей управления предприятием является задача максимизации прибыли. Благоприятные условия недавнего прошлого – высокий потребительский спрос при недостаточном предложении строительного материала способствовали тому, что цена на товар устанавливалась исходя из затрат предприятия на производство продукции путем добавления зачастую никак не обоснованной накрутки. Однако с течением времени рыночная ситуация изменилась. Сегодня строительный рынок постепенно входит в режим перенасыщения. Предложения различных производителей стимулируют конкуренцию, а ситуация, в которой предложение превышает спрос, приводит к вынужденному падению рыночной цены и, как следствие, к падению прибыли предприятия. В условиях жесткой конкуренции, сложившейся на рынке строительных материалов, на первое место начинает выходить качество и стоимость предлагаемого продукта. Производителям приходится забыть о распределительной системе реализации. Если принять во внимание, что производители газобетона в стране достигли определенного равенства в качестве и ассортименте выпускаемого газобетона, назрела необходимость снижения себестоимости. Единственная возможность в таких условиях избежать падения прибыли – снизить затраты производства, поскольку цены на сырье и ресурсы также определяются рыночной ситуацией. Переход от обычного производства к бережливому [1–3] знаменует собой полный пересмотр основ организации как производственных отношений внутри предприятия, так и отношений с поставщиками и потребителями.

Когда менеджерам ООО «Главстрой-Усть-Лабинск» (Краснодарский край, г. Усть-Лабинск) предложили пройти обучение принципам бережливого производства на нижегородском автогиганте ГАЗ, возникло сомнение в его целесообразности: производство газобетонных блоков разительно отличается от производства малотоннажных грузовиков. Как можно переносить методики с конвейерного производства на производство строительных материалов, тем более что при производстве автоклавного газобетона применяются самые современные технологии? С первых занятий стало по-

нятно, что не важно, какой продукт или услугу предлагает предприятие на рынке, принципы бережливого производства универсальны [1]. В каждой отрасли существуют предприятия, активно развивающие производственные системы. Были представлены удачные примеры внедрения в машиностроении, авиации, сельском хозяйстве, пищевой промышленности. Сегодня даже Кубанский казачий хор работает по принципам бережливого производства.

В основе производственной системы, развиваемой ГАЗ, является система японского автогиганта Toyota. Именно производственная система Toyota (Toyota production system – TPS), обросшая опытом многочисленных компаний и многократно подтвержденная феноменальными практическими результатами, легла в основу бережливого производства.

Принципы ПС «ГАЗ» заключены в четырех основных положениях.

Люди – самый ценный актив. Можно купить новые технологии и оборудование, и необученные люди приведут их в негодность. Нельзя рассматривать работника как «пару рук». Благоприятные условия раскрывают неограниченные способности людей. Поэтому самые выгодные инвестиции – в развитие работников предприятия. Именно они будут развивать остальные факторы производства – оборудование, методы, материалы.

Культура непрерывных усовершенствований. «Кайзен» – создание культуры, побуждающей к непрерывным усовершенствованиям каждый день, на каждом рабочем месте приводящей к повышению эффективности всей компании.

Все внимание на производственную площадку. Невозможно знать и решать проблемы, сидя за столом в кабинете. Это нужно делать только находясь на производственной площадке и видеть все своими глазами.

Самый лучший урок – практические занятия в условиях действующего производства. После двух смен изучения конвейерного производства в рамках одного участка при помощи опытных наставников приходит понимание модернизации процессов на основе хронометража операций. Несколько часов анализа – и готова схема нового размещения комплектующих для уменьшения времени

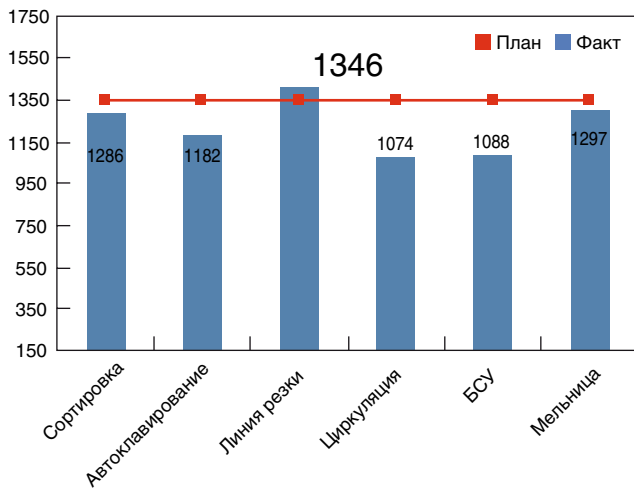


Рис. 1. Производительность основной технологической линии по участкам в 2012 г.

их установки; перераспределение операций между работниками бригады позволило устранить пересечения траекторий их перемещений. Иное размещение установочного монтажного стенда, дополнительный инструмент, специальные подвесы для шуруповертов – все эти мероприятия значительно сократили время сборки на данном участке. Именно на практике осознаешь важность вовлечения работников всех уровней в процесс непрерывного совершенствования.

Применение полученных знаний в производстве строительных материалов. Первоначальный анализ производства рабочей группой выявил несколько проблем. Хронометраж такта участков показал отставание части ключевых из них по пропускной способности (рис. 1). В условиях поточности производства вся мощность предприятия фактически сводилась к мощности наименее производительного участка. В рассматриваемом случае такими участками стали: участок циркуляции форм, участок БСУ.

Очень важным на этом этапе стало вовлечение операторов в процесс усовершенствования. Помимо материального стимулирования в виде премий за наилучшие показатели месяца были введены индивидуальные надбавки за профмастерство и поощрения за предложения по модернизации производства, сокращению времени такта участка. Результаты не заставили себя ждать. Уже через пару недель сотрудники стали вносить конкретные предложения. Например, на участке циркуляции форм было предложено перейти на увеличенную емкость со смазкой для форм. Если раньше для замены бочек с формовочным маслом требовалось от 20 до 40 мин в сутки остановки участка, то после замены тары и монтажа увеличенной стационарной емкости и вышки для опорожнения необходимость данной остановки отпала. Результат после внедрения – +30 м³ газобетона в сут. (рис. 2).

На участке БСУ одной из основных проблем стало отвлечение оператора на переключение шлангов системы подачи шламов на весовые дозаторы. За сутки эта операция проводилась 9–10 раз и приводила к остановке производства в среднем на 90 мин. Установка пневматиче-

ских приводов задвижек позволила сократить вдвое время действий оператора и увеличить производительность участка на 45 м³.

На участке упаковки сократили время маркировки продукции после установки автоматического принтера-маркиратора. Повысилась безопасность процесса – отпала необходимость нанесения маркировки вручную в зоне действия упаковочных машин.

Особенно трудоемким стал процесс оптимизации работы участка автоклавирования. Потребовалось привлечение специалистов всех уровней, от главного технолога до слесаря-сантехника. В результате хронометража процесса автоклавной обработки газобетона рабочей группой были определены основные потери. Методом «мозгового штурма» работники предприятия составили план действий по выводу участка на необходимую производительную мощность. Для визуализации улучшений был применен способ натурального прибавления, то есть оценку каждого мероприятия планировали и оформляли по факту исполнения в прибавлении суточной производительности. Например, замена обратного клапана на автоклаве № 6 позволила ввести его в эксплуатацию, что принесло 204 м³ к суточной производительности участка. Положительных результатов удалось добиться также за счет оптимизации работы паровых котлов в системе и планомерной работы технолога по сокращению этапов обработки газобетона. В итоге удалось сократить время полного цикла с 12,3 до 11,4 ч, а это еще плюс 53 м³ в сутки.

Организация рабочих мест по системе 5S [4, 5] позволила сократить время на поиск необходимого инструмента и приспособлений. Методика организации рабочих мест 5S – очень простой для понимания и очень эффективный инструмент совершенствования рабочего места. В условиях напряженного графика производственной деятельности работники перестают обращать внимание на такие мелочи, как беспорядок, грязь, лишние вещи и т. п. Между тем это никак не добавляет ни эффективности действиям персонала, ни безопасности самому производству. Система 5S определяет пять четких правил наведения порядка на рабочих местах: сортируй, соблюдай порядок, содержи в чистоте, стандартизируй, совершенствуй. Соблюдение этих правил существенно повышает качество работы, уро-

Было	Стало	Действия
		Переход на увеличенную емкость со смазкой для форм +30 м ³ в сутки
		Замена ручных задвижек на пневматические +45 м ³ в сутки

Рис. 2. Примеры усовершенствований, выполненных по инициативе работников

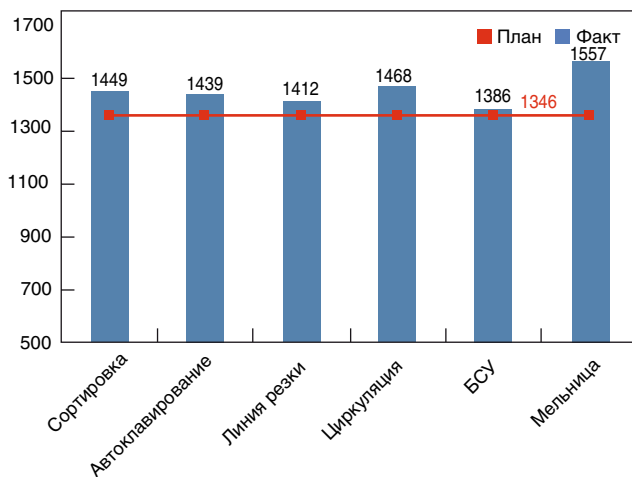


Рис. 3. Производительность основной технологической линии в 2013 г.

вень производственной культуры и приводит к сокращению потерь на беспорядочные движения. Действуя в рамках системы, на каждом участке были оборудованы щиты, на которых нанесены контуры предметов, – оператор всегда быстро находит необходимое приспособле-

ние. Определены места хранения шанцевого инструмента, стремянок. Многие приспособления изготовлены по эскизам операторов, сопричастность в важном деле совершенствования производства – немаловажный стимул для работника.

В итоге спустя 3 мес работы по принципам бережливого производства с максимальным вовлечением всех работников удалось не только подтянуть отдельные участки по производительности к среднесуточной выработке, но и в целом увеличить производительность предприятия (рис. 3).

В мае 2013 г. в г. Краснодаре прошла конференция «Современный автоклавный газобетон» [6]. Частью программы было посещение предприятия по производству газобетонных изделий ООО «Главстрой–Усть-Лабинск». Специалистам более чем из 30 регионов России и зарубежья устроили экскурсию по производству. Немалое удивление и массу вопросов вызвала внедренная система бережливого производства. Специалисты завода с энтузиазмом рассказали о преимуществах новой формы работы предприятия. После двухлетней практики сомневающихся не осталось – каждый работник, от генерального директора до подсобного рабочего, понимает необходимость работы по принципам производственной системы.

Список литературы

1. Клочков Ю.П. «Бережливое производство»: понятия, принципы, механизмы. *Инженерный вестник Дона*. 2012. Т. 20. № 2. С. 429–437.
2. Вдовина Т.Е., Сабанова В.И., Васильев В.Л. Бережливое производство на предприятии: основные принципы обеспечения конкурентоспособности и управления затратами. *Вестник экономики, права и социологии*. 2009. № 1. С. 26–29.
3. Ажлуни А.М., Ковалева С.А. О методологии внедрения принципов бережливого производства в контексте управления развитием региональных предпринимательских комплексов. *Регион: системы, экономика, управление*. 2012. № 2. С. 91–93.
4. Хироюки Х. 5S для рабочих: как улучшить свое рабочее место / Пер. с англ. М.: ИКСИ, 2007. 168 с.
5. Антонова И.И. Оценка культуры производства с позиций системы «5S». *Экономика и предпринимательство*. 2014. № 1–2. С. 617–619.
6. Автоклавный газобетон – надежный и долговечный материал для жилищного и гражданского строительства. *Строительные материалы*. 2013. № 7. С. 38–39.

References

1. Klochkov Yu.P. «Lean production»: concepts, principles, mechanisms. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2012. Vol. 20. № 2, pp. 429–437. (In Russian).
2. Vdovina T.E., Sabanova V.I., Vasil'ev V.L. Lean manufacturing enterprise: the basic principles of competitiveness and cost management. *Vestnik ekonomiki, prava i sotsiologii*. 2009. No. 1, pp. 26–29. (In Russian).
3. Azhluni A.M., Kovaleva S.A. The methodology of lean principles in the context of regional development management business complexes. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie*. 2012. No. 2, pp. 91–93. (In Russian).
4. Khiryuki Kh. 5S dlya rabochikh: kak uluchshit' svoe rabochee mesto [5S for workers: how to improve your workplace] / translation. from English. Moscow: IKSI, 2007. 168 p.
5. Antonova I.I. Evaluation of culture from the standpoint of production system «5S». *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2014. No. 1–2, pp. 617–619. (In Russian).
6. Autoclaved aerated concrete is a reliable and durable material for housing and civil construction. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials]. 2013. No. 7, pp. 38–39. (In Russian).

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА



А.В. Ушеров-Маршак

БЕТОНОВЕДЕНИЕ лексикон

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2009. 112 с.

Издание подготовлено в виде толкового словаря, ориентированного на формирование понятийно-терминологического аппарата бетоноведения – одной из динамично развивающихся, сложных и специфических областей материаловедения. Учтены тенденции международной интеграции науки о бетоне и его технологии.

«Бетоноведение: лексикон» содержит более 650 терминов и понятий, 150 аббревиатур международно признанных словосочетаний, наиболее часто употребляемых в профессиональной научно-технической литературе и нормативных документах. Особенность издания состоит в насыщенности информацией физико- и коллоидно-химического характера в связи с возрастающей ролью этих знаний при обосновании составов, структур, свойств, технологических процессов получения и службы бетона.

Издание рассчитано на широкий круг представителей науки, образования, в том числе учащихся вузов и колледжей, практики строительной сферы.

Книгу можно заказать с сайта издательства www.rifsm.ru

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

УДК 691:666.291.1

Т.М. АРГЫНБАЕВ¹, генеральный директор, З.В. СТАФЕЕВА¹, заместитель генерального директора по качеству; Е.В. БЕЛОГУБ², д-р геол.-мин. наук

¹ ЗАО «Пласт-Рифей» (Челябинская обл., 457020, г. Пласт, Магнитогорский тракт, 1)

² Институт минералогии УрО РАН (Челябинская обл., 456317, г. Миасс, Ильменский заповедник)

Месторождение каолинов Журавлиный Лог – комплексное сырье для производства строительных материалов

В качестве основных продуктов переработки каолина-сырца ЗАО «Пласт-Рифей» выпускает каолиновый концентрат, метакраолин, кварцевые пески и кварцевую муку для различных отраслей промышленности. Для каолинового концентрата Журавлиный Лог характерно наличие основного породообразующего минерала – каолинита (89–92%), кварца (5–7%), микроклина (менее 4%), а также присутствие неупорядоченной смектитовой фазы и аморфной составляющей в виде алюмокремнегелей. При обжиге не исключено получение смеси продуктов, например метакраолина и недообожженных частиц, которые будут иметь структуру каолинита с присутствием высокотемпературных кристаллических фаз. При получении метакраолина в производственных условиях ЗАО «Пласт-Рифей» проведен сравнительный анализ с аналогами, представленными на российском рынке. Исследовано поведение и свойства образцов метакраолина различных производителей. Проведенные исследования позволили сделать вывод об эффективности использования метакраолина производства ЗАО «Пласт-Рифей» в качестве пуццолановой добавки в цементные материалы.

Ключевые слова: метакраолин, сухие смеси, пуццолановая активность, добавки в бетон.

T.M. ARGYNBAEV¹, General Director, Z.V. STAFEEVA¹, Deputy General Director for quality; E.V. BELOGUB², Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy)

¹ "Plast-Rifey" CJSC (1, Magnitogorsky trakt, 457020, Plast, Chelyabinsk Region, Russian Federation)

² Institute of Mineralogy, Ural Division, Russian Academy of Sciences (Ilmsensky Zapovednik, 456317, Miass, Chelyabinsk Region, Russian Federation)

Deposit of Kaolins «Zhuravliny Log» – Complex Raw Materials for Manufacture of Building Materials

As main products of raw kaolin processing "Plast-Rifey" CJSC produces kaolin concentrate, metakaolin, quartz sands and silica powder for various industry branches. Kaolin concentrate Zhuravliny Log is characterized by the availability of main rock-forming mineral kaolinite (89–92%), quartz (5–7%), microcline (less than 4%), and the presence of disordered smectite phase and amorphous component in the form of aluminosilica gel. In the course of burning the production of the mixture of products, metakaoline and underburned particles for example, which have the structure of kaolinite with the presence of high temperature crystal phases is not excluded. In the course of kaoline manufacture under production conditions of "Plast Rifey" CJSC a comparative analysis of analogues presented at the Russian market has been made, at the same time the behavior and properties of samples of kaoline of different manufacturers have been studied. This study made it possible to conclude about the efficiency of the use of metakaoline produced by "Plast-Rifey" CJSC as a pozzolanic additive to cement materials.

Keywords: metakaoline, dry mixes, pozzolanic activity, additives to concrete.

Минеральные добавки в настоящее время являются обязательными компонентами строительных растворов, сухих строительных смесей и бетона, позволяющими получать строительные материалы с заданными технологическими свойствами. Природа происхождения минеральных добавок различна, они могут быть отходами какого-либо производства или же продуктами обогащения природного сырья с четко заданными технологическими свойствами. На территории РФ ЗАО «Пласт-Рифей» является поставщиком продуктов требуемого качества на основе каолина и кварцевого песка. Компания работает на каолин- и кварцсодержащем сырье месторождения Журавлиный Лог (Челябинская обл.). Уникальность этого месторождения заключается в содержании каолинов, различающихся по химическому и минералогическому составу, а также кварцевых песков с минимальным содержанием красящих оксидов, что позволяет заводу выпускать не только качественные каолиновые и кварцевые концентраты, но и смеси песка и каолина.

В качестве основных продуктов переработки каолина-сырца ЗАО «Пласт-Рифей» выпускает каолиновый концентрат, метакраолин, кварцевые пески и кварцевую муку для различных отраслей промышленности. Кварцевый песок получается при дроблении и соответствует ГОСТ 8735–88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний», характеризуется светло-серым цветом, высокой прочностью зерен. Он пригоден в производстве сухих строительных смесей, растворов и других строительных материалов.

Для каолинового концентрата Журавлиный Лог характерно не только наличие основного породообразую-

щего минерала – каолинита (89–92%), кварца (5–7%), микроклина (менее 4%), но и неупорядоченной смектитовой фазы и аморфной составляющей в виде алюмокремнегелей. Обогащенный каолин обладает слабыми пуццолановыми свойствами. При правильном подборе технологии термообработки обогащенный каолин месторождения Журавлиный Лог является идеальным сырьем для производства метакраолина. Собственная сырьевая база ЗАО «Пласт-Рифей» проводит специальный подбор сырья для получения высококачественного метакраолина как по содержанию каолинита, так и по содержанию красящих оксидов титана и железа, которые определяют цветовые характеристики сырья и продуктов термической обработки.

Режимы термической обработки оказывают существенное влияние на активность метакраолина. Низкая температура обжига приводит к неполной дегидратации продукта, а высокая температура обжига приводит к спеканию и формированию муллита. Скорость дегидратации каолинов при одинаковых условиях нагревания зависит от природы главной составляющей части глинистого минерала (галлуазита, монтмориллонита и др.) и от дисперсности частиц [1].

Первое исследование реакционной способности каолина, предпринятое А.М. Соколовым в 1913 г. в Санкт-Петербурге, позволило установить интервал температуры 550–800°C, при достижении которой связи между ионами кристаллической решетки каолинита настолько слабеют, что ион алюминия может легко вымываться из нее 6% раствором HCl. Дальнейшее нагревание метакраолина (Al₂O₃·2SiO₂) приводит к образованию новых кристаллических фаз, термодинамически более устой-

Таблица 1

Компоненты	Содержание, %				
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Al ₂ O ₃	41,2	41,8	40,5	38,5	40,6
SiO ₂	51	50,7	52,9	48,6	51,3
Fe ₂ O ₃	0,9	0,6	1,2	2,2	0,7
TiO ₂	2,7	0,5	2	2,6	0,7
K ₂ O	0,1	0,8	0,8	0,7	1
CaO	0,2	следы	следы	1,1	следы
Na ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
MgO	0,2	0,4	0,2	0,9	0,2
ППП	0	1,1	0,6	4,5	5,3

чивых в новых условиях; s- и p- связи восстанавливаются, но в новых сочетаниях, благоприятствующих повышению прочности новых фаз, и ион алюминия снова оказывается нерастворимым в соляной кислоте.

Это наблюдение А.М. Соколова нашло промышленное применение. Умеренное прокаливание каолиновых глин с последующей обработкой соляной кислотой положено в основу промышленного извлечения алюминия из глины. Остаток каолинита после дегидратации (метакаолинит) способен вступать в реакцию с известью, но постепенно теряет эту способность (активность), находясь в естественных условиях, так как самопроизвольно регидратируется. Практическая сторона этого явления была известна уже древним римлянам, готовившим стойкий и прочный раствор из смеси свежeproкаленной глины и извести.

Для получения качественного метакаолина при выборе режима термообработки необходимо учитывать особенности исходного каолинового сырья, а также четко соблюдать регламент проведения прокаливания.

Пуццолановые свойства каолинита возникают в результате обжига минерала при температуре, превышающей температуру дегидратации. После потери гидроксидов структура каолинита изменится и, вероятно, частично разрушается. Именно в это время возникает его максимальная способность реагировать с известью. При более высокой температуре с образованием зародышей определенной кристаллической фазы (муллита) реактивная способность метакаолина начинает снижаться. Заслуживает внимание то обстоятельство, что дегидратация (12,2%) каолина может осуществляться при 600°C за 10 мин; оставшиеся 1,2% воды уходят значительно медленнее – за 20 мин. Этот факт свидетельствует о неодинаковой прочности связи гидроксидов в решетке каолинита.

При обжиге не исключено получение смеси продуктов, например метакаолина и недообожженных частиц, которые будут иметь структуру каолинита с присутствием высокотемпературных кристаллических фаз. Это может повлиять на качество выпускаемой продукции, так как присутствие остаточного каолинита и вновь образованного муллита способствует резкому снижению активности метакаолина.

На ЗАО «Пласт-Рифей» проработан вопрос внедрения технологии бесконтактного обжига обогащенного каолина для получения метакаолина. Выбранный температурный режим и время обжига позволяют получать качественный метакаолин на основе каолинового концентрата месторождения

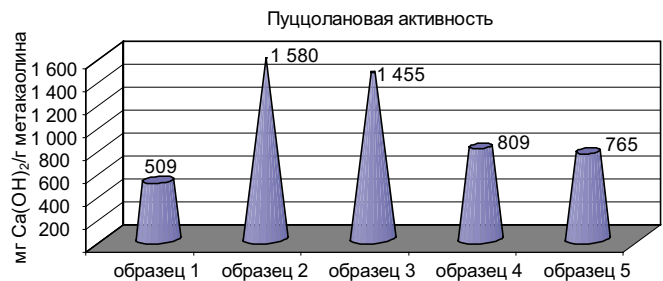


Рис. 1. Пуццолановая активность образцов метакаолина

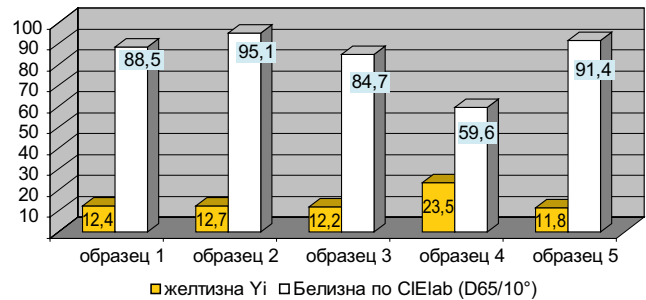


Рис. 2. Показатели цвета образцов

Журавлиный Лог [2]. При получении метакаолина в производственных условиях компании проведен сравнительный анализ с аналогами, представленными на российском рынке, при этом было исследовано поведение и свойства образцов метакаолина различных производителей. Образцы 1, 3 и 5 – продукты зарубежных производителей; образец 2 – продукт ЗАО «Пласт-Рифей»; образец 4 – продукт российского предприятия. В табл. 1 представлен химический состав образцов метакаолина. Все образцы метакаолина, за исключением 4, содержат примеси в пределах 6–8%.

По минералогическому составу образцов метакаолина и содержанию аморфной составляющей выделяется образец производства ЗАО «Пласт-Рифей», который имеет максимум аморфной составляющей и минимум примесей (табл. 2).

Несмотря на высокую аморфизацию большей части образцов метакаолина, самый высокий показатель общей кислотной растворимости (ОКР) имеет образец № 2 (42,75). Несколько ниже показатели ОКР имеют 3-й и 4-й образцы (34,8 и 30,8). Минимальные значения ОКР

Таблица 2

Компонент	Содержание, %				
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Аморфная составляющая	91	92	65	83	52
Кварц	5,6	5	30	0	0,4
Слюда	0	2,9	2	1,1	1
Каолин	0	1	0	12	46
Муллит	3	0	0	4	0
Другие	Анатаз 5–6; стекло	Анатаз 1–2	Анатаз 3–4	Бемит; анатаз 3–4	Рутил

Таблица 3

Наименование	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O + Na ₂ O	CaO
Среднее содержание, %	98,5	0,5	0,15	0,1	0,2	0,1

имеют образцы № 1 и 5 (12,49 и 15,62). Все это свидетельствует о значительном разбросе активности исследуемых метаксаолинов и подтверждается данными по пуццолановой активности, которая определялась по поглощению СаО (рис. 1).

Приведенные выводы химического, рентгенофазового анализа и общей кислотной растворимости сопоставимы с результатами пуццолановой активности метаксаолина (рис. 1). Самый высокий показатель реакции с известью имеют образцы метаксаолина № 2 и 3; образцы 4, 5 и 1 имеют достаточно низкий показатель пуццолановой активности. Таким образом, можно сделать вывод об эффективности использования метаксаолина производства ЗАО «Пласт-Рифей» в качестве пуццолановой добавки в цементные материалы.

При производстве сухих строительных смесей в настоящее время большое внимание уделяется эстетическим требованиям, в том числе и цветовым показателям сырьевых компонентов, используемых в шихте. Наилучшие показатели цвета из представленных образцов характерны для образцов 2 и 5, немного ниже показатель белизны образцов 1 и 3; низкая белизна с высоким показателем желтизны у 4-го образца (рис. 2).

Гранулометрический (рис. 3) и дисперсный составы метаксаолина определяют его технологические свойства. Образцы метаксаолина 2, 3 и 5 имеют приблизительно одинаковый размер частиц – средний размер частиц d_{50} 9,96; 10,37 и 8,46 мкм соответственно. При этом кривые распределения образцов 2 и 3 имеют схожий характер, с большой однородностью материала, значительное его количество сосредоточено в узком диапазоне крупности. Средний размер частиц образца 1 ($d_{50}=4,308$) значительно ниже, чем у других образцов. Большое содержание крупных частиц отличает образец № 4 (средний диаметр частиц $d_{50}=12,41$).

Результаты сравнительных испытаний образцов метаксаолина различных производителей показывают, что технологические свойства неодинаковы и зависят прежде всего от исходного сырья, правильного выбора и четкого соблюдения технологических режимов обжига и измельчения.

Метаксаолин является смесью активного кремнезема и глинозема практически в равных пропорциях. Вещественный состав метаксаолина определяет его технологические свойства. Минеральная составляющая включает высокоактивные алюминатные и кремнийсодержащие вещества. При этом алюминатные составляющие обеспечивают высокий прирост прочности при сжатии и изгибе в ранние сроки твердения. Марочная прочность бетона достигается уже на трети суток твердения в нормальных условиях. Долговечность материала обеспечивает кремнийсодержащая часть добавки за счет регулирования структурообразования с изменением щелочной среды. По своей форме метаксаолин представляет пластинчатые частицы размером менее 20 мкм. Благодаря пластинчатой морфологии частиц метаксаолин положительно влияет на удобоукладываемость бетонной смеси, повышает ее устойчивость к водоотделению [3].

Метаксаолин является высокоэффективной добавкой–ускорителем гидратации и твердения цементного камня, а также модификатором структуры. Применение добавки метаксаолина месторождения Журавлиный Лог (ЖЛ) совместно с пластификатором при соблюдении дозировок приводит к формированию плотной, спаянной структуры цементного камня, что улучшает его физико-механические и химические свойства.

Введение метаксаолина в присутствии пластификатора приводит к получению материала повышенной плотности и коррозионной стойкости. Ранее проведенные исследования показали, что для получения наибольшего эф-

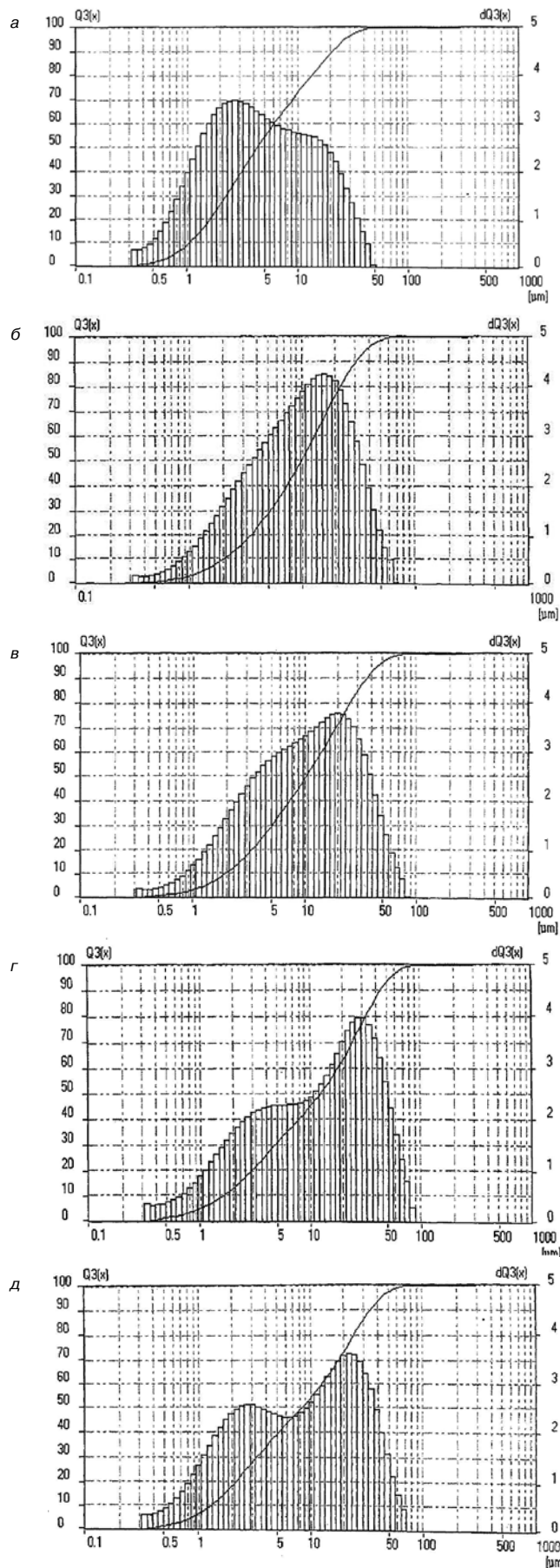


Рис. 3. Дисперсный состав образцов метаксаолина: а – образец 1 $d_{50}=4,308$; б – образец 2 $d_{50}=9,96$; в – образец 3 $d_{50}=10,37$; г – образец 4 $d_{50}=12,41$; д – образец 5 $d_{50}=8,46$

фекта ускорения твердения, максимальной прочности и стабильности цементного камня целесообразно применять 2,5–5% метаксаолина ЖЛ из расчета на массу цемента в присутствии суперпластификатора для обеспечения необходимой подвижности бетонной смеси. Добавка метаксаолина ЖЛ приводит к повышению ранней прочности бетона в 2,5–3 раза по сравнению с контрольным составом; в марочном возрасте прочность на 80–90% выше по отношению к бездобавочным составам. Кроме того? применение метаксаолина как ускорителя твердения при нормальных условиях для цементных бетонов является эффективным способом снижения энергозатрат при производстве бетонных и железобетонных изделий [3,4,5].

Каолиновое сырье месторождения Журавлиный Лог представлено каолинитом и кварцевым песком практически в равных количествах. В 2014 г. планируется расширение производства ЗАО «Пласт-Рифей» – строительство цеха по производству кварцевых песков и кварцевой муки. Кварцевый песок с предельным размером зерен 5 мм выделен из кварц- и каолинсодержащей смеси. Планируется производство фракций песка 2,5–5,0 мм; 0,2–2,5 мм; 0,2–1,25 мм; 0,2–0,63 мм; 0,63–2,5 мм. Химический состав кварцевого песка приведен в табл. 3.

Частицы кварцевого песка имеют угловатую форму, так как продукт получен при дроблении. Светло-серый цвет, высокая прочность зерен – это далеко не полный перечень свойств песка, определяющих его использование.

Кварцевый песок месторождения Журавлиный Лог согласно ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия» относится к средним пескам второго класса, но имеет значительное количество каолиновых частиц (до 4%) и, как следствие, высокую водопо-

требность, что делает его непригодным для производства тяжелых бетонов. Благодаря отсутствию крупных частиц кварцевый песок может быть использован для производства растворов и сухих строительных смесей. Угловатая форма частиц песка способствует созданию прочной упаковки цементно-песчаного раствора, что способствует повышению прочности строительных материалов, изготовленных на его основе.

Наличие в песке тонкодисперсных каолиновых фракций повышает водопотребность растворных смесей, но при этом не оказывает отрицательного влияния на свойства растворов. Даже при повышении В/Ц адгезия к основанию и прочность растворов на исследованном песке не снижается: вероятно, это связано с уплотнением таких растворов. Тонкая фракция, входящая в состав песка в количестве 5%, может быть использована как полная или частичная замена наполнителей. Также благодаря тому, что тонкая фракция хорошо удерживает воду, может быть снижен расход добавок эфиров целлюлозы. Эти мероприятия приведут к снижению себестоимости сухих строительных смесей.

В проекте кварцевой линии предусмотрено производство кварцевой муки путем помола песка. Минеральный кварцевый наполнитель имеет высокий показатель цвета в системе CIElab при геометрии измерения D65/100 более 90%. Планируется выпуск кварцевой муки фракцией 100 и 40 мкм.

Следует признать, что в настоящее время месторождение Журавлиный Лог в сочетании с эффективной технологией добычи, обогащения сырья и глубокой переработкой продуктов обогащения является практически единственным отечественным источником каолинкварцсодержащих материалов в России.

Список литературы

1. Брыков А.С. Метаксаолин // *Цемент и его применение*. 2012. №4. С. 36–40.
2. Пустовгар А.П., Бурьянов А.Ф., Васильев Е.В. Применение метаксаолина в сухих строительных смесях // *Строительные материалы*. 2010. №10. С. 78–81.
3. Кирсанова А.А., Крамар Л.Я., Черных Т.Н., Аргынбаев Т.М., Стафеева З.В. Комплексный модификатор с метаксаолином для получения цементных композитов с высокой ранней прочностью и стабильностью // *Вестник ЮУрГУ*. 2013. Вып. 13. №1. С. 49–56.
4. Платова Р.А., Аргынбаев Т.М., Стафеева З.В. Влияние дисперсности каолина месторождения Журавлиный Лог на пуццолановую активность метаксаолина // *Строительные материалы*. 2012. №1. С. 75–80.
5. Дворкин Л.И., Лушникова Н.В., Рунова Р.Ф. и др. Метаксаолин в строительных растворах и бетонах. Киев: Издательство КНУБиА. 2007. 215 с.

References

1. Brykov A.S. Metakaolin. *Tsement i ego primeneniye*. 2012. No. 4, pp.36–40. (In Russian)
2. Pustovgar A.P., Bur'yanov A.F., Vasil'ev E.V. Metakaolin application in dry construction mixes. *Stroitel'nye materialy*. 2010. No. 10, pp. 78–81. (In Russian)
3. Kirsanova A.A., Kramar L.Ya., Chernykh T.N., Argynbaev T.M., Stafeyeva Z.V. The complex modifier with a metakaolin for receiving cement composites with a high early durability and stability. *Vestnik YuUrGU*. 2013. Vol. 13. No. 1, pp. 49–56. (In Russian)
4. Platova R.A., Argynbaev T.M., Stafeyeva Z.V. Influence of dispersion of a kaolin field Zhuravlinyi Log on pozzolanovy activity of a metakaolin. *Stroitel'nye materialy*. 2012. No. 1, pp. 75–80. (In Russian)
5. Dvorkin L.I., Lushnikova N.V., Runova R.F. etc. Metakaolin v stroitel'nykh rastvorakh i betonakh [Metakaolin in construction solutions and concrete]. Kiev: Izdatel'stvo KNUBiA. 2007. 215 p.



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

Н.В. КОЗЛОВ, инженер, А.И. ПАНЧЕНКО, д-р техн. наук, А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук,
В.Г. СОЛОВЬЕВ, канд. техн. наук

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

Микроструктура гипсового вяжущего повышенной водостойкости

Показано, что с помощью введения в состав гипсового вяжущего техногенных отходов и побочных продуктов различных производств (карбидного ила и микрокремнезема или биокремнезема) получен материал, отличающийся от исходного гипса повышенными прочностными характеристиками и водостойкостью, что позволяет существенно расширить область применения этих вяжущих, в том числе для помещений с относительной влажностью более 60% и для ограждающих конструкций. Данный эффект обеспечен более мелкопористой структурой затвердевшего камня с меньшим количеством пор и капилляров, сообщающихся с внешней средой, в сравнении с исходным гипсовым вяжущим и образованием в его составе малорастворимых низкоосновных гидросиликатов кальция, уплотняющих структуру материала и препятствующих проникновению влаги внутрь затвердевшего гипса.

Ключевые слова: многокомпонентное гипсовое вяжущее, комплексная гидравлическая добавка.

N.V. KOZLOV, Engineer, A.I. PANCHENKO, Doctor of Sciences (Engineering), A.F. BUR'YANOV, Doctor of Sciences (Engineering),
V.G. SOLOV'EV, Candidate of Sciences (Engineering)
Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl'skoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Microstructure Plaster Knitting the Increased Water Resistance

It is shown that by means of introduction in structure plaster knitting technogenic waste and by-products of various productions (carbide silt and microsilicon dioxide or biosilicon dioxide) the material different from initial plaster is received by the raised strength characteristics and water resistance that allows to expand significantly a scope plaster knitting, including for rooms with relative humidity more than 60% and for protecting designs. This effect is provided with more finely porous structure of the hardened stone with smaller quantity of a time and the capillaries which are reporting with environment, in comparison with initial plaster knitting and education in its composition of slightly soluble low-main hydrosilicates of the calcium condensing structure of a material and interfering penetration of moisture in hardened plaster.

Keywords: multicomponent plaster knitting, a complex hydraulic additive.

В настоящее время наметились три основных направления повышения водостойкости гипсовых изделий:

- уменьшение растворимости затвердевшего гипса;
- изменение капиллярно-пористой структуры гипсового камня с целью уменьшения водопоглощения и водопроницаемости;
- поверхностная гидрофобизация, пропитка и поверхностная защита материалами, препятствующими водонасыщению гипсовых изделий.

Более перспективными являются первые два пути, так как в этих случаях повышается водостойкость материала по всему объему и его эксплуатационная надежность независимо от случайных повреждений поверхности изделий или конструкций.

Для реализации этой задачи используются различные добавки, но наиболее эффективными следует считать те, которые позволяют одновременно снизить растворимость гипса и уменьшить водопроницаемость гипсового камня или бетона [1, 2].

Увеличить экономическую, технологическую и экологическую эффективность применения этих добавок возможно путем их частичной или полной замены на техногенные отходы и (или) побочные продукты различных производств, отраженных в работах [3–6]. Для выполнения данных задач предлагается использовать добавки к гипсовому вяжущему на основе микрокремнезема или биокремнезема и карбидного ила, пластифицирующей добавки с разной эффективностью. В результате применения этих добавок получен материал, отличающийся от исходного гипса повышенными прочностными характеристиками и водостойкостью. Подобный эффект обеспечен более плотной структурой затвердевшего камня с меньшим количеством пор и капилляров, сообщающихся с внешней средой в сравнении с гипсовым вяжущим. А также образованием за счет взаимодействия активных SiO_2 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, входящих в

состав добавки, малорастворимых низкоосновных гидросиликатов кальция, затрудняющих проникновение влаги извне в гипсовый камень.

При проведении исследований применялись следующие материалы:

- Гипсовое вяжущее – полуводный гипс марки Г-7.
- Карбидный ил с ацетиленовой станции г. Одинцово.
- Микрокремнезем Новолипецкого металлургического завода.
- Биокремнезем Диатомитового комбината г. Инзы.

Для идентификации новообразований, входящих в состав образцов, и сравнительного анализа их пористости были изготовлены:

- контрольные образцы из гипсового вяжущего (СОСТАВ 1);
- образцы из многокомпонентного гипсового вяжущего состава: 80% – гипсовое вяжущее; 20% – илисто-кремнеземистая добавка на основе микрокремнезема и карбидного ила (соотношение $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 1,1) (СОСТАВ 2);
- образцы из многокомпонентного гипсового вяжущего состава: 80% – гипсовое вяжущее; 20% – илисто-кремнеземистая добавка на основе биокремнезема и карбидного ила (соотношение $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 0,6) (СОСТАВ 3).

Все составы многокомпонентных гипсовых вяжущих приготавливались из теста нормальной густоты исходного гипса путем ввода в состав данных вяжущих пластифицирующей добавки в необходимом объеме.

Рентгеновский анализ проводился на дифрактометре ARL X'tra (Швейцария). Изучение микроструктуры затвердевшего камня осуществлялось на растровом электронном микроскопе Quanta 200, оснащенный рентгеновским спектрометром для проведения элементного микроанализа (EDAX). Исследование размеров пор и их

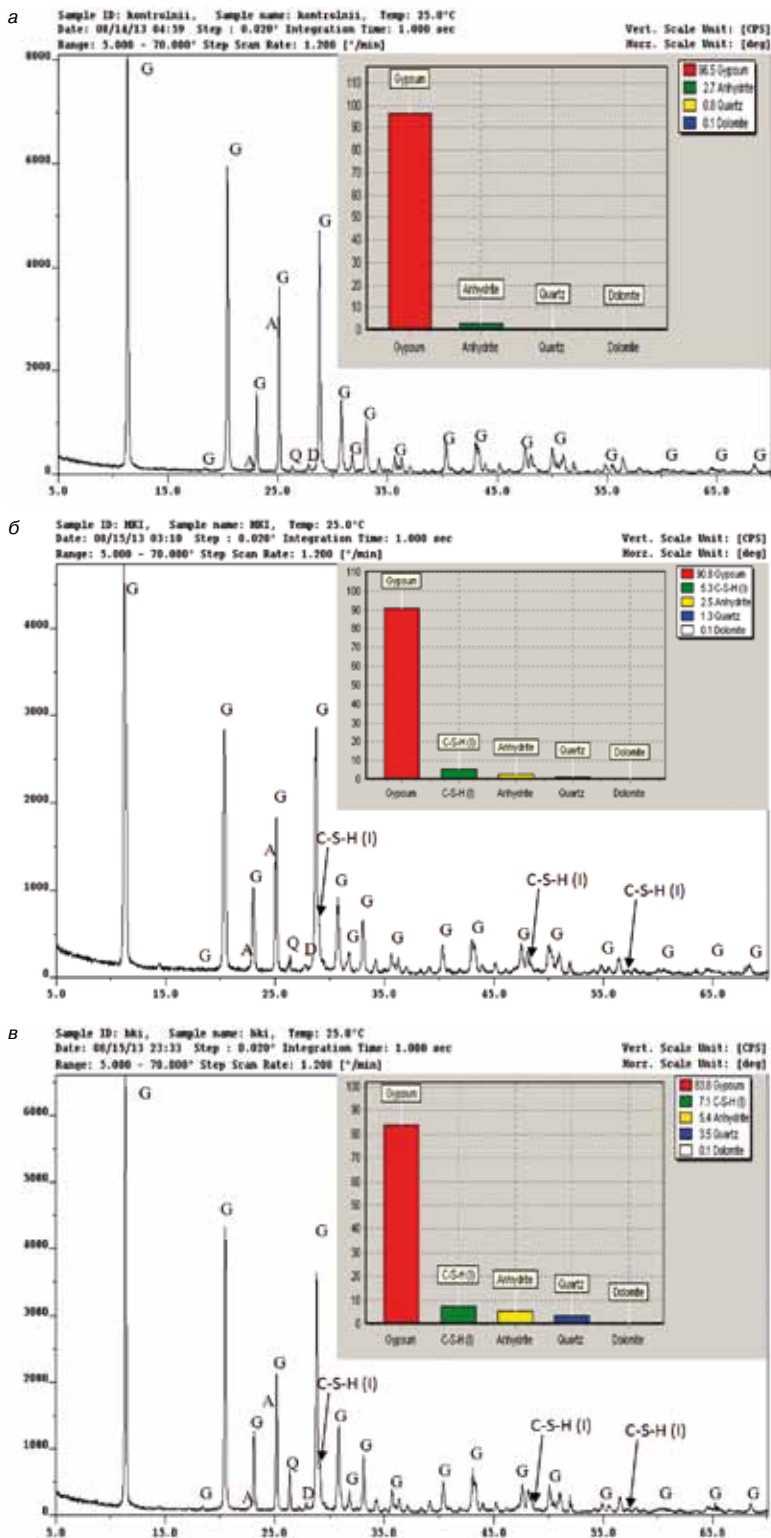


Рис. 1. Дифрактограммы образцов: а – СОСТАВ 1; б – СОСТАВ 2; в – СОСТАВ 3, совмещенные с фазовым составом: G=двуводный гипс; А=ангидрит II; Q=кварц; D=доломит

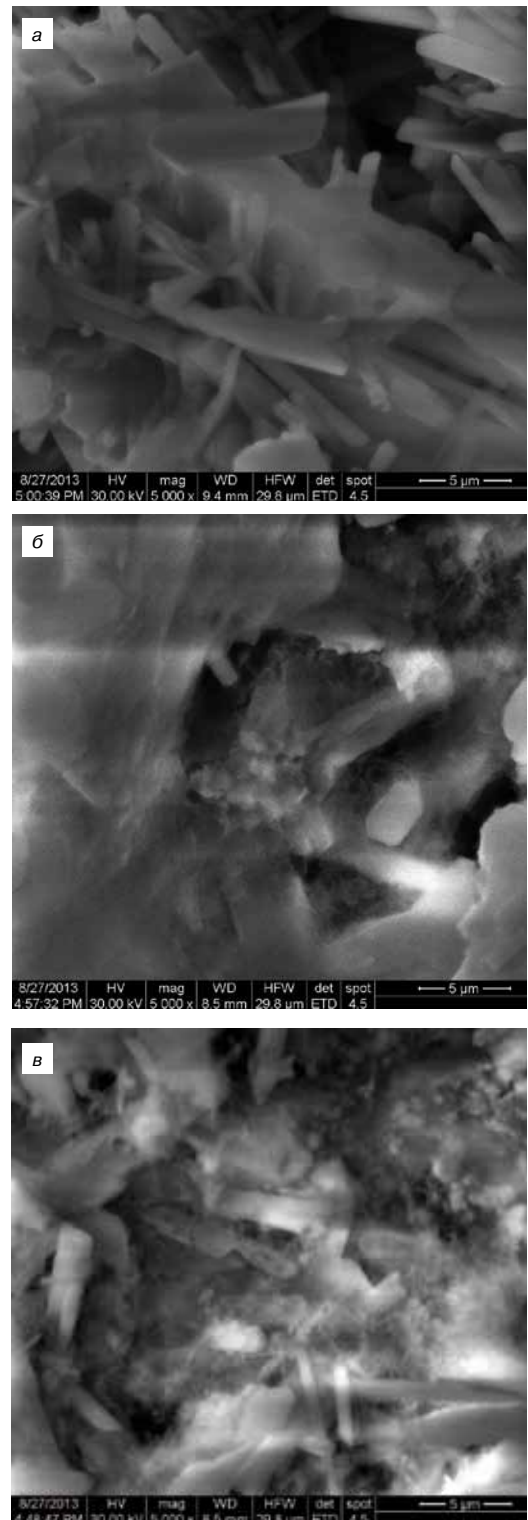


Рис 2. Микроструктура затвердевших камней: а – СОСТАВ 1; б – СОСТАВ 2; в – СОСТАВ 3

распределение определялись с помощью анализатора удельной поверхности и размеров пор NOVA 2200e. Данные исследования проводились в НИИ «Строительных материалов и технологий» ФГБОУ ВПО «МГСУ».

На первом этапе исследований выдвинута научная гипотеза об образовании в составах смешанных гипсовых вяжущих с применением илесто-кремнеземистой добавки малорастворимых низкоосновных гидросили-

катов кальция, а также о формировании в данных составах более мелкопористой структуры затвердевшего камня, что в свою очередь может привести к повышению морозостойкости гипсового вяжущего. Исследования исходного и многокомпонентного гипсовых вяжущих проводились на стандартных образцах-балочках размером 4×4×16 см, подготовленных из теста нормальной густоты исходного гипса, которые были испытаны в возрасте 28 сут. Выдержка образцов осуществлялась в раз-

личных условиях (естественно-сухих условия, тепло-влажностная обработка при температуре 80°C (8 ч изотермической выдержки), нормальные условия в камере нормального твердения).

На основе проведенных исследований с использованием гипсовых вяжущих (активностью 4–7 МПа) были получены следующие результаты [6]:

1. Разработаны составы и технология гипсовых вяжущих повышенной водостойкости на основе промышленных отходов, применение которых позволяет повысить прочность исходного гипса при использо-

вании илесто-кремнеземистой добавки на основе микрокремнезема и карбидного ила в водонасыщенном состоянии в 2,1 раза, а в высушенном состоянии в 1,4 раза, с коэффициентом размягчения до 0,9. А при использовании илесто-кремнеземистой добавки на основе биокремнезема и карбидного ила – в 2,1 и 1,5 раза, соответственно в водонасыщенном и высушенном состояниях с коэффициентом размягчения до 0,88;

2. Выявлены закономерности влияния состава илесто-кремнеземистой добавки на свойства гипсовых

Таблица 1

Распределение пор по размерам по методу ВЈН затвердевшего камня СОСТАВ 1

Радиус пор, Å	Объем пор, см ³ /г	Площадь поверхности пор, м ² /г	dV(d), см ³ /(Å · г)	dS(d), см ³ /(Å · г)	dV(log(d)), см ³ /г	dS(log(d)), см ³ /г
18,2009	0,011224	12,334	0,0037329	4,1019	0,15609	171,51
21,5392	0,020325	20,784	0,0024801	2,3029	0,1227	113,94
26,0458	0,028572	27,117	0,0015433	1,1851	0,092229	70,821
32,3896	0,037572	32,674	0,0012255	0,75672	0,091005	56,194
41,7756	0,049254	38,267	0,0010222	0,48937	0,09771	46,778
57,6590	0,067026	44,432	0,0008738	0,30309	0,1148	39,82
98,5333	0,11409	53,985	0,0007665	0,15557	0,16811	34,123
457,9321	0,14148	55,181	0,0000417	0,00182	0,034921	1,5252
Средние значения по методу ВЈН: площадь поверхности 55,181 м ² /г; объем пор 0,141 см ³ /г; радиус пор Dv(r) 18,201 Å.						

Таблица 2

Распределение пор по размерам по методу ВЈН затвердевшего камня образца СОСТАВ 2

Радиус пор, Å	Объем пор, см ³ /г	Площадь поверхности пор, м ² /г	dV(d), см ³ /(Å · г)	dS(d), см ³ /(Å · г)	dV(log(d)), см ³ /г	dS(log(d)), см ³ /г
18,1476	0,007062	7,7824	0,0023806	2,6236	0,099256	109,39
21,4603	0,012532	12,88	0,0014949	1,3932	0,073692	68,678
25,6986	0,015709	15,353	0,0006595	0,51326	0,03891	30,282
31,5721	0,017955	16,776	0,0003242	0,20537	0,023474	14,87
40,6703	0,018423	17,006	0,0000415	0,020432	0,0038659	1,9011
59,0686	0,018645	17,081	0,0000087	0,0029382	0,0011616	0,3933
94,4649	0,018645	17,0810	0	0	0	0
101576,14	0,018645	17,0810	0	0	0	0
Средние значения по методу ВЈН: площадь поверхности 55,181 м ² /г; объем пор 0,141 см ³ /г; радиус пор Dv(r) 18,201 Å.						

Таблица 3

Распределение пор по размерам по методу ВЈН затвердевшего камня СОСТАВ 3

Радиус пор, Å	Объем пор, см ³ /г	Площадь поверхности пор, м ² /г	dV(d), см ³ /(Å · г)	dS(d), см ³ /(Å · г)	dV(log(d)), см ³ /г	dS(log(d)), см ³ /г
18,3132	0,006311	6,8925	0,0021	2,3038	0,088756	96,931
21,6063	0,011903	12,069	0,0016	1,4401	0,077223	71,482
25,9562	0,016849	15,88	0,001	0,74641	0,057709	44,466
32,0717	0,022161	19,192	0,0007	0,46489	0,054826	34,19
41,6854	0,028567	22,266	0,0005	0,25396	0,050448	24,204
59,4374	0,038170	25,497	0,0004	0,13807	0,055425	18,65
95,8713	0,052904	28,571	0,0003	0,06214	0,064271	13,408
686,1499	0,075129	29,219	0	0,00057	0,021872	0,63752
Средние значения по методу ВЈН: площадь поверхности 55,181 м ² /г; объем пор 0,141 см ³ /г; радиус пор Dv(r) 18,201 Å.						

вяжущих повышенной водостойкости на основе промышленных отходов. Оптимальное соотношение между микро-кремнеземом и карбидным илом в составе илесто-кремнеземистой добавки составляет 1–1,2, а между биокремнеземом и карбидным илом 0,5–0,7. Определены пределы оптимальных дозировок суперпластификатора С-3 в количестве 0,1–0,12% от массы используемого микрокремнезема и 0,14–0,16% от массы биокремнезема. Определена оптимальная концентрация илесто-кремнеземистой добавки, которая составляет от 20 до 30%;

3. Установлены закономерности влияния условий твердения на физико-механические свойства затвердевших гипсовых вяжущих повышенной водостойкости на основе промышленных отходов. Для получения материала с повышенной водостойкостью при использовании илесто-кремнеземистой добавки на основе микрокремнезема и карбидного ила требуется проведение ТВО или его выдержка в нормальных условиях в течение 28 сут. Применение илесто-кремнеземистой добавки на основе биокремнезема и карбидного ила не требует особых условий твердения.

Для подтверждения данной гипотезы был проведен рентгенофазовый и электромикроскопический анализы (рис. 1, 2), а также исследование размеров пор и их распределение.

На дифрактограмме образцов с добавлением илесто-кремнеземистой добавки наблюдается ряд дифракционных максимумов с $d=3,04 \text{ \AA}$; $2,84 \text{ \AA}$; $1,88 \text{ \AA}$, соответствующий закристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция С–S–Н (I) в концентрации 5,3 (5)% и 7,1 (5)% по массе образцов с кремнеземистой составляющей на основе микрокремнезема и биокремнезема соответственно.

На снимках образцов с добавлением илесто-кремнеземистой добавки, полученных с помощью электронного микроскопа при увеличении 5000 раз, пространство между крупными четкими призматическими кристаллами двуводного гипса заполнено переплетен-

ными волокнами тоберморитоподобных низкоосновных гидросиликатов кальция.

Результаты исследований поровой структуры (табл. 1–3), проведенных на анализаторе удельной поверхности и размеров пор, показали, что основной объем пор многокомпонентного гипсового вяжущего составляет $0,019\text{--}0,075 \text{ см}^3/\text{г}$, а у исходного гипса – $0,141 \text{ см}^3/\text{г}$, что позволяет характеризовать структуру материала с применением илесто-кремнеземистой добавки как мелкопористую. Общая пористость гипсового камня на основе многокомпонентного гипсового вяжущего приблизительно одинакова с общей пористостью обычного гипсового камня (37% и 36% соответственно), но открытых пор у гипсового вяжущего на основе промышленных отходов (с добавлением илесто-кремнеземистой добавки) значительно меньше (15% и 25% соответственно), что может привести к повышению морозостойкости гипсового вяжущего.

С помощью рентгенофазового анализа идентифицированы новообразования, включающие низкоосновные гидросиликаты кальция – С–S–Н (I). Благодаря электронной микроскопии установлено, что пространство между крупными четкими призматическими кристаллами гипса заполнено переплетенными волокнами тоберморитоподобных низкоосновных гидросиликатов кальция.

Результаты исследований поровой структуры позволяют характеризовать структуру материала с применением илесто-кремнеземистой добавки как мелкопористую.

Применение гипсовых вяжущих на основе промышленных отходов открывает возможность их использования в помещениях с относительной влажностью более 60% и для ограждающих конструкций. Отличительной особенностью представленных материалов является использование отходов промышленности, что помимо решения основной задачи исследования позволяет вовлечь в производство обременительные и не используемые в настоящее время отходы.

Список литературы

1. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф. Строительные материалы на основе местного сырья и техногенных отходов для предприятий среднего и малого бизнеса // *Строительные материалы*. 2001. № 2. С. 25.
2. Михеенков М.А., Кабилов И.Ж., Михеенков В.М. Разработка гидравлического гипса с добавкой цементов, содержащих сульфатированные клинкерные фазы // *Вестник МГСУ*. 2012. № 5. С. 107–113.
3. Айрапетов Г.А., Панченко А.И., Несветаев Г.В., Нечушкин А.Ю. Многокомпонентное бесклинкерное водостойкое гипсовое вяжущее // *Строительные материалы*. 1996. № 1. С. 28–29.
4. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Композиционные гипсовые вяжущие с использованием керамзитовой пыли и доменных шлаков // *Строительные материалы*. 2012. № 7. С. 13–16.
5. Бабков В.В., Латыпов В.М., Ломакина Л.Н., Шигапов Р.И. Модифицированные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и гипсокерамзитобетонные стеновые блоки для малоэтажного жилищного строительства на их основе // *Строительные материалы*. 2012. № 7. С. 4–8.
6. Козлов Н.В., Панченко А.И., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Г., Булдыжова Е.Н., Гальцева Н.А. Гипсовые вяжущие повышенной водостойкости на основе промышленных отходов // *Научное обозрение*. 2013. № 9. С. 200–205.

References

1. Ferronskaya A.V., Korovyakov V.F. Construction materials based on local raw materials and industrial waste for small and medium businesses. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2001. No. 2, p. 25. (In Russian).
2. Mikheenkov M.A., Kabirov I.Zh., Mikheenkov V.M. Development of a hydraulic gypsum and cement additive containing sulfated clinker phase. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 5, pp. 107–113. (In Russian).
3. Airapetov G.A., Panchenko A.I., Nesvetaev G.V., Nechushkin A.Yu. Mnogokomponentnoe besklinkernoe vodostoikoe gipsovoe vyazhushchie *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 1996. No. 1, pp. 28–29. (In Russian).
4. Rakhimov R.Z., Khaliullin M.I., Gayfullin A.R. Composite gypsum binders with the use of claydite dust and blast-furnace slags. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2012. No. 7, pp. 13–16. (In Russian).
5. Babkov V.V., Latypov V.M., Lomakina L.N., Asyanova V.S., Shigapov R.I. Modified gypsum binders of high water resistance and gypsum-claydite-concrete wall blocks for low-rise housing construction on their basis. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2012. No. 7, pp. 4–8. (In Russian).
6. Kozlov N.V., Panchenko A.I., Bur'yanov A.F., Solov'ev V.G., Buldyzhova E.N., Gal'tseva N.A. Gypsum binder the increased water resistance on the basis of industrial waste. *Nauchnoe obozrenie*. 2013. No. 9, pp. 200–205. (In Russian).

В.Г. ХОЗИН¹, д-р техн. наук, О.В. ХОХРЯКОВ¹, канд. техн. наук, И.Р. СИБГАТУЛЛИН², ген. директор, А.Р. ГИЗЗАТУЛЛИН³, канд. техн. наук, И.Я. ХАРЧЕНКО⁴, д-р техн. наук

¹ Казанский государственный архитектурно-строительный университет (420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, 1),

² ООО «ЦНВ-АРОС» (420061, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Искра, 3),

³ ОАО «Камгэсэнергострой» (420124, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Меридианная, 4),

⁴ Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское ш., 26)

Карбонатные цементы низкой водопотребности — зеленая альтернатива цементной индустрии России*

Доминирующей мировой тенденцией развития цементной индустрии является экологизация, направленная на снижение клинкероёмкости портландцемента путем производства многокомпонентных смешанных (композиционных) цементов, получаемых помолом портландцементного клинкера с иными минеральными продуктами (до 80%), в основном техногенными отходами, проявляющими гидравлическую, пуццоланическую и другую химическую активность, например металлургическими или топливными шлаками и золами. Проанализированы перспективы разработанных советскими учеными в конце 1980-х гг. так называемых вяжущих или цементов низкой водопотребности (ВНВ или ЦНВ). Авторы статьи разработали составы и технологические основы производства карбонатных ЦНВ путем домолла бездобавочных портландцементов с малопрочными известняками и (или) доломитами в виде мелкозернистых отсевов дробильно-сортировочных предприятий. Разработанные ЦНВ отличаются от известных меньшей энергоёмкостью при производстве, лучшими технологическими и эксплуатационно-техническими свойствами, превосходящими свойства исходных бездобавочных портландцементов и кремнеземсодержащих ЦНВ при наполнении клинкерной части в два раза и более. Приводятся кривые размолоспособности, технические свойства ЦНВ-50, свидетельствующие о высоких ранней и 28-суточной прочности вяжущего, низком В/Ц (до 0,25), подтверждающие двойную функцию суперпластификатора в ЦНВ: интенсификатора помола и водоредуцирующего компонента. Даны показатели высокой энергоэффективности производства карбонатных ЦНВ в сравнении с кремнеземистыми и высокой эффективностью суперпластификатора С-3 в них. По всем показателям карбонатные ЦНВ, в частности ЦНВ-50, являются полноценными заменителями общестроительных портландцементов ПЦ500Д0 и ПЦ400Д0 с превосходящими технологическими и эксплуатационными показателями (прочности, морозостойкости, водостойкости, коррозионной стойкости и др.). Показано, что карбонатные ЦНВ могут и должны стать основным продуктом цементной промышленности России в ближайшем будущем, отвечающим экологическим, техническим и экономическим требованиям.

Ключевые слова: карбонатные цементы низкой водопотребности (ЦНВ), энергоёмкость, ранняя прочность, размолоспособность, техногенные отходы.

V.G. KHOZIN¹, Doctor of Sciences (Engineering), O.V. KHOKHRYAKOV¹, Candidate of Sciences (Engineering), I.R. SIBGATULLIN², General Director, A.R. GIZZATULLIN³, Candidate of Sciences (Engineering), I.Ya. KHARCHENKO⁴, Doctor of Sciences (Engineering)

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

² «TSNV-AROS» LLC (3, Iskra Street, 420061, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation);

³ «Kamgesenergostroy» OJSC (4, Meridiannaya Street, 420124, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation);

⁴ Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Highway, 129337, Moscow, Russian Federation)

Carbonate Cements of Low Water-Need is a Green Alternative for Cement Industry of Russia

The dominating world trend of development of the cement industry is an ecological one connected with reducing the clinker content of Portland cement by means of producing multi-component mixed (composition) cements produced by grinding of Portland cement clinker with other mineral products (up to 80%), chiefly with anthropogenic waste showing hydraulic, pozzolanic and other chemical activities, metallurgic or fuel slag or ashes for example. Prospects of so-called binders or cements with low-water need (BLWN or CLWN) developed by the Soviet scientists in the end of 1980s are analyzed. Authors of the article have developed compositions and technological bases of manufacturing the "carbonate" CLWN by means of re-milling the plain Portland cement with soft limestone and (or) dolomites in the form of fine-grained siftings of screening-and-crushing plants. Developed CLWN differ from the known ones the lesser power consumption in production, better technological and operation-technical properties which excel the properties of plain Portland cement and siliceous CLWN at the «dilution» of clinker part in 2 times and more. The curves of grindability, technical properties of CLWN-50 demonstrating the high early and 28-day strength of a binder, low water-cement ratio (up to 0.25) confirming the double function of the superplasticizer in CLWN – a grinding intensifier and water-reducing component – are presented. Indexes of high efficiency of producing carbonate CLWN in comparison with siliceous ones and high efficiency indexes of the superplasticizer S-3 in them are given. By all parameters "carbonate" CLWN, CLWN-50 in particular, are full-bodied substitutes for standard Portland cements PC500D0 and PC400D0 and possess superior technological and operational parameters (strength, frost-resistance, water resistance, corrosion resistance et al.) It is shown that carbonate CLWN can and must be a main product of the cement industry of Russia in the near future which meets ecological, technical and economic requirements.

Keywords: carbonate cements of low water need (CLWN), power consumption, early strength, grindability, anthropogenic waste.

Принятая почти всеми государствами мира концепция устойчивого развития экономики (sustainable development) заставляет ученых и специалистов пересматривать традиционные подходы к производству бетона, с тем чтобы уменьшить количество вредных выбросов и сохранить его конкурентоспособность.

Цементный бетон — один из самых экологичных материалов в плане энергозатрат, выбросов CO₂ и способности к вторичной переработке. В частности, выбросы газов в атмосферу за время эксплуатации бетонных зда-

ний на 2–8% ниже, чем у зданий из металла и дерева [1]. Однако ответственность за ежегодные выбросы в атмосферу около 2,4 млрд т CO₂ возлагается именно на бетон. Основным компонентом, производство которого имеет существенные экологические недостатки, является цемент, производство которого *энергозатратно*: расход условного топлива на обжиг клинкера до 215 кг/т (мокрый способ), электроэнергии на различные переделы и помол — 119 кВт·ч/т «чистого» цемента ПЦ500Д0; *экологически ущербно* — огромные объемы карьерных выра-

* Работа выполнена при поддержке Инвестиционно-венчурного фонда Республики Татарстан.

боток известняка и глины (на 1 т цемента требуется от 1,5 до 2,4 т нерудного сырья); *сопровождается большими выбросами CO₂ и пыли* (более 900 кг CO₂ и 300–900 кг пыли на 1 т ПЦ).

Поэтому чем меньше клинкера в цементе, а цемента в бетоне, тем выше показатель применимости последнего в строительстве.

Анализ современных тенденций производства и потребления цемента в мире, и в том числе в России, свидетельствует об их противоречивости: с одной стороны, потребности строительства как первоосновы экономики вызывают наращивание цементных мощностей и неуклонный рост цен на этот стратегический материал (в России на 5–7% в год); с другой – угроза превышения производства над потреблением цемента к 2020–2025 гг. приведет к дестабилизации его рынка (в России это превышение составит 50 млн т) [2, 3]. Третья, пожалуй, доминирующая тенденция, – экологическая: необходимость снижения производства клинкера – главного продуцента CO₂ и клинкероемкости цементных вяжущих для бетонов. Последнее диктует необходимость производить и применять смешанные (композиционные, многокомпонентные) цементы, «разбавленные» тонкомолотыми минеральными техногенными отходами.

На цементных заводах полного цикла получение ПЦ-клинкера и его помол объединены в один последовательный процесс. Однако их можно и разделить, создавая помольные комплексы, работающие на привозном клинкере, вблизи баз стройиндустрии – заводов бетона и железобетона, основных потребителей цемента. Тем более что перевозка клинкера менее затратна и не усугублена потерей активности, как у цементного порошка при его транспортировке и хранении.

Пути «смягчения» энерго- и экологических проблем при производстве портландцемента и вяжущих на его основе:

- совершенствование технологии производства ПЦ-клинкера и его помола – перспективы ограничены, близки к пределам эффективности;

- производство смешанных и композиционных цементов путем совместного помола ПЦ-клинкера с пуццолановыми и гидравлическими добавками (природными кремнеземами, доменными гранулированными шлаками, золами и шлаками ТЭС и др. минеральными отходами) до «стандартных» значений удельных поверхностей (250–320 м²/кг). Это делается в основном на цементных заводах, но возможно и на отдельных помольных установках. Недостаток этих цементов – высокая водопотребность;

- получение тонкомолотых многокомпонентных цементов (ТМЦ) повторным помолом портландцементов с минеральными добавками (до 50%) природного и искусственного происхождения (кварцевые пески, плотные известняки, вулканические породы, доменные шлаки, золы ТЭС) до удельной поверхности 450 м²/кг. ТМЦ производят как на цементных заводах, так и на предприятиях стройиндустрии. Они отличаются повышенной водопотребностью, для компенсации которой требуется увеличенный расход пластификаторов. Экономия клинкера в ТМЦ существенна лишь в бетонах низких классов;

- производство цементов низкой водопотребности (ЦНВ) путем совместного помола ПЦ-клинкера (или готового ПЦДО) с минеральными наполнителями и суперпластификатором дает высокий эффект наполнения исходного ПЦ, а также позволяет получить высокотехнологичные цементы, в том числе высокомарочные. Их производство может быть отделено от производства ПЦ и максимально приближено к потребителям (рис. 1).

Именно четвертый путь – ЦНВ (прежнее название ВНВ – вяжущее низкой водопотребности), научно-

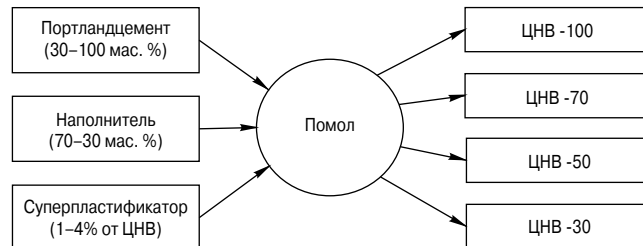


Рис. 1. Блок-схема получения ЦНВ

технологические основы которого были разработаны советскими учеными в конце 1980-х – начале 1990-х гг. (Ш.Г. Бабаев, Н.Ф. Башлыков, В.Н. Сердюк. Высокоэффективные вяжущие низкой водопотребности и бетоны на их основе. М.: Стройиздат, 1991; Б.Э. Юдович, А.М. Дмитриев, С.А. Зубехин, Н.Ф. Башлыков, В.Р. Фаликман, В.Н. Сердюк, Ш.Т. Бабаев. Цементы низкой водопотребности – вяжущие нового поколения // Цемент и его применение. 1997. № 4. С. 15–18; Б.Э. Юдович, С.А. Зубехин, В.Р. Фаликман, Н.Ф. Башлыков. Цемент низкой водопотребности: новые результаты и перспективы // Цемент и его применение. 2006, № 4. С. 80–84; М.Я. Бикбау. Производство цемента в России. Куда идти? // Цемент и его применение. 2008. № 5. С. 149–153), представляется на сегодня наиболее эффективным в эколого-экономическом плане направлением, поскольку:

- позволяет наполнить ПЦ дешевыми природными горными породами или крупнотоннажными промышленными отходами до соотношений портландцемент:наполнитель 20:80 с получением марки вяжущего на уровне промышленных цементов;

- технология ЦНВ – экологически чистая, то есть без выбросов в окружающую среду каких-либо газов или пыли;

- производство малоклинкерных ЦНВ (помольные комплексы) можно размещать вблизи потребителей-производителей бетона и железобетона.

Технические достоинства ЦНВ: высокая технологичность, связанная с наличием в его составе суперпластификатора и функционального наполнителя, нераслаиваемость бетонной смеси, ускоренный набор прочности, возможность получения высокопрочных бетонов и др. Вместе с этим в производстве ЦНВ существуют и недостатки: дополнительные энергозатраты на домол портландцемента и твердого наполнителя (кварцевых песков, доменного шлака) до удельной поверхности 450–500 м²/кг и более; высокие цены на суперпластификаторы; возможность уноса легких частиц суперпластификатора при помоле с воздушным сепаратором (классификатором).

В настоящее время и в перспективе именно ЦНВ в наибольшей степени отвечают глобальному экологическому вызову – снижению эмиссии CO₂ и при производстве, и при применении в бетоне (рис. 2).

Производство ЦНВ (помольные комплексы) целесообразно создавать вблизи отвалов крупнотоннажных промышленных отходов, распределенных в регионах с развитой промышленностью и теплоэнергетикой (являющихся основными потребителями цемента), что сократит расходы на транспортирование и обеспечит утилизацию отходов (экологический аспект).

При снижении энергозатрат на помол и цен на суперпластификаторы производство ЦНВ станет основным способом получения вяжущих, которому не будет альтернативы.

Производство ЦНВ отвечает полностью современным мировым тенденциям получения малоклинкерных многокомпонентных композиционных цементов,

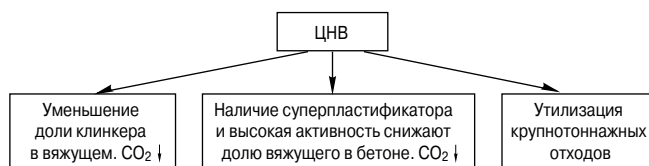


Рис. 2. Экологические аргументы производства и применения ЦНВ

основанным на достижениях советской цементной науки и промышленности XX в. Современная Россия потеряла лидерство СССР в производстве многокомпонентных цементов. В то время, как это направление на Западе и в Азии стало основным и закреплено стандартами.

Так, евростандарт на цемент EN197-1:2000 регламентирует и стимулирует выпуск и применение мало-клинкерных композиционных цементов. В концепции зеленого бетона актуальными вопросами являются экономия ПЦ-клинкера, утилизация промышленных отходов, необходимость производства смешанных цементов с использованием бинарных минеральных добавок, а также мультикомпозиционных цементов [4].

В США и Канаде для стимулирования производства смешанных цементов (Blended Cements) с содержанием активных добавок более 50% действует стандарт ASTM C 595 M-97 Blended Hydraulic Cement (В.И. Жарко, В.А. Гузь, А.А. Кабанов, Е.В. Высоцкий). Сырьевая база вторичных ресурсов в производстве строительных материалов // Alitinform. Международное аналитическое обозрение. Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2011. № 2 (19). С. 11–27). Более того, Америка с целью сохранения своей природной среды прекратила разработку карьеров известняка для производства ПЦ. Она завозит цементный клинкер из соседней Мексики и на его основе производит Blended Cements, смешивая его при помоле со своими техногенными отходами, в частности с золами ТЭС.

В России с чрезвычайно неравномерным размещением производств ПЦ, их удаленностью от потребителей (среднее транспортное «плечо» равно 730 км), сезонностью потребления и цен есть аналогичная возможность производства смешанных, точнее, композиционных цементов на основе клинкера или бездобавочного портланд-цемента ПЦ Д0, привозимого из регионов с избыточным производством ПЦ в регионы цементозависимые. Такова, например, ситуация в Республике Татарстан и многих других регионах в Европейской части России и в Сибири.

Такой путь предлагают авторы в проекте «Карбонатные цементы низкой водопотребности».

Речь идет о производстве ЦНВ (70, 50, 30) на основе привозного клинкера или товарного цемента ПЦ400Д0 или ПЦ500Д0 и «высевок» (отходов) с многочисленных местных карьеров известняков и доломитов. Выход этих карбонатных отходов в России в 2012 г. составлял 175 млн т, что превышает годовой выход всех других видов промышленных отходов (В.И. Жарко, В.А. Гузь, А.А. Кабанов, Е.В. Высоцкий). Сырьевая база вторичных ресурсов в производстве строительных материалов // Alitinform. Международное аналитическое обозрение. Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2011. № 2 (19). С. 11–27).

Почему карбонатные ЦНВ? Карбонатные породы (известняки, доломиты, доломитизированные известняки) – самые распространенные в России горные породы осадочного происхождения. Поэтому **первая причина** – доступность и дешевизна сырья, в частности высевок (мелочи до 10 мм), которые, по сути, являются отходами дробильно-сортировочных заводов. **Вторая** – высокая размолоспособность большинства известняков и доломитов, обусловленная их низкой твердостью и малой прочностью. **Третья** – возможность химического

Таблица 1

Расчетные критерии размолоспособности материалов

Наименование показателей	Вид материалов					
	ПЦ		Кварцевый песок		Известняк	
	-	С-3 (1%)	-	С-3 (1%)	-	С-3 (1%)
Удельная поверхность, м ² /кг						
- начальная S ₀	320	320	6	6	4,5	4,5
- конечная S _{T2}	600	600	600	600	600	600
Время помола τ ₂ до S _{уд} =600 м ² /кг, мин	216	114	162	108	42	30
Коэффициент размолоспособности КР, м ² /(кг·мин)	1,3	2,45	3,7	5,5	14,2	19,8
Удельные энергозатраты Э, Вт·ч/кг/м ²	7	3,75	2,5	1,66	0,64	0,5
Коэффициент эффективности ПАВ при помоле до S=600 м ² /кг, К _{ПАВ}	1,88		1,48		1,4	

взаимодействия тонкомолотых карбонатов с алюминатной составляющей портландцемента при его гидратации – образование гидрокарбоалюминатов кальция при невысоких температурах, ускорение гидратации частиц ПЦ-клинкера при этом и рост прочности цементного камня. Это было обнаружено советскими учеными В.В. Тимашевым, В.М. Колбасовым еще 30 лет назад (В.М. Колбасов. О взаимодействии алюмосодержащих клинкерных минералов с карбонатом кальция // Известия вузов. Химия и химическая технология. 1960. Т. 3. Вып. 1. С. 190–203; В.В. Тимашев, В.М. Колбасов. Свойства цементов с карбонатными добавками // Цемент. 1981. № 10. С. 10–12; В.В. Тимашев. Избранные труды. Синтез и гидратация вяжущих материалов. М.: Наука, 1986. 424 с.). **Четвертая** – карбонатные порошки уменьшают водопотребность, расслаиваемость и водоотделение бетонных смесей, повышают их пластичность, плотность, однородность, снижают усадку, тепловыделение при твердении и водопоглощение. Это установлено более 50 лет назад.

Авторами разработаны составы и технологические основы получения линейного ряда карбонатных ЦНВ-30, 50, 70 на бездобавочных портландцементах ПЦ500Д0 разных заводов (Мордовского, Ульяновского, Вольского), отсевов известняков и доломитов средней прочности и суперпластификатора С-3, которые превосходят ЦНВ с применением молотого кварцевого песка меньшими энергозатратами при производстве, лучшими технологическими параметрами, высокой ранней и нормативной прочностью. Эти ЦНВ являются полными заменителями общестроительных цементов в бетонах с превосходящими показателями технических свойств.

Технологическая идея ЦНВ заключается в двойной функции суперпластификатора в его составе, а именно: как ПАВ он является сильным интенсификатором помола ПЦ и второго минерального компонента, в данном случае известняка или доломита, снижая существенно энергозатраты на помол – это первое, а второе – при приготовлении бетонной смеси он выполняет свою роль разжижителя, то есть собственно пластификатора. Первый эффект показан на рис. 3, 4.

Сравнение кинетики помола материалов показывает: наиболее интенсивно мелется известняк, затем квар-

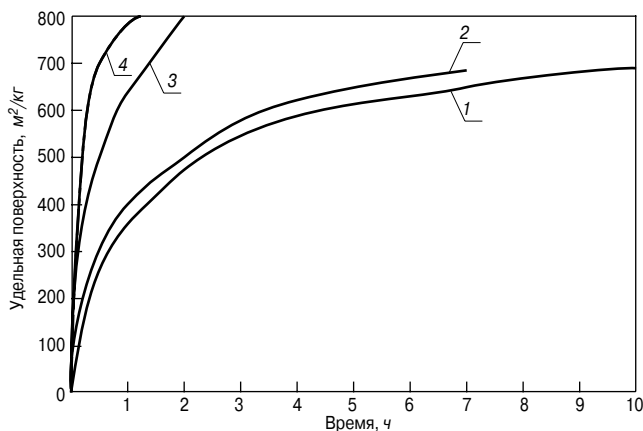


Рис. 3. Кинетика помола карбонатных пород в мельнице «Консит»: 1 – мрамор без добавок; 2 – мрамор с С-3 (1%); 3 – известняк без добавок; 4 – известняк с С-3 (1%)

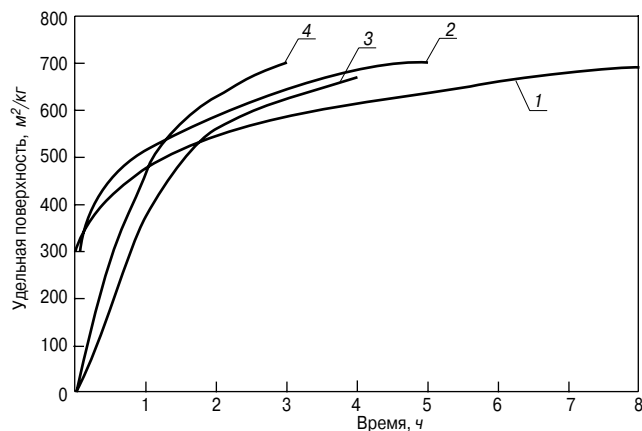


Рис. 4. Кинетика помола кварцевого песка (кривые 3, 4) и портланд-цемента ПЦ500Д0 (кривые 1, 2) в мельнице «Консит»: 1 – портланд-цемент; 2 – портландцемент с С-3 (1%); 3 – кварцевый песок; 4 – кварцевый песок с С-3 (1%)

цевый песок (также широко распространенная в России горная порода) и портландцемент.

Для сравнения, удельная поверхность компонентов через 2 ч помола составляет: у известняка – 800 м²/кг; песка кварцевого – 550 м²/кг и у ПЦ – 520 м²/кг. Помол всех материалов с добавкой 1% С-3 в разной степени, но существенно ускоряет процесс.

Таблица 2

Свойства порошков ПЦ500Д0 и ЦНВ-50КБ, ТМЦ-50КБ

Вид вяжущего	τ_n	D, см	ϕ , град.
ПЦ500Д0 ($S_{уд}=310$ м ² /кг)	0,34	7,4	27
ЦНВ-50КБ ($S_{уд}=450$ м ² /кг)	0,335	7,6	24,5
ТМЦ-50КБ ($S_{уд}=450$ м ² /кг)	0,31	7,4	28

Таблица 3

Сравнительные свойства ЦНВ-50 КР и ЦНВ-50 КБ, приготовленных в мельнице «Консит»

Наименование показателей	Ед. изм.	Варианты приготовления	
		ЦНВ-50КР	ЦНВ-50КБ
Время, затраченное на приготовление ЦНВ	ч	17,3	4,7
Энергозатраты	кВт·ч/кг	5,3	1,44
Свойства цементного теста и камня			
Нормальная густота	%	20,5	19,8
Сроки схватывания:	мин	85	130
		150	175
Прочность цементного камня на сжатие через 28 сут, МПа	МПа	105	120
Свойства цементно-песчаного раствора			
Водоцементное отношение	–	0,28	0,27
Активность через 1 сут нормального твердения:	МПа	4,5	4,8
		26	33
		– при сжатии	–
Активность после пропаривания:	МПа	5,9	5,8
		48,9	49,6
		– при сжатии	–
Активность через 28 сут нормального твердения:	МПа	6	6,28
		49,4	61,4
		– при сжатии	–

Количественные критерии размолоспособности материалов представлены в табл. 1, из которой следует, что известняк как компонент ЦНВ обладает наилучшими показателями эффективности при помоле, особенно, по энергозатратам и скорости помола. Суперпластификатор С-3 ускоряет процесс помола от 1,5 до 2 раз, снижая энергозатраты на 40–90%.

Свойства порошков ЦНВ отличаются от свойств исходного ПЦ вследствие влияния суперпластификатора, адсорбированного на поверхности твердых частиц, и большей тонкости помола (относительная насыпная плотность – τ_n , диаметр распыла – D, угол естественного откоса – ϕ).

Относительная плотность карбонатного ЦНВ-50КБ с $S_{уд}=450$ м²/кг практически та же, что и у исходного ПЦ500Д0 ($S_{уд}=310$ м²/кг), но значительно больше, чем у ТМЦ-50КБ с той же удельной поверхностью (450 м²/кг) не содержащего суперпластификатор. По реологическим параметрам (D и ϕ), характеризующим его текучесть, карбонатный ЦНВ-50 превосходит и исходный ПЦ500Д0, и ТМЦ-50КБ (табл. 2).

Рассмотрим свойства карбонатных (ЦНВ КБ) как вяжущих для бетонов в сравнении с исходными ПЦ500Д0 и с кремнеземистыми (ЦНВ КР), полученными совместным помолом ПЦ500Д0 с кварцевым песком и суперпластификатором (рис. 5, табл. 3, 4).

Наглядной характеристикой являются кинетические кривые набора прочности в нормальных условиях (рис. 5), из которых следует, что высокая ранняя прочность ЦНВ-50КБ позволяет сократить сроки распалубки монолита и затраты на тепловлажностную обработку (ТВО) на заводах ЖБИ.

Прочность ЦНВ-50КБ больше прочности ЦНВ-50КР: 120 против 105 МПа; суточная и 28-суточная при нормальном твердении также выше (33 и 61,4 МПа против 26 и 49,4 МПа). И даже после ТВО прочность ЦНВ-50КР с реализованным пуццолановым эффектом (48,9 МПа) оказалась ниже, чем у ЦНВ-50КБ (49,6 МПа).

При этом время и энергозатраты на получение карбонатного ЦНВ оказались в 4 раза меньше, чем кремнеземистого.

Получены и исследованы ЦНВ-50КБ на ПЦ разных производителей: ОАО «Вольскцемент», ОАО «Мордовцемент», ОАО «Ульяновскцемент».

Оказалось, что свойства всех ЦНВ-50КБ практически не зависят от вида исходного цемента, так как он существенно изменяется в процессе помола. Водопоглощение ЦНВ-50КБ по НГ по сравнению с ПЦ500Д0 снижается на 26,6–34,5%; водопотребность по В/Ц – на 39–42,2%; сроки схватывания сокращаются в

Сравнительные свойства портландцементов и ЦНВ-50 КБ на их основе

Наименование показателей	ОАО «Вольскцемент»		ОАО «Мордовцемент»		ОАО «Ульяновскцемент»	
	ПЦ500Д0	ЦНВ-50КБ	ЦЕМ I 42,5Б	ЦНВ-50 КБ	ЦЕМ II/A-K (Ш-П) 32,5	ЦНВ-50 КБ
Удельная поверхность, м ² /кг	320	658	277	733	308	780
Нормальная густота (НГ), %	25,6	18,8	29	19	28,6	19,1
Снижение водопотребности по НГ	–	26,6	–	34,5	–	33,2
Сроки схватывания, ч-мин						
– начало	2–55	1–30	2–35	1–10	3–00	1–25
– конец	3–25	2–20	3–40	2–30	4–15	2–25
Водоцементное отношение (В/Ц)	0,45	0,26	0,44	0,26	0,46	0,28
Снижение водопотребности по В/Ц, %	–	42,2	–	40,9	–	39,1
Средняя активность раствора через 1 сут нормального твердения, МПа/%:						
– при изгибе	2,8/100	4,8/171	2,1/100	5,1/243	2/100	4,2/210
– при сжатии	14,0/100	29,7/212	7,4/100	26,9/364	7,6/100	19,5/257
Средняя активность раствора после пропаривания, МПа/%:						
– при изгибе	5,1/100	6,1/120	4,3/100	4,7/109	4/100	4/100
– при сжатии	33,3/100	49,2/148	20,6/100	38,9/189	15,8/100	26,5/168
Средняя активность раствора в возрасте 28 сут нормального твердения, МПа/%:						
– при изгибе	6,1/100	6,7/110	6,4/100	7,2/113	6,03/100	4,44/74
– при сжатии	51,8/100	66,1/128	45,4/100	62,6/138	41,4/100	49,5/120

1,5–2 раза. Превышение прочности ЦНВ-50КБ относительно базовых цементов составляет в 1-е сут в 2–3,5 раза, на 28-е сут – в 1,2–1,4 раза, после ТВО – в 1,5–1,9 раза.

Эксперименты с ЦНВ-50, полученными на тринадцати видах известняков и доломитов разных месторождений, показали, что во всех случаях наблюдается снижение В/Ц на 40–41,3%, повышение активности, в том числе после пропаривания, ускоренные сроки схватывания в сравнении с исходным ПЦ.

Определены энергозатраты, водопотребность и активность кремнеземистых и карбонатных ЦНВ, полученных на основе ПЦ500Д0 ОАО «Вольскцемент» (табл. 5). Показано существенное превосходство ЦНВ-50КБ над исходным ПЦ и ЦНВ-50КР по активности при нормальном твердении и по энергозатратам (в три раза меньше).

Влияние вида наполнителя ЦНВ (кварца и известняка) и роль суперпластификатора С-3 (интенсификатора помола, а позже пластификатора цементного теста) хорошо видны на зависимости 28-суточной прочности от содержания С-3 в ряду ЦНВ-30, 50, 70 (рис. 6).

В целом превосходство ЦНВ-50КБ и ЦНВ-70КБ над кремнеземистыми такого же состава в марочной прочности (R_{28}^c) очевидно и значительно, как и упрочняющая роль пластификатора.

Поскольку карбонатные ЦНВ более интенсивно набирают раннюю и нормативную (28 сут) прочности, а их активность превосходит активность не только исходного ПЦ500Д0, но и кремнеземистого ЦНВ, была исследована возможность образования в них гидрокарбоалюминатов кальция с помощью сравнительного рентгенографического анализа продуктов гидратации ЦЕМ I 42,5 Н (ЗАО «Ульяновскцемент»), содержащего 7,6% C_3A и 13,4% C_4AF и ЦНВ-50КБ на его основе.

Результаты исследования показали, что основная часть алюминатных фаз цемента в процессе гидратации взаимодействует с $CaCO_3$ с образованием ГКАК-3 ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaCO_3 \cdot 32H_2O$) и ГКАК-1 ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 12H_2O$). Образование этих кристаллогидратов очевидно и вызывает ускоренное твер-

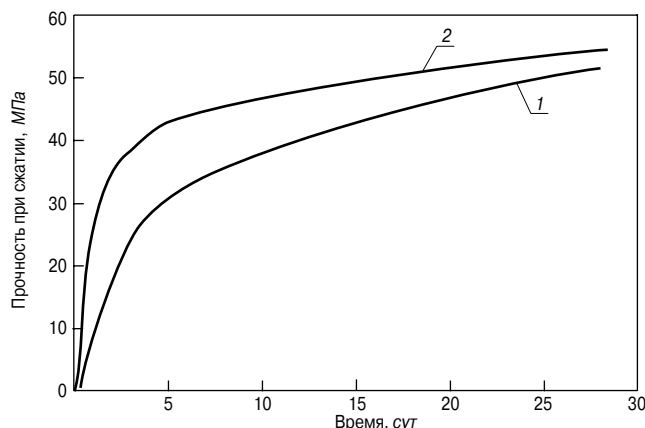


Рис. 5. Кинетика твердения ПЦ500Д0 (1) и ЦНВ-50КБ (2)

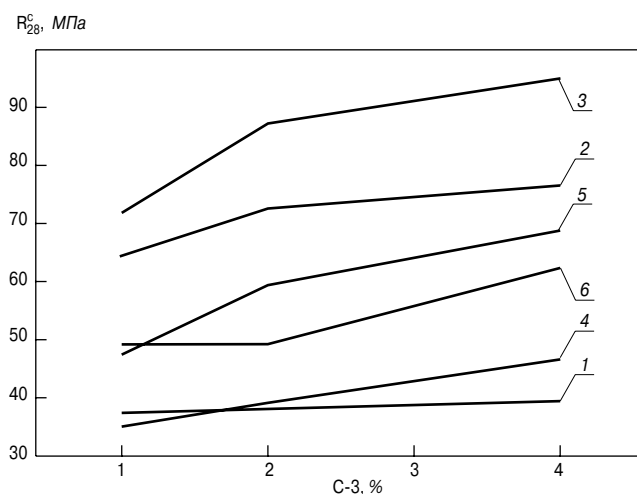


Рис. 6. Зависимость R_{28}^c ЦНВ от содержания С-3: 1 – ЦНВ-30КБ; 2 – ЦНВ-50КБ; 3 – ЦНВ-70КБ; 4 – ЦНВ-30КР; 5 – ЦНВ-50КР; 6 – ЦНВ-70КР

Таблица 5
Сравнительные характеристики ПЦ500Д0 и ЦНВ-50 (КР и КБ)
с содержанием суперпластификатора С-3: 1, 2, 4%

Наименование показателей	ПЦ500Д0 (ОАО «Вольск-цемент»)	Содержание С-3, % в					
		ЦНВ-50КР			ЦНВ-50КБ		
		1	2	4	1	2	4
Удельная поверхность, м ² /кг	320	735	782	802	631	660	682
Энергозатраты, кВт·ч/кг	–	5,2	5	3,7	1,73	1,43	1,17
В/Ц	0,46	0,31	0,27	0,25	0,3	0,27	0,25
Снижение водопотребности, %	–	32,6	43,5	45,6	32,7	43,5	45,6
Активность через 1 сут нормального твердения, МПа при сжатии	13,5	19,7	25,2	31,9	31,2	34,1	39,5
Активность после ТВО, МПа при сжатии	41,6	47,4	48,9	50,2	47,1	48,7	50,4
Активность после 28 сут нормального твердения, МПа при сжатии	52,3	48,7	49,4	61,8	65,1	73,3	75,7

дение карбонатных ЦНВ в нормально-влажностных условиях и повышенную активность в 28-суточном возрасте.

Особенностью и технико-экономическим преимуществом карбонатных ЦНВ является быстрый набор прочности в ранние сроки твердения, в частности в первые сутки.

На гистограммах (рис. 7, 8) дано сравнение ранней (1 сут) и 28-суточной прочности песчаных бетонов (Ц:П=1:3) при стандартной подвижности смеси (расплав конуса 106 см) на портландцементе разных производителей России и ЦНВ-50КБ на их основе.

Видно, что односуточная прочность цементно-песчаных растворов (ЦПР) на ЦНВ-50 в 2–3 раза (от 190 до 364%) превосходит таковую на бездобавочных цементах. Превышение 28-суточной активности ЦНВ-50 над исходными ПЦ500Д0 составляет 120–138%.

Энергетическая оценка эффективности изготовления кремнеземистых и карбонатных ЦНВ и роль суперпластификатора С-3. Главной отличительной особенностью ЦНВ от многокомпонентных и тонкомолотых цементов является изначальное присутствие пластификатора в процессе приготовления вяжущего. При этом он играет важную энергосберегающую функцию как интенсификатор помола минеральных компонентов, а в готовом ЦНВ – как пластифицирующий или водореду-

цирующий компонент. В табл. 6 приведена оценка эффективности изготовления 1 кг ЦНВ (Э) и получения 1 МПа прочности в 28-суточном возрасте (Э').

Видно, что удельные энергозатраты на приготовление карбонатных ЦНВ в 3–6 раз меньше, чем для кремнеземистых. При этом и в тех, и в других увеличение содержания С-3 при помолу с 1 до 4% снижает энергоёмкость помола до полутора раз. Возрастание доли клинкерного компонента (ПЦ500Д0) от 30 до 70% увеличивает энергозатраты на помол в 1,5–3 раза в обоих видах ЦНВ (в карбонатных – больше, чем в кремнеземистых).

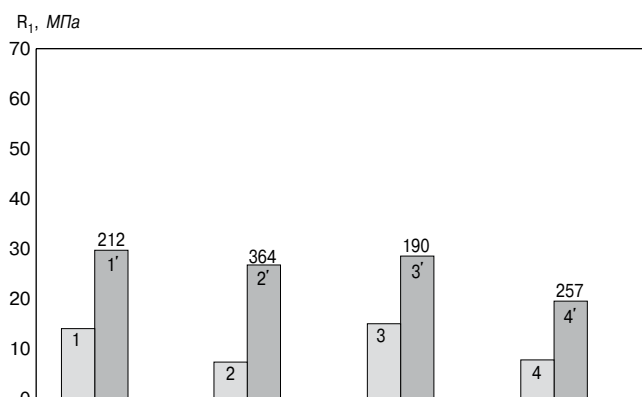
Рост эффективности помола с увеличением содержания С-3 сопровождается уменьшением энергозатрат на получение единицы

прочности получаемого вяжущего любого вида и состава. При этом энергетическая эффективность суперпластификатора в активности карбонатных ЦНВ многократно выше, чем кремнеземистых, например в ЦНВ-50 (при 2% С-3) на получение 1 МПа активности требуется 0,02 и 0,101 кВт·ч соответственно. Таким образом, по удельным энергетическим показателям производство карбонатных ЦНВ гораздо эффективнее, чем кремнеземистых.

Из табл. 7 следует, что в карбонатных ЦНВ технологическая эффективность пластификатора С-3 (снижение водопотребности вяжущего) значительно выше (почти в 1,5 раза), чем в кремнеземистых.

Наибольший водоредуцирующий эффект достигается в карбонатных ЦНВ-50: от 53% при 1% С-3 до 84% при 4% С-3. Конечный практический интерес представляет активность вяжущего – она падает при добавлении к ПЦ песка или известняка от 70 до 30%, но растет с увеличением содержания С-3. Однако и в этом случае наибольший «упрочняющий» эффект суперпластификатора С-3 обнаруживается в карбонатных ЦНВ. В частности, превышение прочности R_{28}^c ЦНВ-50КБ и ЦНВ-70КБ при добавлении 4% С-3 над прочностью ПЦ500Д0 составляет 45 и 80% соответственно.

Выводы из экспериментальных данных, в том числе не приведенных в данной статье:



1 – «Вольскцемент» ПЦ500Д0, $S_{уд}=310$ м²/кг, $S'_{уд}=660$ м²/кг (ЦНВ); 2 – «Мордовцемент» ЦЕМ I 42,5Б, $S_{уд}=280$ м²/кг, $S'_{уд}=730$ м²/кг (ЦНВ); 3 – «Мордовцемент» ЦЕМ II/A-П 42,5Н, $S_{уд}=480$ м²/кг, $S'_{уд}=917$ м²/кг (ЦНВ); 4 – «Ульяновскцемент» ЦЕМ II/A-К(Ш-П) 32,5, $S_{уд}=310$ м²/кг, $S'_{уд}=780$ м²/кг (ЦНВ). * Цифры над гистограммами обозначают процент превышения

Рис. 7. Прочность при сжатии ЦПР в возрасте 1 сут нормального твердения (R_1^c) на ПЦ500 разных цемзаводов (1–4) и на ЦНВ-50КБ на их основе (1'–4')

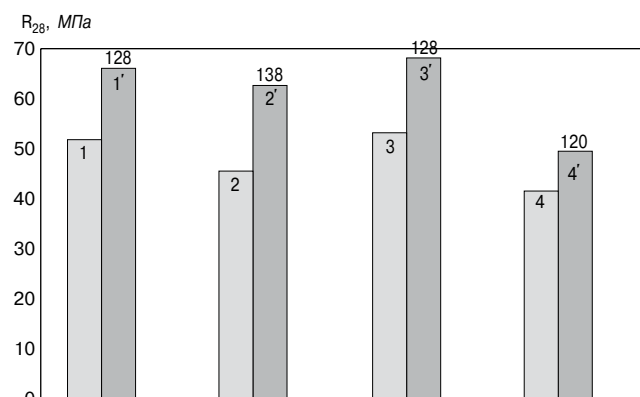


Рис. 8. Активность при сжатии в 28 сут возрасте ПЦ разных цемзаводов (1–4) и ЦНВ-50КБ на их основе (1'–4')

Таблица 6
Энергетическая оценка эффективности приготовления ЦНВ в лабораторных условиях в зависимости от содержания С-3

ЦНВ	Э, кВт·ч/кг			Э', кВт·ч/1 МПа (R_{28}^C)		
	Содержание С-3, %			Содержание С-3, %		
	1	2	4	1	2	4
ЦНВ-30КР	5,4	5,3	4,7	0,156	0,135	0,108
ЦНВ-50КР	5,2	5	3,7	0,106	0,101	0,06
ЦНВ-70КР	8,6	6,9	6,1	0,181	0,117	0,08
ЦНВ-30КБ	0,92	0,76	0,66	0,025	0,02	0,017
ЦНВ-50КБ	1,73	1,43	1,17	0,026	0,02	0,015
ЦНВ-70КБ	3,73	2,4	1,58	0,052	0,028	0,017

1. Карбонатный ЦНВ-50 может равноценно заменить бездобавочный ПЦ500Д0 в тяжелых бетонах при неизменности их состава и класса. При этом они превосходят бетоны на «чистоклинкерном» цементе по плотности равноподвижных бетонных смесей, большей интенсивностью набора прочности и большей 28-суточной прочности (последнее позволяет соответственно снизить расход вяжущего относительно контрольного состава). При этом изменение подвижности бетонных смесей во времени (до уплотнения) одинаково.

2. Особенностью и технико-экономическим преимуществом бетонов на карбонатных ЦНВ-50 является быстрый набор прочности в ранние сроки твердения в нормальных условиях (в 2–3 раза превосходит суточную прочность бетонов на ПЦ500Д0), а также существенное (на 120–140%) превышение 28-суточной прочности над прочностью бетона на чистоклинкерном цементе разных цементных заводов.

3. Установлено, что контракционная усадка карбонатных ЦНВ, как и кремнеземистых, значительно ниже, чем усадка при твердении ПЦ500Д0, и при этом она почти линейно снижается с уменьшением доли клинкерной составляющей, т. е. обусловлена ею, несмотря на рост удельной поверхности. Влажностные деформации ЦНВ также ниже усадки бездобавочного ПЦ на 9–13%.

4. Тепловыделение при гидратации ЦНВ-50 значительно ниже, чем экзоэффекты гидратации бездобавочного ПЦ, и температурный пик сдвигается в сторону большего времени (с 12 до 17–18 ч). Тепловыделение ЦНВ-70 кремнеземистых и карбонатных выше, чем у ПЦД0, ввиду экзотермического характера пуццоланических реакций, во-первых, и образования гидрокарбонатных соединений кальция – во вторых, суммирующихся с экзотермией гидратации ПЦ.

5. Морозостойкость бетонов на карбонатном ЦНВ-50 выше, чем на ПЦ500Д0 без добавки С-3, а также чем у бетонов на кремнеземистом ЦНВ-50.

6. Водопоглощение бетонов на карбонатных ЦНВ-50 ниже, чем у бетонов на ПЦ500Д0 и на кремнеземистом ЦНВ-50, ввиду лучших показателей однородности пор.

7. Защитные свойства бетона на карбонатном ЦНВ по отношению к стальной арматуре значительно выше, чем на кремнеземистом ЦНВ, а также чем у высокопрочных бетонов с добавками микрокремнезема, так как в отличие от них карбонатные наполнители не взаимодействуют с гидратной известью и не снижают pH бетона.

Заключение.

Доминирующая мировая тенденция развития цементной индустрии, направленная на снижение клинкероёмкости бетона, известные ранее данные об эффективности ЦНВ и полученные авторами результаты ис-

Таблица 7
Оценка эффективности суперпластификатора С-3 (1, 2, 4%) в ЦНВ по водоредуцирующему действию (ΔR_{28}^C , %) и по приросту активности ΔR_{28}^C (относительно ПЦ500Д0)

	Снижение В/Ц (%)			ΔR_{28}^C (%)		
	1	2	4	1	2	4
ЦНВ-30КР	37	41	48	-34	-25	-17
ЦНВ-50КР	32,6	43,5	45,6	-7	-5,5	+18
ЦНВ-70КР	15,2	39,1	43,5	-9,5	+12,4	+33
ЦНВ-30КБ	53	58	64	-29,8	-29	-26
ЦНВ-50КБ	53	70	84	+24	+40	+45
ЦНВ-70 КБ	48	64	77	+35	+66	+80

следования карбонатных ЦНВ в сравнении с кремнеземосодержащими приводят к следующему: **только** производство ЦНВ с использованием промышленных отходов может кардинально решать сырьевые, экономические и экологические проблемы, особенно снижение эмиссии CO₂, ввиду значительного (до двух и более раз) снижения клинкероёмкости этих вяжущих при одновременном улучшении их основных технических свойств; рациональное размещение помольных комплексов по выпуску ЦНВ на территории России позволит сократить в разы расстояния между производителем и потребителем цемента, сгладить сезонность цен и снизить их. Наиболее эффективным видом ЦНВ по техническим показателям и энергозатратам для Европейской части России являются карбонатные ЦНВ. Именно они могут и должны стать основным продуктом цементной индустрии страны в ближайшем будущем.

Список литературы

1. Кун Конненхолл. CEMBUREAU – цементный и энергетический рынок в Европе и мире // *Цемент и его применение*. 2013. № 3. С. 22–33.
2. Высоцкий. Е.В. Тенденции и перспективы развития рынка цемента Российской Федерации // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 66–69.
3. Семенов. А.А. Ситуация на российском рынке цемента: развитие производственной базы, перспективы, проблемы // *Строительные материалы*. 2011. № 3. С. 60–62.
4. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. Основные направления ресурсосбережения в строительстве и эксплуатации зданий. Часть 1 // *Строительные материалы*. 2013. № 7. С. 12–21.

References

1. Kong Kongnengholl. CEMBUREAU – the cement and energy market in Europe and the world. Tsement i ego primenienie. 2013. No. 3, pp. 22–33. (In Russian).
2. Vysotsky. E.V. Tendencies and prospects of development of the market of cement of the Russian Federation. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 2, pp. 66–69 (In Russian).
3. Semenov. A.A. Situation at the Russian Market of Cement: Development of Production Base. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 3, pp. 60–62. (In Russian).
4. Karpenko N.I. Yarmakovskiy V.N. the main directions of resource-saving in construction and operation of buildings. Part 1. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 7, pp. 12–21. (In Russian).

УДК 691.51:66.041.44

А.В. МОНАСТЫРЕВ, канд. техн. наук

Некоммерческое партнерство производителей извести (394001, г. Воронеж, ул. Ленина, 73)

Эффективные отечественные шахтные печи для обжига известняка фракции 30–120 мм

Приведен опыт реконструкции дробильно-сортировочного и печного оборудования на заводе в Свердловской области с целью улучшения технико-экономических показателей работы и расширения диапазона размера обжигаемого сырья. В результате проведения комплекса работ на дробильно-сортировочном участке получена возможность обжига известняка фракции 30–50 мм в печи № 1 и фракции 50–120 мм в печи № 2. Реконструкция двух шахтных печей включала изменения решения в загрузочных устройствах, позволивших направлять более крупные куски сырья в приосевую область шахты и устранившие простаивание печей из-за обрыва тросов. Разработаны оригинальные конструкции подачи природного газа в приосевую область зоны обжига с применением керамического керна в печи № 1 и осевой горелки в печи № 2; усовершенствована конструкция периферийной горелки. Эти мероприятия позволили получить в поперечном сечении зоны обжига печей равномерное температурное поле, что повысило степень обжига известняка и активность получаемой извести. Подобраны эффективные огнеупорные материалы, увеличивавшие срок службы футеровки в зоне обжига печей и защитных фурм периферийных горелок. В итоге производительность каждой печи выросла с 70 до 90 т/сут, содержание активных CaO+MgO в извести увеличилось с 65–70 до 80–85%, а расход газа снизился с 140 до 125 м³ на 1 т извести, что позволило использовать ее для производства сухой гидратной извести.

Ключевые слова: Известь, обжиг известняка, шахтная печь, загрузочные устройства, периферийные горелки.

A.V. MONASTYREV, Candidate of Sciences (Engineering)

Non-commercial Partnership of Lime Manufacturers (73, Lenina Street, 394001, Voronezh, Russian Federation)

Efficient Domestic Shaft Kilns for Burning of Limestone of 30–120 mm Fraction

The experience in reconstruction of screening-and-crushing and kiln equipment at the factory in Sverdlovsk Region with the purpose to improve technical and economic indicators of operation and to expand the diapason of sizes of raw materials burnt is presented. As a result of realization of a complex of works at the screening-and-crushing sector the possibility of burning of limestone of 30–50 mm fraction in the kiln №1 and 50–120 mm fraction in the kiln № 2 has been obtained. The reconstruction of two shaft kilns included the change in design of charging feeders that made it possible to direct bigger pieces of raw material in the near-axial zone of the shaft and to eliminate the downtime of kilns due to breakage of rope. Original designs of natural gas supply to the near-axial part of the burning zone with the use of ceramic kern in the kiln №1 and an axial burner in the kiln № 2 have been developed; the design of the peripheral burner has been improved. These measures make it possible to receive the uniform temperature field in the cross-section of the burning zone of kilns that improves the level of limestone burning and activity of manufactured lime. Efficient fire-proof materials were selected that increased the service life of lining in the burning zone of kilns and protective tuyeres of peripheral burners. As a result the output of each kiln increased from 70 up to 90 tn/day, content of active CaO+MgO in lime increased from 65–70% up to 80–85%, gas consumption reduced from 140 up to 125 m³ per 1 tn of lime that made it possible to use it for producing the dry hydrate lime.

Keywords: lime, lime burning, shaft kiln, feeders, peripheral burners.

В известковом цехе ООО «Комбинат строительных материалов» (г. Богданович Свердловской обл.) работают две печи проектной производительностью 100 т/сут с рабочей высотой шахты 12 м и диаметром в зоне обжига 3,2 м. Еще в советское время отопление печей было переведено с угля на природный газ ($Q_{н^p} = 33,52$ МДж/м³) без наращивания шахты, что привело к неудовлетворительной их работе [2]. При обжиге известняка класса Б по ОСТ 21–27–76 «Породы карбонатные для производства строительной извести. Технические условия» фракции 40–80 мм производительность каждой печи составляла 70–75 т/сут при содержании активных CaO+MgO=65–70% и удельном расходе условного топлива 160 кг. Низкие показатели работы печей были обусловлены также несовершенной конструкцией механизма загрузки, неэффективной системой ввода и сжигания природного газа в зоне обжига, состоявшей из расположенных в два яруса двенадцати периферийных горелок, и разбросом размеров кусков обжигаемого сырья от 40 до 200 мм.

В последующие годы по инициативе начальника цеха извести С.А. Бортникова и при его активном участии обе шахтные печи несколько раз реконструировались, что существенно улучшило их работу. Приведем наиболее значительные из внедренных технических решений (рис. 1).

Модернизирован привод двухклапанного загрузочного устройства с реверсивной лебедкой, при котором колокола 4 и 5 прежде поднимались и опускались с помощью закрепленного на барабане лебедки стального каната. По этой схеме при подъеме нижнего колокола

лебедкой с помощью стального троса и системы блоков на заданную высоту он замыкал конечный выключатель (ВК) и лебедка включалась на реверс. В случае отказа ВК сигнал на реверс лебедки не поступал и происходил обрыв каната, приводящий к падению ковша. На рис. 1 приведен механизм загрузки печи № 1 после реконструкции.

Новая конструкция привода нижнего клапана-колокола 5 включает электродвигатель 12, ременную передачу и редуктор 13, на валу которого закреплен эксцентриковый диск 15 с противовесом 14. Оба клапана механизма загрузки переведены на включение индивидуальными бесконтактными ВК. При этом ковш включает ВК во время своего опускания и электропривод вращает вал с эксцентриковым диском, поднимая нижний колокол 5. Затем электродвигатель отключается и колокол под действием своей массы и противовеса диска опускается, делая полный оборот, поэтому трос никогда не обрывается, что снижает простои печи, увеличивая ее среднегодовую производительность. Натяжение каната лебедки регулируется специальным устройством, соединенным с тросовым приводом лебедки.

Механизм загрузки известняка (рис. 1, а) дополнен неподвижным распределительным конусом 6, закрепленным на двух параллельно расположенных швеллерах. При подъеме нижнего клапана 5 фракционированное сырье сыпается на равнобокий конус 6, который отбрасывает крупную его фракцию примерно на середину радиуса шахты, постепенно образуя конус, крупные куски которого по его внутренней поверхности

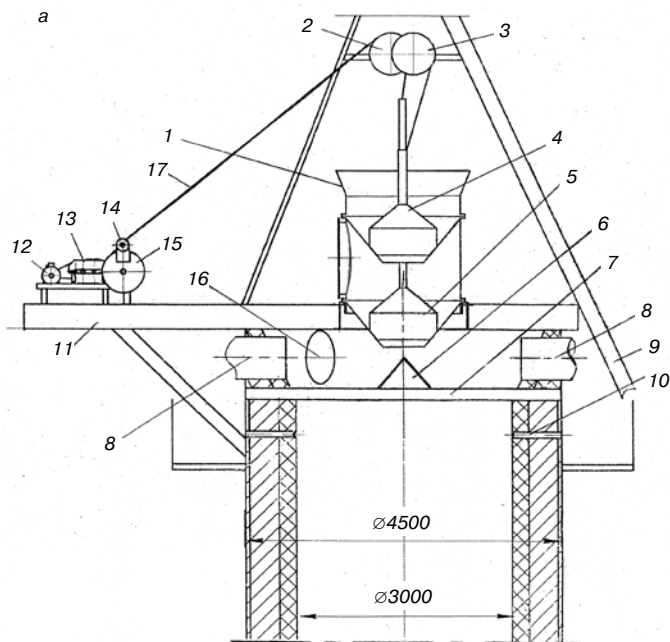
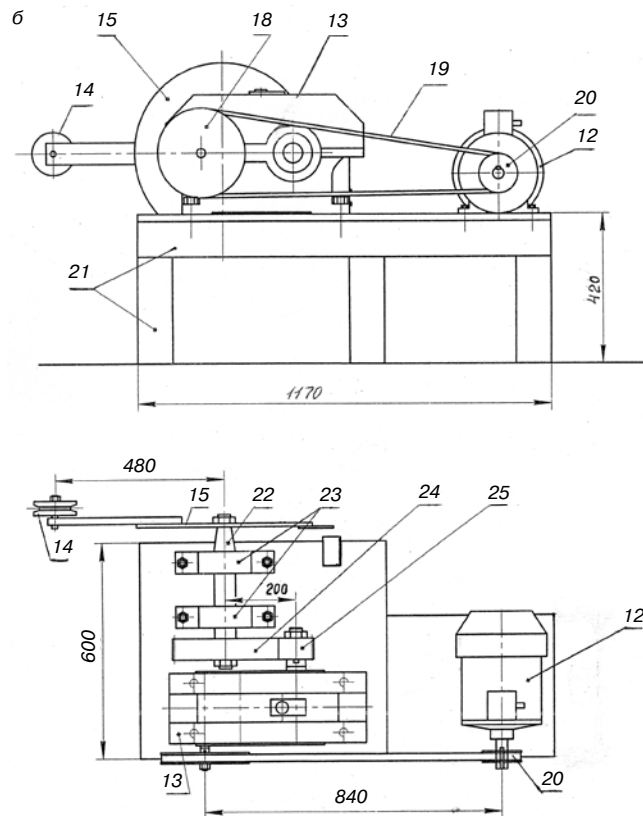


Рис. 1. Механизм загрузки шахтных печей ООО «КСМ» конструкции С.А. Бортникова: а – механизм загрузки; б – электромеханический привод нижнего клапана; 1 – приемная чаша; 2, 3 – блоки; 4, 5 – верхний и нижний клапаны (колоколы); 6 – конус-распределитель; 7 – швеллер; 8 – патрубок; 9 – ствол скипового подъемника; 10 – отверстие для датчика радиоизотопного уровнемера сырья в печи; 11 – свод шахты; 12 – электродвигатель; 13 – редуктор; 14 – противовес; 15 – эксцентриковый диск; 16 – клапан взрывобезопасности; 17 – стальной трос; 18, 20 – шкив; 19 – ремень; 21 – рама; 22 – вал; 23 – опоры подшипниковые; 24, 25 – шестерни зубчатые



ссыпаются в приосевую область, а средние и мелкие распределяются ближе к пристенной области шахты. Установка конуса б выравняет скорости газового потока по поперечному сечению шахты в зоне обжига, обеспечивая более полное и равномерное сгорание топлива в поперечном сечении. Управление загрузочным устройством автоматизировано и осуществляется по сигналу уровнемера сырья в печи. Механизм загрузки сырья отличается простотой конструкции его узлов и возможностью их изготовления силами механического цеха любого предприятия.

Футеровка шахты печей в зоне высоких температур выполнена из высокоогнеупорного кирпича марки ПХСУТ (ГОСТ 10888–93), что привело к увеличению срока ее службы до пяти лет. Для теплоизоляции шахты применен эффективный легковесный шамотный кир-

пич марки ШЛБ-1,3. Кладка зоны подогрева печи опирается на стальное кольцо 14 (рис. 3), установка которого позволяет заменять футеровку зоны обжига во время ремонта печи без разрушения футеровки и теплоизоляционного слоя зоны подогрева.

При реконструкции устройств выгрузки извести из печей выполнены следующие изменения. Асинхронный электродвигатель электромеханического привода пластинчатого питателя снабдили частотным преобразователем. Это позволяет плавно менять производительность печи. Заднюю стенку течки, по которой известь поступает на ленту пластинчатого питателя, оснастили механизмом изменения угла ее наклона в пределах 55–70°, что дает возможность регулировать равномерность выгрузки извести из печи при нарушениях режима обжига материала.



Рис. 2. Фотографии загружаемого в шахтные печи известняка фракции 30–50 мм: а – до реконструкции дробильно-сортировочного узла; б – после реконструкции

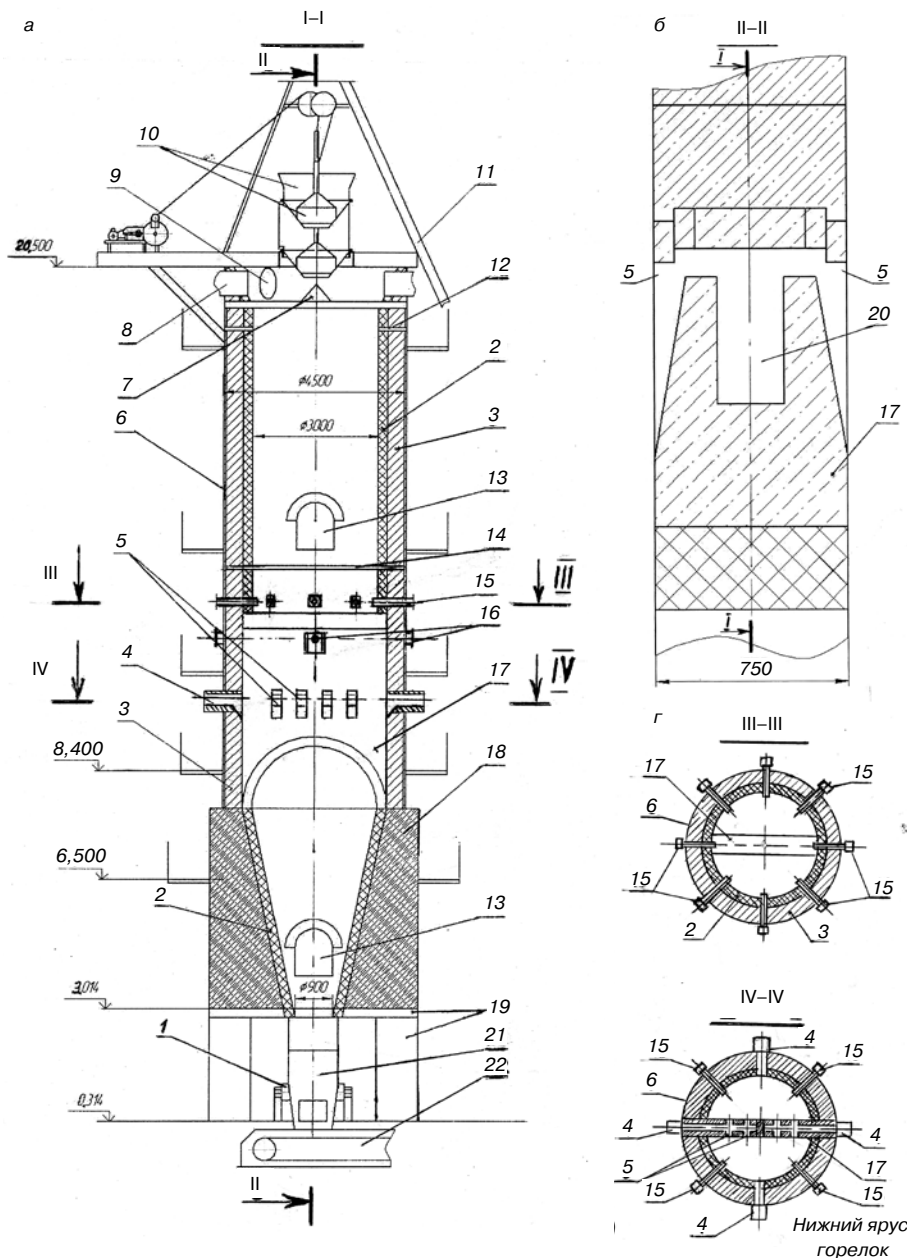


Рис. 3. Шахтная печь №1 с керамическим керном производительностью 90 т/сут: а – шахтная печь; б – поперечное сечение части керамического керна; в – вид сверху канала 20 керна 17 с поперечной стенкой; г – расположение горелок в шахте по сечениям III-III и IV-IV; 1 – питатель пластинчатый; 2 – футеровка; 3 – теплоизоляционный кирпич; 4 – топочная горелка; 5 – окна керна; 6 – кожух шахты; 7 – распределительный конус; 8 – патрубок отбора печных газов; 9 – предохранительно-взрывной клапан; 10 – двухклапанный механизм загрузки сырья; 11 – ствол скипового подъемника; 12 – отверстие для датчика радиоизотопного уровнемера сырья; 13 – люк для ремонтных работ; 14 – опорное кольцо; 15 – периферийная горелка; 16 – центральная керновая горелка; 17 – керамический керн; 18 – кладка из шамотного кирпича БУ; 19 – фундамент печи; 20 – жаровочный канал керна; 21 – перфорированный кожух питателя; 22 – конвейер ленточный

Из-за недостаточной высоты зоны охлаждения в печах температура выгружаемой извести составляла 250–300°C, что часто приводило к прогораниям ленты конвейера. При реконструкции печей пластинчатый питатель был заключен в перфорированный кожух и установлен вентилятор, продувающий через кожух и слой извести на ленте питателя холодный воздух, который после очистки от известковой пыли выбрасывается через трубу в атмосферу. В результате температура извести на выходе из питателя снизилась до 50–80°C и повреждения резиновой ленты конвейера извести прекратились.

Большой комплекс работ по улучшению фракционного состава обжигаемого известняка выполнен на дробильно-сортировочном участке комбината. Итогом их является отдельный обжиг известняка, при котором фракция 30–50 мм обжигается в шахтной печи № 1, фракция 50–120 мм – в печи № 2. На рис. 2 показан фракционный состав известняка, используемый на печи № 1 до реконструкции (а) и после реконструкции (б).

Шахтная печь № 1 (рис. 3) представляет особый интерес. Печь отличается тем, что при ее реконструкции впервые в РФ и стран СНГ ввод топлива в приосевую

область зоны обжига осуществляется при помощи керна, сложенного из кирпича марки ПХСУТ (ГОСТ 10888–93). Срок службы керна составляет около семи лет. Реализованная система привела к возможности успешного обжига в печи известняка фракции 30–50 мм, увеличению производительности печи, росту степени обжига сырья и снижению удельного расхода топлива.

Печь № 1 была реконструирована по проекту компании «ГипроМез» с участием доцента Уральского технического университета В.В. Мадисона. В зоне обжига печи установлен одноственный керамический керн 17, снабженный разделенным поперечной стенкой жаровочным каналом 20 с четырьмя окнами 5 (рис. 3, б, в) с каждой стороны керна. Две керновые тангенциальные горелки 4 соединены с торцами жаровочного канала 20. Тангенциальная горелка (рис. 4), выпускаемая ООО «НТПФ «Эталон» (г. Магнитогорск Челябинской обл.), представляет собой футерованную цилиндрическую камеру, по оси которой закреплена горелочная труба, а через патрубок, расположенный по касательной к окружности цилиндра, в камеру подается холодный воздух. Горелка снабжена запальным устройством (свечой). Закрученный в камере воздух хорошо смешивается



Рис. 4. Внешний вид тангенциальной горелки 4

с природным газом, а свеча зажигает образовавшуюся горючую смесь, которая частично сгорает в камере горелки и через выходное отверстие поступает в канал 20. Продукты частичного сгорания топлива в керновых горелках 4 поступают из канала 20 через окна 5 в приосевой слой сырья по обе стороны керна, куда также поступают природный газ и холодный воздух из центральной горелки 16; в межкусковом пространстве сырья зоны обвала печи топливо полностью догорает, развивая температуру до 1300–1350°C.

В стенках шахты в два яруса установлено 14 периферийных горелочных устройств (рис. 3, г), два из которых представляют собой выносные периферийные тангенциальные горелки 4 (рис. 4). Природный газ и холодный воздух также подаются в периферийные тангенциальные горелки 4, в камерах которых они хорошо смешиваются и частично сгорают в закрученном пото-

Таблица 1
Основные показатели известняка, обжигаемого в шахтных печах ООО «КСМ»

Наименование	Печь № 1	Печь № 2
Фракция, мм	30–50	50–120
Содержание CaCO ₃ , %	80–92	80–92
MgCO ₃ , %	2–15	2–15
Содержание глинистых примесей, %	3–5	3–4
Лещадность, %	менее 5	менее 10
Предел прочности при сжатии, Н/мм ²	60–80	60–80

ке воздуха, после чего продукты неполного горения поступают в пристенный слой обжигаемого материала, где догорают.

В зоне обжига печи установлено двенадцать периферийных консольных фурменных горелок 15 конструкции С.А. Бортникова (рис. 3, г), в которые природный газ и холодный воздух поступают под давлением из соответствующих коллекторов. Фурменная горелка конструкции Бортникова (рис. 5) отличается тем, что короткая горелочная труба расположена в трубе-смесителе большего диаметра с головкой, снабженной соплом. Воздух подается вентилятором в трубу-смеситель, где смешивается с природным газом, образуя на выходе головки горелки горючую смесь, которая поступает в пристенный слой материала и постепенно полностью сгорает, смешиваясь с движущимся в шахте воздухом. При этом возле защитной фурмы горелки в зависимости от коэффициента избытка воздуха часто развивается слишком высокая температура, при которой срок службы защитной фурмы ограничивается несколькими месяцами. После ряда лет эксплуатации фурменных горелок Бортникова стал применять защитные фурмы из жаропрочной стали с боковыми стенками толщиной 30 мм и футеровать их снаружи огнеупорным кирпичом марки ПХСУТ (рис. 5, б), что увеличило срок их службы до трех лет.

Благодаря сочетанию керамического керна с периферийными горелками в зоне обжига печи устанавливается равномерное высокотемпературное поле, обеспечивающее степень диссоциации известняка 92–93%, что для шахтной печи является хорошим показателем.

Зона обжига печи № 2 при реконструкции оборудована расположенными в два яруса периферийными консольными фурменными горелками конструкции Бортникова в количестве 16 шт. В начале зоны охлаждения печи на стальном опорном коробе установлена

Таблица 2
Основные показатели работы шахтных печей ООО «КСМ»

Наименование	Печь № 1	Печь № 2
Средняя производительность по извести, т/сут	90	90
Качество извести: ППП %	4–6	5–7
среднее содержание активных CaO+MgO, %	82–85	75–80
время гашения, мин	5–7	5–7
температура гашения, °C	68–75	65–73
содержание непогасившихся зерен, %	5–12	10–15
Средний удельный расход топлива на 1 т извести:		
природного газа, м ³	125	125
условного топлива, кг	143	143
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч на 1 т извести	34	30
Температура отходящих газов, °C	200–250	200–250
Температура выгружаемой извести, °C	50–80	50–80



Рис. 5. Внешний вид периферийной горелки Бортникова: а – снаружи печи; б – в зоне обжига

осевая (центральная) горелка высотой около 1,5 м и диаметром в основании 0,6 м (рис. 6), которая отличается от известных конструкций [2] увеличенным сечением канала и отверстий для прохода воздуха и более обтекаемыми наружными формами корпуса. Природный газ

Список литературы

1. Монастырев А.В. Всегда ли нужно закупать оборудование зарубежных фирм для известкового производства // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 4–8.
2. Монастырев А.В., Галиахметов Р.Ф. Печи для производства извести. Воронеж: Истоки. 2011. 392 с.



Рис. 6. Осевая (центральная) горелка конструкции Бортникова

подается в горелку по стальной трубе. Холодный воздух по пустотелому опорному коробу засасывается из атмосферы в горелку под разрежением в печи и вместе с топливом поступает в приосевую область шахты.

На печи № 2 применена оригинальная система перевода части нагретого в зоне охлаждения воздуха в зону обжига для дожигания несгоревших компонентов природного газа, которая способствует снижению удельного расхода топлива. Однако, горячий воздух, подаваемый в зону обжига при помощи стальных труб, лишенных теплоизоляции, снижает эффективность выполненной конструкции. Поэтому данный узел нуждается в доработке.

Таким образом, большой комплекс работ, выполненных при реконструкции шахтной печи № 2, обеспечил при обжиге известняка фракции 50–120 мм достаточно эффективную ее работу.

При внедрении печей конструкции С.А. Бортникова на других предприятиях необходимо рабочей (полезную) высоту печи выполнить в пределах 17–19 м и доработать элементы некоторых конструкций, что увеличит ее производительность до 100–120 т/сут и снизит удельный расход условного топлива до 130–132 кг.

Данные по сырью и извести, а также основные показатели работы печей после завершения реконструкции приведены в табл. 1 и 2.

References

1. Monastirev A.V. Whether always it is necessary to buy the equipment of foreign firms for limy production. *Stroitel'nye materialy*. 2013. No. 9, pp. 4–8. (In Russian).
2. Monastirev A.V., Galiakhmetov R.F. Pechi dlya proizvodstva izvesti [Furnaces for production of lime]. Voronezh: Istoki. 2011. 392 p.

В.И. КАЛАШНИКОВ¹, д-р техн. наук, В.Т. ЕРОФЕЕВ², д-р техн. наук, М.Н. МОРОЗ¹, канд. техн. наук, И.Ю. ТРОЯНОВ¹, инженер, В.М. ВОЛОДИН¹, инженер, О.В. СУЗДАЛЬЦЕВ¹, инженер

¹ Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (440028., г. Пенза, ул. Германа Титова, 28)

² Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (Республики Мордовия, 430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

Наногидросиликатные технологии в производстве бетонов*

Представлены сведения о дисперсных добавках нанометрического масштабного уровня, которые вводятся в современные бетоны для улучшения их свойств. Показано, что в проведенных ранее исследованиях авторы стремились к минимизации содержания наночастиц (трубок, фуллеренов и т. д.), шунгитов, кремнезема в бетоне и вводили их в количестве 10–100 г на 1 м³ бетона. Такие сверхмалые концентрации не позволяют создать прорывных технологий для бетонов. Будущее бетонов связано прежде всего с введением микрометрических частиц с суперпластификаторами для получения самоуплотняющихся бетонов. Рассмотрено введение нанометрических гидросиликатов кальция – центров кристаллизации в бетоны, изготовленные по микротехнологии. Приведены результаты испытания, в которых максимальное приращение прочности по сравнению с контрольным бетоном без центров кристаллизации происходит в период 6–10 ч после затворения водой.

Ключевые слова: бетон, нанометрические центры кристаллизации, топология, прочность.

V.I. KALASHNIKOV¹, Doctor of Sciences (Engineering), V.T. EROFEEV², Doctor of Sciences (Engineering), M.N. MOROZ¹, Candidate of Sciences (Engineering), I.Yu. TROYANOV¹, Engineer, V.M. VOLODIN¹, Engineer, O.V. SUZDAL'TSEV¹, Engineer

¹ Penza State University of Architecture and Civil Engineering (28, Germana Titova Street, Penza, 440028, Russian Federation)

² National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev (68, Bolshevistskaya Street, Saransk, 430005, Republic of Mordovia, Russian Federation)

Nanohydrosilicate Technologies in Concrete Production*

Data on disperse additives of nano-metric scale which are introduced into modern concretes for improving their properties are presented. It is shown that in earlier studies, the authors tried to minimize the content of nano-particles (tubes, fullerenes, etc.), shungite, silica in concrete and introduced them in the quantity of 10–100 g per 1 m³ of concrete. Such ultra-low concentrations don't make it possible to create breakthrough technologies for concrete. The future of concretes is primarily connected with the introduction of micrometrical particles with super-plasticizers to obtain self-compacting concretes. The introduction of nano-metrical hydrated calcium silicates, the centers of crystallization, in the concretes made according to micro-technology is considered. The results of tests, in which the maximum strength improvement as compared with the control concrete without crystallization centers occurs during 6–10 hours after mixing with water, are presented.

Keywords: concrete, nanometrical centers of crystallization, topology, strength.

Современные нанотехнологии пластифицированных бетонов становятся эффективными в основном при использовании нанометрических активных аморфных кремнеземов – техногенных микрокремнеземов (МК) от производства ферросилиция, порошкообразного осажденного кремнезема, пирогенного микрокремнезема или суспензий кремнегеля и кремнезоля. Наномасштабный дисперсионный состав их достаточно разнообразный: от широкого полидисперсного 3–5 – 100–200 нм, до узкого – 100–300 нм. В техногенном микрокремнеземе от производства ферросилиция максимальное количество частиц находится в области размеров 100–300 нм, но в нем содержится до 20–30% частиц с размерами более 1 мкм. В целом в дисперсиях микрокремнезема (иностранные марки «Микросилика») 70–80% частиц по размерным уровням находится в третьем десятичном наномасштабном уровне от 100 до 1000 нм.

Более дисперсными являются белые сажи, пирогенные кремнеземы, кремнезоли и кремнегели, полидисперсное распределение которых распространяется на три десятичных наномасштабных уровня от 3–5 до 100–150 нм.

Основное назначение активных микрокремнеземов – связать ненужный, «балластный» портландит в дополнительное вяжущее, что равносильно введению не только дополнительного количества цемента, но

и повышению прочности за счет заполнения капиллярных пор высокопрочными гидросиликатами. Естественно, что такие нанотехнологии рациональны потому, что они научно обоснованы и соответствуют основным положениям теории гидросиликатного твердения известково-кремнеземистых смесей. Для связывания 10–20% выделившегося портландита необходимо добавить в бетон по меньшей мере 12–25% аморфного нанометрического микрокремнезема, чтобы получить 20–40% гидросиликатов кальция с основностью, близкой к 1.

Ряд исследователей возлагает большие надежды на нанотехнологии бетонов с микродозировками (от 0,006 до 0,1%) наночастиц углеродных, углеродно-кремнеземистых добавок в количестве 10–100 г на 1 м³ (шунгита, одномерных трубок, фуллеренов, фуллероидов и т. д.) [1–4]. Предлагаются добавки нанокорунда, золей ортокремневой кислоты, золей берлинской лазури, взятые в микродозах от массы цемента. При этом не учитывается то, что в процессе гидролиза силикатных минералов выделяется большое количество малопрочной, достаточно растворимой и коррозионно-активной гидролизной Ca(OH)₂. Невозможно связать основное количество выделившейся гидролизной извести микродозами любых наночастиц в цементирующее вещество. Нельзя получить без использования значительного содержания активного кремнезема, например МК, дополнительное

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №13-08-97171.

* The work was executed with the support of Russian Foundation for Basic Research (RFBR) grant № 13-08-97171.

количество высокопрочных гидросиликатов. Нельзя сколь-либо заметно уменьшить пористость бетона при высоком В/Ц-отношении, а следовательно, и увеличить прочность.

Истинные кремнеземистые микронанотехнологии бетонов с введением высокого количества активных кремнеземов в отечественной и зарубежной практике стали реальностью, и они определяют прогресс в технологии бетона. В них наметилось сочетание нанометрических кремнеземов верхнего наномасштабного уровня (МК) и более низкого уровня с размерами частиц 10–100 нм.

Перспективным является комбинирование нанокремнеземистых технологий с наногидросиликатными технологиями в производстве бетонов. Они в комплексе определяют, с одной стороны, реакцию $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с SiO_2 , а с другой – кристаллизацию образующихся в растворе гидросиликатов на одноименных подложках [5, 6].

В портландцементе содержание алита и белита достигает 70–80%. В некоторых белых цементах содержание алита составляет 70–75%, а сумма алита и белита – 80–90%. При полной гидратации алита и белита количество выделившегося портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ может достигать: из алита – 40%, из белита – 21,5%.

Для полного связывания портландита в полуторасовные гидросиликаты требуется 14,1–15,8% SiO_2 ; для низкоосновных ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 0,8$) требуемое содержание 100%-го аморфного кремнезема должно быть 20–23%.

Опасения относительно более интенсивной коррозии стальной арматуры за счет исчезновения свободной $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и исключения пассивирующего действия ее на взгляд авторов не имеет почвы по следующим причинам:

- микрокремнезем используется для получения низкопористых высокоплотных и высокопрочных бетонов, в которых диффузионные процессы замедляются в десятки раз, как и коррозионные;
- в такие бетоны могут вводиться эффективные ингибиторы коррозии стали;
- для особых условий службы железобетона дозировка кремнезема может вводиться пониженной с учетом неполного связывания портландита;
- для бетонов, работающих в сильных агрессивных средах, армирование может осуществляться стеклопластиковой арматурой.

Гидросиликаты кальция исходя из классификации химических добавок по В.Б. Ратинову [7] относятся к добавкам третьего класса – готовым центрам кристаллизации, или иначе, кристаллическим затравкам. Считается, что процесс твердения цемента лимитируется стадиями растворения исходной фазы, на которые наличие центров кристаллизации непосредственно не влияет и их введение не может заметно ускорить процесс твердения. По исследованиям В.Б. Ратинова, молотый тоберморит почти не изменял кинетику превращения в воде двухкальциевого гидросиликата, а введение C_3AH_6 не ускорило кинетику твердения C_3A , как и введение гидросульфата алюмината кальция не изменяло кинетики его образования из C_3A и гипса.

В целом считается, что готовые центры кристаллизации влияют в цементных бетонах на пленкообразование и их ускоряющий эффект неустойчив, неодинаков для цементов разного химико-минералогического состава. Он плохо воспроизводим даже для бетонов на цементах одного и того же состава.

Предположительно причина несопоставимости и неустойчивости такого действия центров кристаллизации связана с различной дисперсностью гидросилика-

тов кальция. Их получали помолом до удельной поверхности 300–500 м²/кг. В таком грубомолотом виде они не могли существенно ускорить твердение бетона при содержании 2–3% от массы цемента вследствие дискретного расположения в структуре цементного камня и на относительно больших расстояниях частиц друг от друга.

В настоящее время научный прогресс в области ускорения твердения цементных систем гидросиликатными зародышами кристаллизации поднялся на высокий уровень. Недавно как за рубежом [5, 6], так и в нашей лаборатории синтезированы нанометрические гидросиликаты кальция (с супертонкими частицами) в суспензионном виде.

Все теории кристаллизации на подложках относятся к кристаллизации из пересыщенных растворов, когда скорость процесса не лимитируется концентрацией кристаллизующегося вещества. Поэтому предшествующим кристаллизации этапом является наработка вещества в растворе до состояния пересыщения. Важный теоретический вывод состоит в том, что после достижения пересыщения в микрообъеме каждой цементной частицы для ускорения кристаллизации должно находиться достаточное количество зародышей. Выполним расчеты примерного соотношения счетных наномасштабных частиц гидросиликатных зародышей кристаллизации n_r и частиц цемента $n_{ц}$ по формуле [8]:

$$C_{r-ц} = \frac{n_r}{n_{ц}} = \frac{m_r \cdot d_{ц}^3 \cdot \rho_{ц}}{m_{ц} \cdot d_r^3 \cdot \rho_r}, \quad (1)$$

где m_r , $m_{ц}$ – массовое содержание частиц гидросиликатов и цемента, в долях единицы ($m_r = 1 - m_{ц}$); d_r , $d_{ц}$ – средний диаметр частиц гидросиликатов и цемента; ρ_r , $\rho_{ц}$ – истинные плотности гидросиликатов и цемента.

При равенстве дисперсностей цемента и твердых центров кристаллизации их диаметры можно принять одинаковыми. По результатам анализа гранулометрии по воздухопроницаемости средний размер частиц цемента равен 10 мкм. Примем плотность цемента и частиц гидросиликата 3,1 и 2,4 г/см³. При концентрации затравок в количестве 1% от массы цемента в соответствии с расчетом на каждый центр кристаллизации будет приходиться 80 цементных частиц. В терминах кубического расположения частицу кристаллического зародыша можно поместить в центр куба с длиной ребра, равного 4,2 диаметрам частиц цемента. Тогда расстояние между поверхностями зародышей в структуре цементного камня с учетом водных прослоек будет 32 мкм и один зародыш должен обеспечить 80 частиц цемента.

Если принять средний размер частиц зародышей гидросиликатов равным 200 нм, то на одну частицу цемента придется 1615 частиц гидросиликатов (1% от массы цемента). Для определения степени перекрытия поверхности (Π) частиц цемента множеством частиц гидросиликатов вычислим отношение суммарной площади экваториального сечения частиц гидросиликатов к поверхности частицы цемента:

$$\Pi = \frac{(\pi d_r^2/4) \cdot n_r}{\pi d_{ц}^2}. \quad (2)$$

В соответствии с расчетом степень перекрытия равна 0,161 т. е. 16,1%. С учетом размещения сферических частиц зародышей в кубическом расположении их между собой частицы затравки покроют 31% поверхности цементной сферы. В действительности с учетом прослоек воды трехмерным молекулярным слоем доля поверхности частицы цемента, занятая гидратированными зародышами несколько увеличится.

Наименование компонентов и их расход на 1 м ³ бетона	В/Ц, В/Т	ρ, кг/м ³	Консистенция	Прочность, МПа, через						
				6 ч	8 ч	10 ч	1 сут	7 сут	28 сут	
ПЦ 500 Д0	400	0,387 0,068	2370	ОК = 28 см	0,1*	1	4,2	43,2	88	116
Микрокремнезем	40									
Микрокварц	300									
Песок тонкий фр. 0–0,63 мм	560									
Песок средний	975									
Melflux 5581F	3,6									
Вода	155									
Состав с добавкой гидросиликата кальция										
ПЦ 500 Д0	391	0,387 0,068	2360	ОК = 27 см	3,2	10,6	18,2	44,4	86	110
Микрокремнезем	39,1									
Гидросиликат кальция	9,2									
Микрокварц	293									
Песок тонкий фр. 0–0,63 мм	547									
Песок средний	956									
Melflux 5581F	3,5									
Вода	152									
Примечание. * Пластическая прочность.										

При средних размерах гидросиликатных зародышей 50 нм на одну частицу цемента диаметром 10 мкм (примерное соотношение как 200 нм к 1 мкм) приходится 103333 частиц гидросиликатов. Отношение экваториальной площади всех частиц гидросиликатов к поверхности частицы цемента с учетом оводнения поверхности составляет 1,26 (126%), т. е. каждая частица цемента покрывается почти одномерным слоем оводненных зародышей кристаллов (покрытых слоем воды). Вероятно, такое количество зародышей может оказаться недостаточным или избыточным. На этот вопрос может ответить эксперимент, когда количество добавки гидросиликатов будет варьировать.

Безусловно, что приведенные топологические расчеты со многими допущениями приближительны, потому что все частицы зародышей условно распределили по поверхности сфер. Однако из расчетов следует, что счетное количество зародышей кристаллизации должно быть на порядки больше, чем частиц цемента. Это обеспечивает малый пробег ионов от цементной частицы к центрам кристаллизации. Безусловно также, что кинетика кристаллизации будет лимитироваться кинетикой гидролиза силикатных клинкерных минералов, а процесс кристаллизации интенсифицировать гидролиз уже в начальной фазе взаимодействия цемента с водой. Начало автокаталитического процесса ускорится при наличии нанометрических частиц аморфного кремнезема, и частично, с тонкомолотым кварцевым песком, которые будут вступать в реакцию с первыми избыточными после достижения насыщения водной фазы катионами кальция. Существенно изменится и механизм гидратации [8], с изменением на сквозь-растворный.

В подтверждение вышеизложенного приведены результаты прочностных свойств пластифицированных самоуплотняющихся порошково-активированных песчаных бетонов, изготовленных по микротехнологиям, в том числе с использованием добавки гидросиликатов кальция. В гранулометрическом составе гидросилика-

тов 60% частиц имели размер от 50 до 100 нм, а остальные – более 100 нм. Для получения самоуплотняющихся бетонных смесей по микронанотехнологии использовали портландцемент М500 Д0, микрокремнезем новокузнецкий в количестве 10% от цемента, микрокварц с $S_{уд} = 422 \text{ м}^2/\text{кг}$, тонкозернистый песок фракции 0–0,63 мм и средний гравийный песок фракции 0,63–5 мм с модулем крупности 2,45. Для пластифицирования смеси применяли гиперпластификатор Melflux 5581F. Прочностные показатели определяли через 6; 8; 10 ч и через 1; 7; 28 сут нормального твердения. Результаты испытания бетонов приведены в таблице.

Действие добавки гидросиликата кальция (таблица) начинает заметно проявляться между 6–10 ч после приготовления смеси. Через 6 ч прочность превышает контрольную в 32 раза, через 8 ч – в 10,6 раза и через 10 ч – в 4,3 раза. Через сутки твердения и в дальнейшем прочностные показатели постепенно выравниваются. Важно, что через 9–10 ч возможно расплубливание форм и обеспечение твердения изделий при температуре около 20°C без проведения тепловлажностной обработки. В работе [6] при содержании 3,5% добавки С–S–Н прочность бетона, равная 15 МПа, была достигнута через 8 ч.

Необходимо отметить, что на первом этапе исследований использовался гидросиликат кальция с недостаточной высокой дисперсностью. В настоящее время изменение технологии его производства позволило синтезировать стабилизированные нанометрические гидросиликаты кальция с частицами меньшего размера. Испытания их в бетонах продолжаются.

Первые результаты свидетельствуют о том, что комбинация реологически активных наполнителей микрометрического размера, таких как молотые горные породы, очень тонкие пески, суперпластификаторы и наночастицы аморфного кремнезема, наночастицы гидросиликатов кальция, может вывести микронанотехнологию бетонов на новый, более перспективный этап беспропарочных и малопропарочных производств.

Список литературы

1. Пономарев А.Н. Нанобетон – концепция и проблемы. Синергизм наноструктурирования цементных вяжущих и армирующей фибры // *Строительные материалы*. 2007. № 5. С. 2–4.
2. Яковлев Г.Н., Первущин Г.Н., Пудов И.А., Дулесова Н.Г., Бурьянов А.Ф., Сабер М. Структуризация цементных вяжущих матриц многослойными углеродными трубками. // *Строительные материалы*. 2011. № 2. С. 22–24.
3. Лукутцева Н.П. Пыкин А.А., Карпиков Е.Г. Особенности структурообразования цементного камня с углеродно-кремнеземистой нанодисперсной добавкой // *Строительные материалы*. 2011. № 9. С. 66–67.
4. Урханова Л.А. Булнтуев С.А., Лхасаранов С.А. Бетоны на композиционных вяжущих с нанодисперсной фуллереносодержащей добавкой // *Нанотехнологии в строительстве*. 2012. № 1. С. 39–49.
5. Улучшение качества и эффективности благодаря применению ускорителя твердения. // *СПИ Международное бетонное производство*. 2011. № 1. С. 88–90.
6. Людвиг Х.-М., Дрессель Д. Синтетические гидраты силиката кальция в сборных железобетонных конструкциях // *СПИ Международное бетонное производство*. 2011. № 5. С. 42–46.
7. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. *Добавки в бетон*. М.: Стройиздат, 1989. 186 с.
8. Калашников В.И., Калашников С.В. К теории твердения композиционных вяжущих // *Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства»*. Саранск, 2009. С. 119–123.

References

1. Ponomarev A.N. Nanoconcrete – concept and problems. Synergies nanostructuring cement binders and reinforcing fibers. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 5, pp. 2–4. (In Russian).
2. Yakovlev G.N., Pervushin G.N., Pudov I.A., Dulesova N.G., Bur'yanov A.F., Saber M. Structuring cement binding matrix multilayer carbon tubes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 2, pp. 2–24. (In Russian).
3. Lukuttseva N.P. Pykin A.A., Karpikov E.G. Peculiarities of structure of cement paste with carbon siliceous nanostructured additive. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 9, pp. 66–67. (In Russian).
4. Urkhanova L.A. Bulntuev S.A., Lkhasaranov S.A. Concrete on composite binding Nanostructured fullerene additive. *Nanotekhnologii v stroitel'stve*. 2012. No. 1, pp. 39–49 (In Russian).
5. Improving the quality and efficiency through the use of a hardening accelerator. *CPI Mezhdunarodnoe betonnoe proizvodstvo*. 2011. No. 1, pp. 88–90. (In Russian).
6. Lyudvig Kh-M., Dressel' D. Synthetic calcium silicate hydrates in precast concrete structures. *CPI Mezhdunarodnoe betonnoe proizvodstvo*. 2011. No. 5, pp. 42–46 (In Russian).
7. Ratinov V.B., Rozenberg T.I. *Dobavki v beton* [Concrete admixtures]. Moscow: Stroizdat. 1989. 186 p.
8. Kalashnikov V.I., Kalashnikov S.V. On the theory of hardening composite binders. *Proceedings of the International Scientific Conference «Actual problems of building»*. Saransk. 2009, pp. 119–123. (In Russian).

ЗАО «Научно-производственное предприятие «Гепол»

143054, Московская область, Одинцовский район, д. Хлюпино

тел. (495) 972-00-01, т/ф. (495) 669-61-27, (498) 697-80-25

www.gepol.ru

E-mail: gepol2002@yandex.ru

Реклама

Производство герметиков различного назначения:

- Строительные;
- Для теплиц и овощехранилищ;
- Для холодильников и морозильников;
- Для стеклопакетов;
- Для сантехнического оборудования;
- Для оптических и других приборов;
- Автомобильные.



Г.И. ЯКОВЛЕВ, д-р техн. наук., Г.Н. ПЕРВУШИН, д-р техн. наук., И.С. ПОЛЯНСКИХ, канд. техн. наук, С.А. СЕНЬКОВ, канд. техн. наук, И.А. ПУДОВ, канд. техн. наук, А.Е. МОХАМЕД, инженер

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

Бетон повышенной долговечности для производства опор линий электропередачи

С целью повышения физико-технических свойств цементного бетона в традиционный состав плотного цементного бетона вводились дисперсии многослойных углеродных нанотрубок производства французской корпорации «Аркема» диаметром 10–15 нм и длиной до 15 мкм для модификации структуры и свойств цементного бетона. Установлено, что при введении в состав бетона многослойных углеродных нанотрубок в количестве 0,006% от массы цемента повышается прочность бетона на 28%, морозостойкость увеличивается с F200 до F400, водонепроницаемость – с W8 до W14, что предполагает повышение долговечности модифицированного бетона.

Ключевые слова: многослойные углеродные нанотрубки, опоры линий передачи, морозостойкость, водонепроницаемость, диспергация, трещиностойкость, долговечность.

G.I. YAKOVLEV, Doctor of Sciences (Engineering), G.N. PERVUSHIN, Doctor of Sciences (Engineering), I.S. POLYANSKIKH, Candidate of Sciences (Engineering), S.A. SENKOV, Candidate of Sciences (Engineering), I.A. PUDOV, Candidate of Sciences (Engineering), Ali Elsayed Mohamed, engineer
Kalashnikov Izhevsk State Technical University
(7, Studencheskaya Street, Izhevsk, 426069, Udmurt Republic, Russian Federation)

Concrete of Enhanced Durability for Production of Pillars of Power Lines

To enhance physical and technical properties of cement concrete, dispersions of multilayered carbon nanotubes of 10–15 nanometers diameter and up to 15 microns long produced by the French corporation "Arkema" were introduced into the traditional composition of dense cement concrete to modify the structure and properties of cement concrete. It is established that introduction of multilayered carbon nanotubes in amount of 0,006% of the cement mass into the concrete composition increases the strength of concrete by 28%, impermeability to water from W8 up to W14, frost resistance from F200 to F400 that presupposes the enhancement of durability of modified concrete.

Keywords: multilayered carbon nanotubes, pillars of power lines, frost resistance, water tightness, dispergation, crack resistance, durability.

Несмотря на повышенный интерес российских и зарубежных исследователей к технологии наномодификации, многие эксперты выражают скептицизм в отношении гипотез, описывающих механизм формирования структуры цементного камня в присутствии углеродных частиц нанометрового размера [1, 2]. Одной из основных причин этого скепсиса о влиянии углеродных нанотрубок (УНТ) на структуру и свойства цементной матрицы является неполное их диспергирование в жидкой фазе.

В силу высокой поверхностной энергии, УНТ при синтезе образуют глобулы, размеры которых колеблются в пределах 400–900 мкм. Нанотрубки плохо распределяются в водной среде и требуют специальных технологий по их диспергированию. Задача при этом состоит не только в дезинтеграции исходных глобул, но и в предотвращении процесса коагуляции УНТ в водно-дисперсной системе при хранении.

Обычно диспергация УНТ достигается продолжительным механическим измельчением исходного продукта. Однако, в силу законов термодинамики, существует определенный предел дисперсности ввиду стремления системы к уменьшению свободной энергии, что проявляется в обратном агрегировании частиц [3]. Таким образом, важнейшей технологической задачей является дезагрегирование углеродных нанотрубок и их равномерное распределение в бетонной смеси.

В результате исследований [4–6], проведенных в ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, показано существенное улучшение физико-технических свойств бетонов, модифицированных углеродными нанотрубками. При этом отмечается, что такие бетоны проявляют при модификации лучшие показатели прочности, морозостойкости и водонепроницаемости [6]. Все эти показатели являются определяющими для конструкций желе-

зобетонных опор, используемых для возведения линий электропередачи.

Традиционно используемые составы бетонов не обеспечивают необходимой долговечности за счет разрушения прежде всего защитного слоя бетона для арматуры (рис. 1).

Задача повышения долговечности железобетонных опор решалась модифицированием цементного бетона многослойными углеродными нанотрубками Graphstrength Masterbatch CW2-45 (МУНТ) производства французской корпорации «Аркема». Для диспергации МУНТ использовалась высокоскоростная бисерная мельница, разработанная в компании ООО «Новый дом» (г. Ижевск). Дисперсия УНТ в настоящее время производится под торговым названием Fulvec 100.

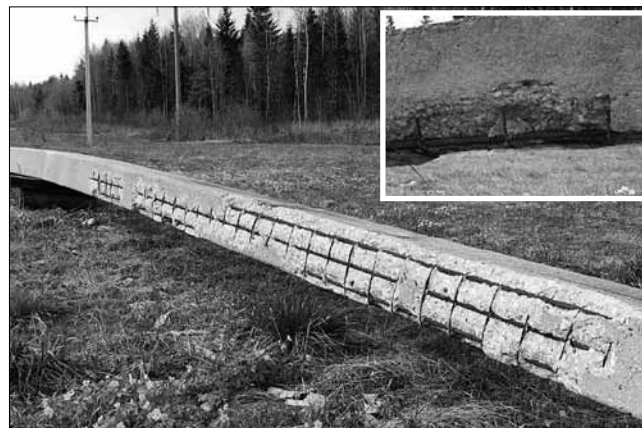


Рис. 1. Морозное разрушение защитного слоя бетона в железобетонной опоре линий электропередачи (в верхнем углу фрагмент обнаженного арматурного каркаса)

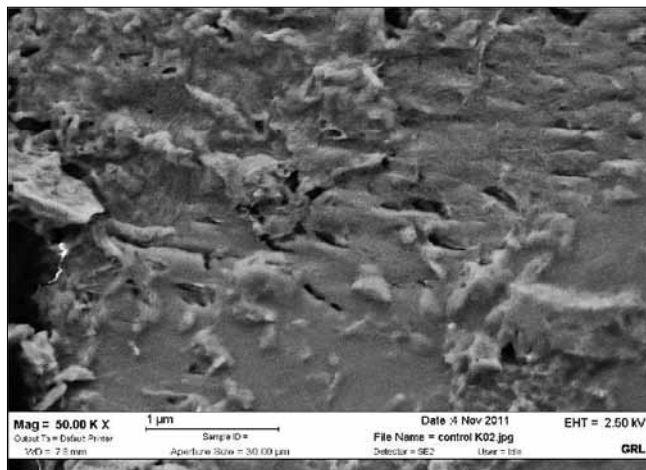


Рис. 2. Фрагмент микроструктуры поверхности контрольного образца тяжелого бетона класса В-30 после испытаний на морозостойкость, соответствующего марке F200 при 50000-кратном увеличении

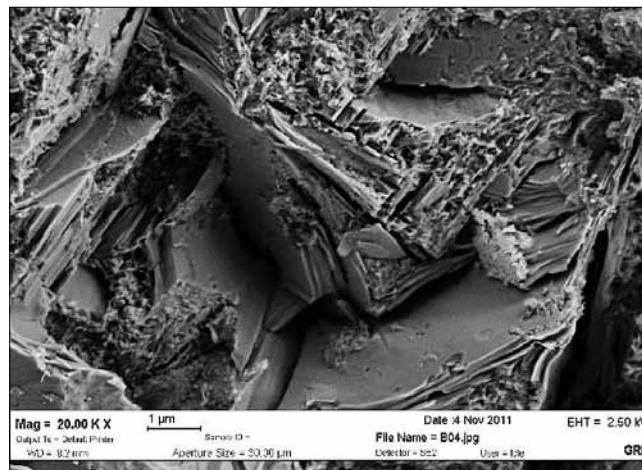


Рис. 3. Фрагмент микроструктуры поверхности образца с добавлением УНТ после испытаний на морозостойкость, соответствующего марке F400 при 20000-кратном увеличении

Таблица 1

Маркировка образцов	Средняя прочность, R_{28}^c , МПа	Относительное изменение прочности, %
Контрольный (нормальные условия твердения)	54,1	-
С добавлением «Дисперсии 2-БМ» (нормальные условия твердения)	69,3	+28,1
Контрольный (после ТВО)	36,4	-
Экспериментальный с добавкой «Дисперсия 2-БМ» (после ТВО)	41,8	+14,8

Введение 0,006% МУНТ от массы портландцемента дисперсии Graphstrength Masterbatch CW2-45, содержащей 2% МУНТ, приготовленной в бисерной мельнице («Дисперсия 2-БМ»), в состав тяжелого бетона класса В-30 позволило повысить прочность образцов на 28%. Результаты испытания образцов-кубов тяжелого бетона класса В-30 с добавлением дисперсий Graphstrength Masterbatch CW2-45 при нормальных условиях твердения в возрасте 28 сут и после ТВО приведены в табл. 1.

Введение дисперсии МУНТ приводит к структурным изменениям цементного камня, связанным с образованием плотной оболочки по поверхности твердых фаз, включая частицы цемента и заполнителя. При этом посредством контактных взаимодействий структурированных граничных слоев формируются пространственные каркасные ячейки в модифицированной цементной матрице с плотными слоями кристаллогидратов.

Это ведет к упрочнению всей модифицированной цементной матрицы.

Наличие пространственного каркаса на основе гидросиликатов кальция повышенной плотности предопределяет его большую прочность, что приводит к росту морозостойкости цементного камня в составе бетона (рис. 2, 3).

Испытания тяжелого бетона, модифицированного УНТ (класс по прочности В-30) на морозостойкость, показали повышение марки с F200 до F400 (рис. 3).

Водонепроницаемость бетона является одним из важнейших параметров, оказывающих влияние на долговечность бетона.

По результатам испытаний марка бетона по водонепроницаемости контрольной серии образцов составила W8. Для экспериментальной серии образцов из модифицированного бетона испытания проводились до 7-й ступени включительно при давлении воды 1,4 МПа; при этом на верхней торцевой поверхности образца признаков фильтрации воды в виде капель или мокрого пятна обнаружено не было. В результате марка по водонепроницаемости экспериментальной серии образцов бетона составила W14.

Повышение марки по водонепроницаемости экспериментальных образцов при одинаковом В/Ц в условиях соблюдения технологии проведения испытания подтверждает предположение о меньшем количестве сообщающихся микропор и капилляров, способствующих проницаемости бетона.

Опытно-промышленная апробация модифицирующей добавки УНТ осуществлялась при производстве железобетонных опор линий электропередачи ВЛ 0,4–10 кВ марки СВ-95-3а [7]. Стендовые испытания прово-

Таблица 2

№ ступени	Нагрузка, кН	Время выдержки, мин	Фактический прогиб, мм		Ширина раскрытия трещин, мм		Требования ТУ 53163-007-00113557-94 по прочности, жесткости, трещиностойкости
			С УНТ	Без УНТ	С УНТ	Без УНТ	
1	1	10	26	35	н/о	н/о	-
2	2,5	10	92	103	н/о	Трещины менее 0,05	-
3	3,3	30	142	162	Трещины менее 0,05	Трещины менее 0,05	Трещины ≤ 0,05 мм
4	4	30	167	195	Трещины 0,05	Трещины до 0,1	Прогиб ≤ f=400 мм
5	5	10	237	277	Трещины до 0,1	Трещины менее 0,15	-
6	5,6	30	292	348	Трещины до 0,15	Трещины до 0,15	Разрушений нет. Прогиб ≤ f=400 мм. Трещины ≤ 0,15 мм

дились на предприятии ООО «Завод железобетонных изделий» (г. Ижевск). Опоры изготавливались из бетона класса В-30 в соответствии с ТУ 5863-007-00113557-94 по рабочим чертежам типовых конструкций серии 3.407.1-143. Основные параметры, полученные при производственных испытаниях железобетонных стоек для опор линий электропередачи ВЛ 0,4–10 кВ марки СВ-95-3 [7], приведены в табл. 2.

В результате испытаний установлено, что железобетонные стойки опор ВЛ 0,4–10 кВ марки СВ-95-3а, изготовленные из тяжелого бетона модифицированного дисперсией УНТ, по прочности, жесткости и трещиностойкости соответствуют требованиям ТУ 53163-007-00113557-94. Также отмечено уменьшение прогиба железобетонных стоек с УНТ в среднем на 20% в сравнении с контрольными изделиями, изготовленными из бетона без модифицирования.

Проведенный расчет экономической эффективности показал, что при увеличении рыночной стоимости железобетонных стоек марки СВ-95-3а на 5% за счет модифицирования углеродными нанотрубками срок эксплуатации стоек увеличится не менее чем на 8 лет. Экономический эффект от модификации бетона составит 40% от стоимости железобетонной стойки, изготовленной без применения модифицирующей добавки.

Список литературы

1. Пудов И.А., Пислегина А.В., Лушников А.А., Первушин Г.Н., Яковлев Г.И., Хасанов О.Л., Тулаганов А.А. Проблемы диспергации углеродных нанотрубок при модификации цементных бетонов // *Сб. трудов II международной конференции «Нанотехнологии для экологичного и долговечного строительства»*. Ижевск. 2010. С. 34–38.
2. Пудов И.А., Яковлев Г.И., Лушников А.А., Изряднова О.В. Гидродинамический способ диспергации многослойных углеродных нанотрубок при модификации минеральных вяжущих // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2011. № 1. С. 285–292.
3. Холмберг К., Йенссон Б., Кронберг Б. и др. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2007. 528 с.
4. Яковлев Г.И., Soliman S., Первушин Г.Н., Пудов И.А., Saber M. Структурирование цементных вяжущих матриц многослойными углеродными трубками // *Строительные материалы*. 2011. № 11. С. 3–5.
5. Yakovlev G., Pervushin G., Maeva I., Keriene J., Pudov I., Shaybadullina A., Buryanov A., Korzhenko A., Senkov S. Modification of Construction Materials with Multi-Walled Carbon Nanotubes. 11th International

Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST 2013 // *Procedia Engineering*. 57 (2013). P. 407 – 413.

6. Федорова Г.Д., Саввина А.В., Яковлев Г.И., Маева И.С., Сеньков С.А. Оценка полифункционального модификатора бетона ПФМ-НЛК в качестве сурфактанта при диспергации углеродных нанотрубок // *Строительные материалы*. 2013. № 2. С. 48–54.
7. Патент РФ на полезную модель. № 140055. Опора ВЛ 0,4–10 кВ модифицированная // Г.И. Яковлев, И.С. Маева, И.А. Пудов, Э.В. Алиев, Д.Р. Хазеев, А.В. Шайбадулина. Приоритет 26.08.2013. Опубл. 27.04.2014. Бюл. № 12.

References

1. Pudov I.A., Pislegin A.V., Lushnikova A.A., Pervushin G. N., Yakovlev G. I., Chasanoff O. L., Tulaganov A.A. Problems of a dispergation of carbon nanotubes at modification of cement concrete. *Collection of works II of the international conference “Nanotechnologies for Eco-friendly and Durable Construction”*. Izhevsk. 2010, pp. 34–38. (In Russia).
2. Pudov I.A., Yakovlev G.I., Lushnikova A.A., Izryadnova O. V. Gidrodinamichesky a way of a dispergation of multilayered carbon nanotubes at modification mineral knitting. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2011. No. 1, pp. 285–292. (In Russia).
3. Kholmberg K., Iensson B., Kronberg B. i dr. Poverkhnostno-aktivnye veshchestva i polimery v vodnykh rastvorakh [Surfactants and polymers in aqueous solutions]. M.: BINOM. Lab. znaniy, 2007. 528 p. (In Russia).
4. Yakovlev G.I., Soliman S., Pervushin G.N., Pudov I.A., Saber M. Structuring cement knitting matrixes by multilayered carbon tubes. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2011. No. 11, pp. 3–5. (In Russia).
5. Yakovlev G., Pervushin G., Maeva I., Keriene J., Pudov I., Shaybadullina A., Buryanov A., Korzhenko A., Senkov S. Modification of Construction Materials with Multi-Walled Carbon Nanotubes. 11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST 2013 // *Procedia Engineering*. 57 (2013), pp. 407–413.
6. Fedorova G. D., Savvin A.V, Yakovlev G. I., Mayev I.S. Senkov S. A. Otsenka of the multifunctional modifier of PFM-NLK concrete as surfactant at a dispergation of carbon nanotubes. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2013. No. 2, pp. 48–54. (In Russia).
7. Patent RF 112913. Opora VL 0,4–10 KV modifitsirovannaya [The VL support of 0,4–10 KV modified]. G.I. Yakovlev, I.S. Mayeva I.A., Poods E.V., Aliyev D.R., Hazeev A.V., A.V. Shaybadullina. Declared 26.08.2013. Published 27.04.2014. Bulletin No. 12. (In Russian).

На Тимлюйском цементном заводе обновление

В ООО «ТимлюйЦемент» (входит в ОАО «ХК «Сибцемент») открыт новый упаковочный комплекс. На возведение и оснащение объекта «Сибирский цемент» направил более 153 млн р.

Строительство упаковочного отделения началось на заводе в 2012 г. В соответствии с проектом для цеха, в котором производится тарирование готовой продукции в бумажные мешки и мягкие контейнеры, было возведено новое здание, выполнена реконструкция железнодорожных путей.

В современном комплексе функционируют две линии. На одной из них установлено оборудование российской фирмы «Вселуг», предназначенное для тарирования цемента в мягкие контейнеры. На другой смонтирована трехштурцерная упаковочная машина немецкой компании HAVER & BOECKER, осуществляющая фасовку цемента в мешки по 50 кг. Процессы монтажа и наладки оборудования проходили под контролем специалистов фирм-изготовителей.

Главные преимущества новых упаковочных машин – высокая производительность и точность дозирования. После запуска техники процесс фа-

совки и погрузки цемента стал полностью автоматизированным, что значительно облегчает труд рабочих. Использование высокопроизводительного оборудования и новых схем работы дает возможность быстро и точно отгружать тарированный цемент одновременно и в вагоны, и в автомобили для самовывоза.

В здании нового цеха работает автономная компрессорная станция. Также здесь смонтировано мощное пылеулавливающее оборудование. Рукавные фильтры, позволяющие значительно сократить количество выбросов, установлены как на машине HAVER & BOECKER, так и на агрегате «Вселуг».

Помещение мастеров оборудовано компьютером, на экран которого выводится мнемосхема, отражающая весь процесс работы техники, от подачи цемента с силосов в холодильники до погрузки. Система мгновенно диагностирует сбои и неполадки, что помогает оперативно устранять проблемы, избегая простоя упаковочных машин.

По материалам пресс-службы холдинга «Сибирский цемент»

УДК 621.798.264

И.К. ХАЙРУЛЛИН, канд. техн. наук

ФГУП «ВНИПИИстромсырье» (109028, Москва, Покровский бул., 6/20, стр. 1)

Герметизирующие материалы в современном строительстве

Лабораторией клеев и герметизирующих материалов ФГУП «ВНИПИИстромсырье» проведены исследования и внедрены мероприятия по практически полному исключению миграции пластификатора из герметика в строительные конструкции для составов, уже нашедших широкое применение у строителей (герметики НГМ-У, ГНС, Тегерон), а также для новых составов Бутизол-МОК, Герметик-М-Бутиловый, ленточные герметизирующие материалы марки Липлент и др., что позволило существенно улучшить их эксплуатационные характеристики. Среди отверждающихся герметиков совместная с Казанским заводом синтетического каучука разработка – однокомпонентный силиконовый герметик Паросил, усовершенствованный вариант двухкомпонентного уретанового герметика Гелур, для которого успешно решены вопросы тиксотропии. В состав введены эффективные светостабилизаторы и антистартеры. Совместно с ФГУП «НИИСК им. акад. С.В. Лебедева» проведены исследования и разработаны составы клеев и герметиков широкого назначения на основе нового синтезированного олигомерного уретансилоксанового каучука с концевыми алкоксильными группами. Получены предварительные данные по основным физико-механическим, технологическим и эксплуатационным свойствам, разработаны способы регулирования этих характеристик. Большая часть разработанных материалов производится ЗАО «Гепол».

Ключевые слова: не отверждающиеся, одно-, двухкомпонентные отверждающиеся герметики, миграция, тиксотропия, стеклопакеты, монтажный шов, уретансилоксановый каучук, алкоксильные группы, адгезия.

I.K. KHAYRULLIN, Candidate of Sciences (Engineering)

FGUP "VNIPIIstromsyrrie" (6/20, structure 1, Pokrovsky blvd., 109028, Moscow, Russian Federation)

Sealing Materials in Modern Construction

The Laboratory of Glues and Sealing Materials of FGUP "VNIPIIstromsyrrie" has conducted the study and realized the measures aimed at practically complete exclusion of migration of a plasticizer from the sealant into building structures for compositions already widely used by builders (sealants NGM-U, GNS, Tegeron), and also for new compositions Butizol-MOK, Germetic-M-Butilovy, strip sealing materials of Liplent mark; this has made it possible to significantly improve their operation characteristics. Among curable sealants a single-component silicone sealant Parosil, improved variant of two-component urethane sealant Gelur for which the problems of thixotropy have been successfully solved; they have been developed in cooperation with the Kazan plant SK. Efficient light stabilizers and ageing retarders have been included in compositions. In cooperation with FGUP "NIISK named after Academician S.V. Lebedev" the studies have been conducted and compositions of glues and sealants of wide application on the basis of the new synthesized oligomeric urethansiloxane rubber with alkoxy end-groups have been developed. Preliminary data on the basic physical-mechanical, technological and operation properties have been obtained. The technology of regulating these characteristics has been developed. A large part of developed materials is manufactured by ZAO "Gepol".

Keywords: non-hardening, curable sealants, migration, thixotropy, pane-glass set, urethansiloxane rubber, alkoxy groups, adhesion.

Требования к герметизирующим материалам строительного назначения определяются прежде всего областью их применения. Наиболее важными универсальными требованиями к герметизирующим материалам являются: высокая адгезия герметика к поверхности строительной конструкции, прочность и величина максимальной деформации при разрыве. Эти характеристики определяют способность герметиков противостоять знакопеременным нагрузкам при разрыве, сжатии, сдвиге и др., которые возникают в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Так, величина абсолютной деформации шва в зависимости от колебаний температуры окружающей среды и величины динамических нагрузок, возникающих при эксплуатации зданий, колеблется в пределах 7–10% для мест примыкания оконных и балконных дверных блоков к элементам ограждающих строительных конструкций, 10–25% в крупнопанельных зданиях и достигает 40–45% и более в высотных зданиях и структурном их остеклении.

Другим важным требованием к герметизирующим материалам является способность противостоять внешним факторам, таким как совместное воздействие ультрафиолетового (УФ) облучения, воды и колебаний температуры и воздействие агрессивных атмосферных загрязнений, например кислотных дождей.

С развитием новых строительных технологий требования к герметизирующим материалам также претерпевают соответствующие изменения. Кроме технических требований такие материалы должны обладать технологичностью, удобоносимостью и уменьшенными трудозатратами при их применении на строительных объектах.

Лабораторией клеев и герметизирующих материалов ФГУП «ВНИПИИстромсырье» накоплен многолетний опыт разработки составов и технологий, организации производства широкой номенклатуры полимерных композиционных материалов для строительства: не отверждающихся, отверждающихся герметиков, материалов для гидроизоляции в жилых и производственных помещениях, антикоррозионной защиты металлических, железобетонных, мостовых сооружений, ленточных герметизирующих материалов и др.

Разработанные материалы рекомендованы к применению с обязательным учетом климатических условий района строительства и особенностей сооружаемого объекта. Герметизирующие и приклеивающие материалы взаимно совместимые, дополняющие друг друга, позволяющие комплексно решать вопросы, связанные с герметизацией, гидроизоляцией и антикоррозионной защитой элементов строительных конструкций.

Большая часть разработанных материалов в промышленных масштабах производится в настоящее время Научно-производственным предприятием ЗАО «Гепол» (Московская обл.). Завод оснащен современным оборудованием, необходимым для переработки высокомолекулярных каучуков, и необходимой инфраструктурой. На предприятии трудится квалифицированный персонал.

К преимуществам выпускаемых ЗАО НПП «Гепол» не отверждающихся герметизирующих материалов следует отнести доступность и невысокую стоимость исходного сырья, широкий температурный диапазон их эксплуатации от -50 до +80°C. Имеется возможность полной механизации работ по их нанесению (используют электрогерметизатор). Производство является экологически

чистым, а гибкие технологические процессы позволяют максимально использовать местное сырье и отходы производства.

Рассмотрим более подробно области применения и наиболее важные эксплуатационные свойства этих материалов.

Герметик НГМ-У предназначен для герметизации стыков наружных ограждающих конструкций со сроком службы не менее 15 лет.

Мастика герметизирующая нетвердеющая морозостойкая Тегерон может применяться при низких значениях температуры (до -60°C) и рекомендована для районов Сибири и Крайнего Севера.

В последние годы в лаборатории разработан оригинальный способ снижения миграции пластификатора в полимерных композициях, не прибегая к дополнительным химическим сшивкам, например нетвердеющие герметики. Поэтому в рецептуры пользующихся заслуженным спросом герметиков НГМ-У, Тегерон и ГНС внесены изменения, обеспечивающие минимизацию миграции пластификатора, что позволило на 3–4 года увеличить срок службы этих материалов. Как ранее было показано в работах НПО «Полимерстройматериалы», миграция пластификатора в строительные конструкции, или его «выпотевание» (экссудация), особенно при повышенной температуре, является одной из причин ухудшения эксплуатационных характеристик нетвердеющих герметиков и их относительно быстрого старения.

Герметик Гермус-М-герметик бутиловый предназначен для 1-й зоны герметизации стеклопакетов и превосходит по своим характеристикам выпускавшийся ранее Бутэпрол-КС, который применялся в производстве стеклопакетов и энергоэффективных окон. Герметик выпускается в брикетах, нанесение его на металлическую рамку производится экструдированием в температурном диапазоне $120\text{--}140^{\circ}\text{C}$.

Бутиловый герметик «горячего расплава» Гермус-2ТП, являющийся аналогом выпускаемых в ряде стран за рубежом герметиков под общим названием Butyl Hot Melt, предназначен для 2-й зоны герметизации стеклопакетов и может использоваться комплексно совместно с герметиком Гермус-М-герметик бутиловый.

Актуальной проблемой является надежность герметизации мест примыкания оконного блока со стеклопакетами к элементам строительных конструкций. Долговечная служба современных светопрозрачных конструкций из различных профильных систем зависит от качества монтажа и применяемых герметизирующих материалов.

В результате научно-исследовательских работ, проведенных совместно с ОАО «Казанский завод синтетического каучука», были разработаны отечественный пароизоляционный бутиловый герметик Бутизол-МОК и однокомпонентный отверждающийся паропроницаемый силиконовый герметик Паросил. На предприятиях ЗАО НПП «Гепол» и ОАО «Казанский завод синтетического каучука» отработаны оптимальные технологические режимы производства герметиков. Промышленные партии герметиков прошли успешные испытания на строительных объектах ЗАО «Моспромстрой», и была выдана путевка в жизнь разработанным герметикам.

Технологическое решение монтажного узла оконного блока с применением пароизоляционного бутилового и паропроницаемого силиконового герметиков предполагает трехслойное исполнение монтажного шва. При этом наружный слой – силиконовый герметик Паросил обеспечивает защиту теплоизоляционного слоя из пенополиуретана от атмосферных воздействий, а внутренний – бутиловый герметик Бутизол-МОК

играет роль пароизоляции. Нанесение герметиков производят по всему периметру монтажного шва, включая узел нижнего примыкания оконного блока, подоконника и слива к проему стеновой панели, причем в последнем случае исключается применение водоизоляционной паропроницаемой ленты под сливом.

Разработанные герметики по всему комплексу эксплуатационных характеристик, включая уровень паропроницаемости, соответствуют требованиям ГОСТ 30971–2002. Оценку вентилируемости монтажного шва, определяемую как соотношение значений сопротивления паропропусканию наружных и внутренних слоев, производили в ОАО «ЦНИИЭП жилища». Расчеты показали, что при замене пароизоляционной ленты на бутиловый герметик Бутизол-МОК при толщине слоя 3–7 мм, а паропроницаемой ленты ПСУЛ на паропроницаемый отверждающийся силиконовый герметик Паросил при толщине слоя до 5 мм во всех существующих вариантах расчетное сопротивление паропропусканию до зоны возможной конденсации влаги на порядок выше требуемых. Следовательно, применение пароизоляционного бутилового герметика Бутизол-МОК и паропроницаемого силиконового герметика Паросил обеспечивает условия для удаления поступающих в монтажный шов водяных паров наружу.

Особое место среди полимерных нетвердеющих материалов занимают самоклеящиеся герметики ленточного типа. Преимущества этих материалов заключаются в их надежности и долговечности при эксплуатации (практически исключена миграция пластификатора в субстрат и его «выпотевание» при повышенной температуре), высоких прочностных и деформационных характеристиках, морозостойкости, надежной адгезии к материалу строительной конструкции. Они удобны при работе, экономичны и экологически безопасны.

Разработанная лабораторией и выпускаемая ЗАО НПП «Гепол» липкая герметизирующая лента Герлент предназначена для паро-, воздухо-, гидроизоляции стыков и швов наружных и внутренних ограждающих конструкций во всех типах зданий и сооружений, пароизоляции и уплотнения монтажных швов, узлов примыкания оконных и наружных дверных блоков к стеновым проемам, приклеивания рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов. Лента применяется для герметизации воздуховодов, шумо-, вибропоглощения при устройстве вентиляции и др.

Герметизирующая лента Герлент выпускается с различными типоразмерами по ширине, толщине липкого и дублирующего слоев (полиэфирная ткань, алюминиевая фольга, резиновая подложка и др.).

В отличие от нетвердеющих герметиков, сохраняющих свое пластическое состояние в процессе эксплуатации, отверждающиеся герметики по своим физико-механическим характеристикам относятся к эластичным материалам и рекомендованы к применению в стыках с предельно допустимой деформацией до 30%. В результате образования резиноподобной химически сшитой структуры отверждающиеся герметики более стойки к воздействию климатических и эксплуатационных факторов и более долговечны по сравнению с нетвердеющими герметиками при условии применения их в соответствии с разработанными рекомендациями. Герметики отверждаются в результате смешивания компонентов с отвердителем в определенной пропорции или за счет контакта с влагой воздуха или влагой, находящейся в строительных конструкциях в случае однокомпонентных герметиков. Жизнеспособность отверждающихся герметиков строительного назначения колеблется в пределах 2–24 ч и зависит от дозирования

отвердителя и температурно-влажностного состояния окружающей среды.

Разработанный лабораторией совместно с ОАО «Казанский завод синтетического каучука» и упомянутый выше однокомпонентный герметик Паросил имеет самостоятельное применение в строительной индустрии. Герметик обладает очень хорошей адгезией практически ко всем строительным материалам без предварительного праймирования субстрата; время пленкообразования (время исчезновения остаточной липкости) составляет не более 2 ч, прочность при разрыве до 1,5 МПа, относительное удлинение 300–500%.

Большим спросом у потребителей пользуются выпускаемые ЗАО НПП «Гепол» двухкомпонентные тиолсодержащие отверждающиеся герметики Тиксопрол-АМ и Тиксопрол-АТ (разработаны ООО «Гермика») и новый двухкомпонентный отверждающийся уретановый герметик Гелур.

В последнее время по двухкомпонентному уретановому герметику Гелур проведены серьезные исследования модифицирования и надежного обеспечения тиксотропии (не стекает даже с вертикальных поверхностей в температурном диапазоне до 35–40°C). Одновременно с решением проблемы тиксотропии удалось заметно улучшить удобоаносимость герметика, которая определяется на рабочих местах на строительном объекте при нанесении герметика по легкости нанесения в шов и образованию ровной поверхности после выравнивания.

В состав герметика введены стабилизаторы с целью увеличения сроков службы и для исключения изменения цвета в процессе эксплуатации. Даже после серьезной модификации состава герметика, ввода новых компонентов-модификаторов по ценовым характеристикам герметик Гелур сохраняет конкурентоспособность по сравнению с другими аналогами, имеющимися на рынке. Герметик имеет прочность при разрыве не менее 0,4 МПа, относительное удлинение при разрыве в пределах 300–500% с максимально допустимой деформацией в стыке 25%.

Герметик Гелур соответствует единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям (закключение от 18.04.2013 г.) и имеет свидетельство государственной регистрации в рамках Таможенного союза Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации № RU 77.01.34.008.003561.04.13 от 23.04.2013 г.

Герметик Гелур с учетом привлекательных технологических свойств (удобоаносимости, тиксотропии, удобной упаковки и др.) и высоких эксплуатационных характеристик начинает завоевывать рынок и уже применяется на строительных объектах Москвы, Подмосковья, республик Таможенного союза. В 2012 г. его использовали в качестве антикоррозионной защиты крупного гидросооружения на территории РФ.

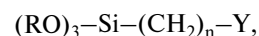
Особый интерес представляет последняя разработка института ФГУП «ВНИПИИстромсырье», проведенная совместно с ФГУП «НИИСК им. акад. С.В. Лебедева» и не имеющая аналогов в России. Результаты предварительных исследований по синтезу новых олигомерных уретансилкоксановых каучуков с концевыми алкоксильными группами и рецептурно-технологические работы по созданию новых полимерных композиций — клеев и герметиков были опубликованы в журнале «Клеи. Герметики. Технологии» за 2012 г. № 7. Статья также была опубликована в журнале *Polymer Science Series D* и вызвала большой интерес прежде всего у зарубежных читателей. Автор данной статьи получил много предложений по сотрудничеству с ведущими научными журналами мира (*Journal of Biomaterials and*

Nanobiotechnology, Journal of Organic Polymer Materials, Advances in Materials Physics and Chemistry, Journal of Polymer Science and Chemical Engineering и др.) и ни одной реплики от отечественных читателей, научных работников и потенциальных производителей клеев и герметиков.

Краткое содержание проведенных работ заключается в следующем. Уретановые олигомеры (они выступают в качестве отвердителя практически для всех двухкомпонентных уретановых герметиков и имеют функциональные изоцианатные (-NCO) группы, в том числе для герметика Гелур) с концевыми реакционноспособными алкоксильными группами или уретансилкоксановые каучуки (УСК), известные за рубежом как STO-, SPUR- или STP-полимеры, привлекли внимание исследователей и разработчиков полимерных композиционных материалов еще в конце прошлого столетия в качестве связующих для производства клеев, герметиков и покрытий с улучшенными технологическими, физико-механическими, эксплуатационными характеристиками для строительства и других отраслей промышленности.

Первый модифицированный органофункциональным алкоксисиланом полимер, как принято называть в зарубежной периодике, MS-полимер, был получен и коммерциализован японской фирмой Kaneka Corp. в 1978 г.

Практически одновременно были синтезированы гибридные полиуретаны, содержащие в молекулярной цепи реактивные алкоксисилановые группы SPUR-, STP-полимеры, сочетающие в себе положительные свойства как силиконовых, так и уретановых каучуков, которые были коммерциализованы несколько позже MS-полимеров. Свойства и эффект от применения органофункциональных силанов для модификации полиуретанов с изоцианатными (-NCO) группами в молекуле определяются их молекулярной структурой, которая содержит в одной и той же молекуле два типа функциональности:



где (RO) — способная к гидролизу с образованием силанола (Si—OH) алкоксильная группа, как метокси, этокси, ацетокси и др. группы; Y — органофункциональная группа, как amino-, эпокси-, метакрилокси-, винильная, изоцианатная и др. группы.

Через органофункциональную группу происходит взаимодействие с функциональной (изоцианатной) группой полимерного связующего и прививка силана к его молекулярной цепи. Привитые алкоксильные группы полимерного связующего под действием влаги гидролизуются с выделением соответствующего спирта или уксусной кислоты, и параллельно в присутствии элементарноорганического соединения протекает конкурирующая реакция — реакция конденсации с образованием стабильных (Si—O—Si) связей, т. е. в случае полимера происходит перевод линейной структуры полимерного связующего в трехмерную с приобретением эластичных свойств.

Преимущества полимерных композиций на основе уретановых преполимеров с алкоксисилановыми группами в молекулярной цепи связаны прежде всего с отсутствием в конечном олигомере -NCO групп. Их отсутствие в молекуле расширяет возможности использования в составах композиционных материалов весьма эффективных amino- и эпоксисилановых промоторов адгезии. Эти компоненты придают составам исключительно ценные свойства, такие как возможность регулирования в широких пределах адгезии к металлу, стеклу и другим трудносклеиваемым поверхностям

Наименование показателей	Опыты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Текучесть неотвержденного герметика, мм	0	0	0	0,5-1	0	2-3 (текучая масса)	0	0	0	0	0	Текучая масса
Технологичность нанесения герметика на шов	отличная	отличная	хорошая	хорошая	хорошая	-	отличная	отличная	отличная	хорошая	-	-
Время образования пленки, мин	35-40	245	15-20	110	300	60	90	10-15	5-7	10	100-145	
Прочность при разрыве, МПа	1,95	0,9	2,3	1,2	1	1,4	1,5	2,65	1,45	2,8	3,1	
Относительное удлинение, %	490	520	330	560	630	650	680	720	910	480	110	
Модуль при 100% удлинении, МПа	1,1	0,28	1,3	0,35	0,32	0,53	0,35	0,55	0,25	1,5	1,8	
Прочность при сдвиге между пластинками из нержавеющей стали, МПа	2,1	-	2,4	-	-	-	2,2	3,1	-	-3,4	3,4	
** Характер отслаивания от бетона	100% КО	100% КО	-	85% КО	95% КО	100% КО	100% КО	100% КО	100% КО	100% КО	100% КО	-
от стекла	100% АО	-	100% АО	-	-	100% КО	100% КО	100% КО	100% КО	100% КО	100% КО	-
от нержавеющей стали	100% КО	-	100% АО	-	-	100% КО	100% КО	90% КО	-	100% КО	100% КО	100% КО

** Характер отслаивания: КО – когезионный отрыв; АО – адгезионный отрыв.

с низкой поверхностной энергией, даже без предварительного праймирования субстратов, пространственно затрудненных аминостабilizаторов. Цель этих преобразований – повышение сроков службы композиций, обеспечение высокой стабильности к УФ излучению. Ввод таких добавок в составы на основе уретановых олигомеров со свободными -NCO группами не представляется возможным. Немаловажными также являются отсутствие образования пузырьков в процессе отверждения в отличие от уретановых композиций со свободными -NCO группами, возможность окрашивания отвержденного материала, в том числе красками на водной основе, что невозможно для силиконовых композиций.

Герметики и клеи с использованием в качестве связующего уретановых преполимеров с функциональными алкоксисилановыми группами характеризуются выдающимися физико-механическими и эксплуатационными характеристиками по сравнению с силиконовыми, уретановыми и акриловыми герметиками и клеями.

В процессе проведенных исследований разработаны основные принципы изготовления однокомпонентных герметиков, полученных с использованием в качестве связующего синтезированных в лаборатории уретансилоксановых каучуков, предварительные результаты исследования их свойств, некоторые пути регулирования этих характеристик, а также указаны области их применения.

Получены предварительные данные по основным физико-механическим, технологическим и эксплуата-

ционным свойствам разработанных составов и способы их регулирования.

Разработанные на основе этих связующих однокомпонентные клеи и герметики проявляют регулируемые в широких пределах скорости пленкообразования и отверждения, хорошие физико-механические характеристики, высокую адгезию к различным субстратам, сохранность и воспроизведение этих характеристик в течение не менее 1 года при условии хранения наполненной композиции в герметичных картриджах.

Хорошая адгезия практически ко всем конструкционным материалам без применения специальных праймеров, высокие прочностные (2–3 МПа), деформационные характеристики, достигающие 1000% и более (см. таблицу), широкие возможности регулирования времени образования пленки (5–30 мин) позволяют их использовать в строительной индустрии как герметизирующие материалы при структурном остеклении зданий и сооружений, высотном строительстве; абсолютная допустимая деформация которых в монтажных швах достигает величины ±50% и более. Срок службы клеев и герметиков на основе модифицированных силаном полимеров, по прогнозам западных специалистов, не ниже таковых силиконовых герметиков, так как они проявляют высокую устойчивость к климатическим воздействиям.

По результатам исследований разработан концептуальный бизнес-план промышленного производства однокомпонентных клеев и герметиков, отверждаемых под действием влаги. Разработчики не теряют надежду и работают над реализацией результатов исследований в промышленных условиях.

ФГУП «ВНИПИИстромсырье» и ЗАО НПП «Гепол»

приглашают к сотрудничеству все заинтересованные фирмы, организации, предприятия России по разработке новых полимерных композиционных материалов и предлагают на взаимовыгодных условиях комплексную поставку широкой номенклатуры полимерных строительных материалов для герметизации, антикоррозионной защиты, гидроизоляции, ремонта зданий и сооружений.

УДК 502:504: 628.54:691

Э.С. ЦХОВРЕБОВ¹, канд. экон. наук; Е.Г. ВЕЛИЧКО², д-р техн. наук¹ Академия безопасности и специальных программ (117485, Москва, ул. Профсоюзная, 100 А)² Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское ш., 26)

Вопросы охраны окружающей среды и здоровья человека в процессе обращения строительных материалов

В статье дается оценка воздействия строительных материалов на состояние окружающей среды и здоровье человека на всех этапах обращения строительных материалов, приводятся рекомендации по предупреждению данного воздействия. В процессе изготовления строительных изделий следует использовать современные методы и технологии, позволяющие снизить токсичность продукции. Необходима маркировка строительной продукции с указанием химического состава, экологических, токсикологических и гигиенических характеристик строительных материалов. Важнейшим критерием для экологической оценки материала является возможность его повторного использования по завершении периода эксплуатации. Необходимо максимально сократить поток отходов на захоронение за счет их вовлечения в переработку. Главная задача – создание комплексной эффективной системы обращения строительных материалов, начиная с изготовления строительных материалов и заканчивая использованием строительных отходов в качестве вторичных материалов и изделий.

Ключевые слова: охрана окружающей среды, экологическая безопасность, строительные материалы, гигиенические нормы, токсичные вещества.

E.S. TSHOVREBOV¹, Candidate of Science (Economics), E.G. VELICHKO², Doctor of Science (Engineering)¹ Akademiya of security and special programs (100A, Profsoyuznaya str., Moscow, 117485, Russian Federation)² Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl'skoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation)

Environmental Protection and Health of the Person in the Process of the Circulation of Building Materials

The estimation of influence of building materials on a condition of environment and health of the person at all stages of the circulation of building materials is given, recommendations for prevention of the given influence are provided. A manufacture of construction products must use a modern methods and technologies to reduce the toxicity of the product. Construction products must be marked with indicating the chemical composition, ecological, toxicological and hygienic characteristics. The most important criterion for the environmental assessment of the material is its ability to re-use after a period of operation. It is necessary to reduce the amount of waste for disposal due to their involvement in recycling. Main task is to create an effective system of integrated treatment of building materials from manufacture and finishing using construction waste as recycled materials and products.

Keywords: environmental protection, ecological safety, building materials, hygienic norms, toxic substances.

Охрана природной среды и здоровья граждан как в процессе осуществления ремонтно-строительных работ, так и при дальнейшей эксплуатации помещений, зданий, строений функционально связана с уровнем экологической и санитарно-гигиенической безопасности применяемой строительной продукции и изделий на всех этапах их обращения.

На стадии производства строительной продукции обеспечение экологической и гигиенической безопасности может достигаться посредством установления гигиенических нормативов – допустимых уровней миграции вредных веществ еще на стадии выхода материалов с предприятия-изготовителя, позволяющих контролировать их свойства в рамках производственно-технического и санитарно-гигиенического контроля выпускаемой продукции. Принимая во внимание тот факт, что в начальный период после изготовления материала вредные вещества выделяются наиболее интенсивно, и располагая обоснованными данными о концентрациях этих соединений на стадии выхода строительной продукции с производства и динамике их снижения во времени, следует определять необходимый интервал выдерживания ее на производственных складах до достижения безопасных свойств. По этой причине инструментально-аналитический контроль содержания выделяемых вредных веществ готовой продукцией, отпускаемой со складов промышленных предприятий, является обязательным.

В процессе изготовления строительных изделий следует использовать современные методы и технологии, позволяющие снизить токсичность продукции, в частности:

– выбор параметров технологической переработки полимерного материала, при которых производится

продукция, минимально содержащая токсичные и летучие соединения;

- применение в полимеризационной системе или в композиции веществ, реакция которых с опасными составляющими приводит к образованию нетоксичных соединений в готовом продукте;
- вакуумирование либо обработка строительной продукции с помощью тепловой энергии перед ее отпуском потребителю с целью уменьшения содержания в материале летучих веществ;
- нанесение на поверхность материала защитного покрытия, а также применение других материаловедческих и технологических приемов и мероприятий, повышающих качество готовой продукции.

При планировании производства строительной продукции следует отказываться от использования чрезвычайно и высокотоксичных соединений (стирол, фенол и т. п.) с заменой их на малотоксичные или нетоксичные составляющие. Очевидно, что необходимо значимое усиление государственного санитарно-гигиенического, производственно-технического, а также общественного контроля на данном этапе обращения строительной продукции.

С учетом мирового опыта одним из эффективных направлений представляется внедрение регламентированной нормативно-правовыми актами маркировки строительной продукции. В частности, на этикетке кроме сроков годности, морфологического, химического состава с помощью специальных символов целесообразно указывать важные экологические, токсикологические и гигиенические характеристики строительных материалов: «экологически безопасный» (с соответствующей регламентацией параметров), «пригоден для компостирования», «пригоден для выброса в кон-

тейнер для ТБО», «возможность вторичного использования», «малоопасен» (состоит из нетоксичных и (или) малотоксичных компонентов), «энергосберегающий (теплосберегающий)», «подлежит обезвреживанию», «без содержания чрезвычайно и высокотоксичных соединений», «изготовлен из вторичного сырья» и т. п.

Такие подходы к вопросам обеспечения и информации об экологической и гигиенической безопасности выпускаемой продукции будут ориентировать товаропроизводителей на выпуск исключительно безопасных для здоровья граждан и природной среды материалов, создание и внедрение систем экологического менеджмента в области обращения строительных материалов. В этих условиях спрос на строительном рынке будет предопределен выбором потребителя — его отказом от применения материалов, содержащих вредные для человека вещества. Немаловажным фактором является включение санитарно-гигиенических показателей в критерии «качество товаров, продукции» или «гарантия качества товаров, работ, услуг» при проведении аукционов и конкурсов на приобретение строительных и ремонтных подрядов.

В целях защиты здоровья людей и природной среды представляется необходимым уже на стадии проектирования объектов регламентировать в проекте использование только безвредной для человека и безопасной для окружающей среды строительной продукции. Если в процессе проектирования установлено, что по техническим или экономическим параметрам невозможно избежать применения материала, содержащего в своем составе опасные для человека соединения, необходим обязательный тщательный анализ данных о токсичности каждого выделяющегося из материала вещества с выработкой методов и способов уменьшения негативного воздействия токсичных составляющих на здоровье работающих, а также эксплуатирующих впоследствии данное помещение людей. В процессе проектирования объектов важно предельно точно определить долговечность и срок пригодности различных строительных изделий, конструкций, узлов и всего здания в конкретных условиях строительства и эксплуатации. При высоком показателе долговечности материала значительный период сохраняются его технико-эксплуатационные свойства, увеличивается срок применения до ремонта или замены, способствуя снижению нагрузки на окружающую среду. Целесообразно, чтобы долговечность материалов и конструкций соответствовала сроку эксплуатации здания, сооружения. Важным условием является регламентированное в проектной документации соответствие назначения, области и способа применения того или иного материала, изделия техническим условиям, параметрам, гигиеническим требованиям для конкретного процесса ремонтно-строительного производства. При проектировании следует учитывать и возможность повторного использования материалов от замены и сноса, остатков строительного сырья и изделий. Обязательно исследуется комплекс нагрузок на природную среду и человека в процессе складирования, хранения, погрузки, выгрузки, транспортировки материалов. Предпочтение отдается местным строительным материалам, произведенным в непосредственной близости от объекта строительства. В процессе экологической оценки конкретных строительных материалов и изделий в проектах зданий и сооружений оцениваются: влияние на водные и земельные ресурсы, атмосферный воздух, растительный мир; физические (шум, вибрация и пр.) и механические (запыленность) воздействия на природную среду при установке, монтаже; количество образующихся остатков и потерь строительных материалов; масса выбросов в окружающую среду загрязняющих веществ, как при производстве строительных работ, так и

в процессе последующей эксплуатации зданий и помещений.

Для комплексной санитарно-гигиенической оценки строительного материала необходимо проанализировать весь комплекс его отрицательных свойств в части влияния на здоровье человека. Первостепенным фактором является гигиеническая безопасность изделия на всех стадиях его обращения: при производстве, применении в процессе проведения работ, последующей эксплуатации, демонтаже, удалении, переработке. Непременным учитывается обстоятельство, что от выбора материала для интерьера зависит не только комфорт, но и безопасность жизнедеятельности людей.

Чрезвычайно актуальные проблемы экологической оценки и ранжирования безопасного обращения строительных материалов в процессе осуществления строительных и ремонтных работ необходимо рассматривать как при оценке опасности непосредственно самих материалов и образующихся из них токсичных отходов, так и при регламентации санитарно-гигиенических и экологических требований, предъявляемых к различным группам помещений зданий, сооружений.

По итогам систематизации, обобщения научно-исследовательских работ, анализа негативного воздействия строительных материалов на окружающую среду и здоровье человека можно выделить три фактора, наносящие непоправимый ущерб, как здоровью граждан, так и природной среде. Во-первых, приобретение не сертифицированных, недостаточно изученных с точки зрения воздействия на человека строительных изделий или заведомо содержащих чрезвычайно или высокотоксичные составляющие. Во-вторых, нарушение технологических процессов при проведении строительных и ремонтных работ, в том числе связанные с областью, возможностью, безопасными способами и ограничениями применения тех или иных материалов в конкретном процессе ремонтно-строительного производства. И в-третьих, несоблюдение ГОСТов, СНИПов, санитарных норм при дальнейшей эксплуатации зданий и помещений. Все эти факторы создают реальные условия возникновения экологической опасности, угрозы жизни и здоровью людей.

На основе оценки информации, изложенной в нормативно-правовых актах в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия человека [2–4], и исходя из степени жесткости предъявляемых санитарных требований к эксплуатации помещений зданий в части возможности безопасного использования в них тех или иных строительных материалов и изделий представляется целесообразным все помещения разделять на четыре основные группы. Первая группа должна объединять помещения зданий, в которых требования к безопасности и качеству применяемых материалов при проведении строительных или ремонтных работ должны быть предельно высокими. К ним относятся помещения с максимальным по времени (более четырех часов в сутки) пребыванием людей в процессе их жизнедеятельности (работа, учеба, сон, отдых и пр.): жилые дома, общежития, медицинские учреждения, гостиницы, дошкольные, средние и высшие учебные заведения, санатории, дома отдыха, офисы. Во вторую группу могут включаться развлекательные, культурные и торговые учреждения, в которых пребывание людей происходит периодически (от одного часа до четырех часов, в том числе ежедневно): концертные залы, театры, закрытые спортивные сооружения, библиотеки, компьютерные центры, бани, салоны красоты, кафе, рестораны, бары, клубы, а также помещения, в которых присутствуют особые условия климата (повышенные температура, влажность, вибрация, пылевыведение, наличие в воздухе помещений химически активных веществ, недостаточные усло-

вия для кондиционирования), способствующие негативному воздействию эксплуатируемых строительных материалов на здоровье человека. Третья группа может быть представлена магазинами, ателье, предприятиями коммунального и бытового обслуживания, платежными центрами с кратковременным (до одного часа) пребыванием человека. К четвертой группе относятся производственные цеха, склады, котельные, бойлерные, гаражи, сельхозпредприятия, вспомогательные сооружения.

В целях обеспечения экологической и санитарно-гигиенической безопасности для первой, второй и третьей групп помещений должны использоваться строительные изделия, выделяющие в воздушную среду вредные вещества в количестве, не превышающем их ПДК или безопасные уровни. Кроме того, для 1-й и 2-й групп помещений недопустимо использование материалов, в составе которых присутствуют чрезвычайно и высокотоксичные вещества: соединения свинца и ртути, хлористый винил, стирол, бензол, фенол, формальдегид, акрилонитрил и др., способные выделять опасные для здоровья человека пары и аэрозоли. Для 4-й группы — промышленных и вспомогательных зданий и сооружений представляется возможным применять материалы, выделяющие летучие вещества в концентрациях, не превышающих их ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

К сожалению, во многих научных работах, методических документах и рекомендациях при классификации зданий и помещений по возможности использования в них тех или иных материалов не в полной мере исследуются факторы времени пребывания человека в таких помещениях, а также особенности эксплуатации помещений. Совершенно не учитывается то обстоятельство, что большинство населения страны ежедневно в течение восьмичасового рабочего дня (а зачастую и более) пребывают в офисных помещениях, где не всегда на должном уровне организованы вентиляция и кондиционирование, места для приема пищи, курения, влажная уборка помещений. Сюда следует добавить присутствие в воздушной среде значительного количества опасных соединений, выделяемых с поверхности синтетических покрытий, мебели, от работающей офисной техники (принтеры, ксероксы и пр.), а также просачивающихся с воздухом от туалетов, бытовых и курительных комнат. Несмотря на это, административные и офисные помещения не приравниваются по степени опасности и риска к жилым помещениям и относятся, как правило, ко второй группе помещений зданий. Данная ситуация приводит к тому, что недобросовестные работодатели, игнорируя санитарно-гигиенические нормы и экономя на здоровье работающих, не обеспечивают необходимые условия вентиляции и кондиционирования помещений, а отделку офисных помещений производят самыми дешевыми, опасными для здоровья материалами и при этом, как правило, не несут за это юридической ответственности.

Относя бани, салоны, ночные клубы и аналогичные развлекательные заведения к третьей группе с небольшим риском использования в них опасных строительных материалов, совершенно не придается должного значения факторам длительного (4–6 ч), а иногда и ежедневного пребывания в них большого количества людей, влияния повышенной температуры на интенсивность выделения опасных соединений с поверхности полимерных и иных изделий, вибрации — на уровень пылевыведения. Не учитываются также опасные свойства таких материалов (пожароопасность, горючесть, токсичность) при потенциальной возможности их нагревания, воспламенения и горения, что ежедневно приводит к гибели десятков людей при возникновении чрезвычайных ситуаций в таких помещениях.

Анализ состояния проблемы по литературным источникам показывает, что опасные вещества, выделяющиеся в атмосферный воздух с поверхности строительных материалов, можно разделить также на четыре основные группы [1–5].

В первой группе следует выделить применяемые в качестве сырья для производства стройматериалов радиационно опасные или токсичные вещества, промежуточные и конечные продукты которых при выделении из стройматериалов не утрачивают своих химических свойств и образуют в воздухе, в том числе с учетом эффекта суммации, токсичные пары и аэрозоли на протяжении всего срока эксплуатации, превышая допустимые уровни содержания в воздушной среде, например соединения свинца или ртути. При гигиенической оценке таких изделий оценка вредного их воздействия на человека должна проводиться по самым опасным компонентам — чрезвычайно и высокотоксичным соединениям (1-го и 2-го классов). Немаловажен и комплексный анализ степени воздействия на человека умеренно опасных и малоопасных веществ с учетом их физико-химических свойств, реакционной способности и эффекта суммации с возможным образованием более токсичных соединений.

Вторую группу могут составлять строительные материалы и изделия, в которых опасные примеси выделяются в воздушную среду на начальном этапе эксплуатации (не более 1–2 лет), а затем интенсивность их выделения резко или плавно снижается до допустимых уровней и ниже. К ним могут быть отнесены материалы, изначально обладающие более токсичными свойствами, нежели чем их конечные продукты — отходы. Например, отходы линолеума и древесно-стружечных плит отнесены к 4-му классу опасности — малоопасным отходам. Но при этом в состав линолеума входят выделяемые на начальных этапах эксплуатации чрезвычайно токсичные соединения (1-го класса) — винилхлорид; высокотоксичные (2-го класса) — фенол, бензол, четыреххлористый углерод, трихлорметан, а в состав ДСП — высокотоксичные соединения: фенол и формальдегид. Получается, что большинство выделяемых в воздушную среду токсичных веществ принимает в свой организм человек, эксплуатирующий данное помещение. Одними из важнейших факторов, влияющих на «потребление» человеком разовой и среднесуточной «дозы» опасных веществ, являются, с одной стороны, продолжительность его пребывания в таких помещениях, с другой — интенсивность выделения в воздушную среду токсичных соединений и эффективность их удаления с помощью систем вентиляции и кондиционирования, а также уборки помещений. И если первый фактор представляется возможным реализовать лишь консервацией на какое-то время такого помещения либо удалением опасных строительных материалов и изделий, что в практической деятельности маловероятно, то реализация мероприятий по организации эффективной вентиляции и уборки помещений вполне может стать одним из способов уменьшения вредного влияния опасных стройматериалов на здоровье человека.

К третьей группе следует отнести материалы, в которых опасные химические вещества либо в короткие сроки (не более недели) улетучиваются (например, быстро сохнущие ЛКМ с невысоким содержанием летучей части растворителя), либо в результате физико-химических процессов (гидролиза, сорбции, разложения, окисления, деструкции) видоизменяются или превращаются в малоопасные или практически неопасные для здоровья человека соединения еще на этапе проведения строительных или ремонтных работ. В одних случаях вредные вещества прочно фиксируются в материале, образуя в нем соединения нелетучих веществ, в других — в резуль-

тате химического воздействия с различными элементами материала или воздушной среды происходят изменения химической структуры опасных веществ, приводящие к полной потере ими токсических свойств и мобильности. Примером может служить сорбция сероводорода и других токсичных соединений некоторыми видами штукатурки, способствующая очистке воздуха помещений.

К четвертой группе можно отнести материалы, состоящие из радиационно неопасных, малотоксичных нелетучих соединений, не оказывающих как в процессе строительства или ремонта, так и в процессе дальнейшей эксплуатации помещений опасного воздействия на окружающую среду и здоровье человека: стекло, дерево, листовая металл, глина, природный камень, натуральная олифа на растительных маслах, изоляционные материалы из природных компонентов (целлюлоза, войлок, стружка, хлопок, пробка и т. д.). Такие строительные материалы используются во всем мире для сооружения «зеленых» зданий и «экологических домов».

В итоге экологически безопасными строительными материалами и изделиями можно назвать те материалы, которые при любых условиях эксплуатации (изменения температуры, влажности, вибрации, уровня солнечной радиации):

- обладают уровнем радиоактивности ниже фоновых значений;
- не содержат летучих чрезвычайно, умеренно и высокотоксичных соединений;
- не выделяют в воздушную среду при деструкции, старении, износе твердых или газообразных веществ 1-го, 2-го или 3-го классов опасности;
- не способны вступать в химические реакции с веществами, находящимися в водной, воздушной среде, в почве с образованием токсичных соединений 1–3-го класса;
- не обладают биологически опасным действием на людей, природную среду;
- взрывобезопасны и не образуют смертельно опасные для здоровья человека продукты при горении, термическом разложении;
- не нарушают безопасный для человека микроклимат помещений (температурный режим, теплопроводность полов, электро- и геомагнитный фон, уровень запыленности, инсоляция, влажность воздуха, ионный состав, запах, цветовая гамма).

Важнейшее значение имеют научно-исследовательские подходы, методология, методики исследования степени опасности строительной продукции и изделий на здоровье человека. Определение токсичности того или иного материала по нормам ПДК целесообразно использовать лишь при предварительной оценке применимости материала для конкретных строительных технологических процессов. Окончательное решение о возможности использования строительной продукции, содержащей даже незначительное количество опасных для здоровья соединений, в конкретных условиях эксплуатации, принимается только после получения дополнительных характеристик токсикологических исследований. При таких исследованиях в зависимости от сферы применения и предполагаемых условий эксплуатации выявляются и анализируются: содержание и условия миграции токсичных компонентов; кумулятивный эффект — комбинированное действие различных химических веществ; аллергенные свойства материала; отдаленные последствия влияния опасных характеристик строительной продукции на организм человека.

В процессе санитарно-гигиенических исследований оценивается и ряд других важных показателей:

- микробиологические (влияние материала на развитие микроорганизмов);

- органолептические (запах материала или контактирующих с ним сред);
- физико-гигиенические (электризуемость, теплопроводность и др.);
- физиолого-гигиенические (температура поверхности кожи в контакте с изделием);
- эксплуатационно-технические (устойчивость к ультрафиолетовому излучению, водопоглощение, плотность, пожаро- и взрывоопасность, пористость и др.).

Одним из эффективных способов повышения экологической безопасности помещений является отказ как в промышленном, так и в гражданском или индивидуальном строительстве от использования строительных материалов и изделий, обладающих повышенным уровнем радиоактивности, содержащих чрезвычайно и высокотоксичные вещества и оказывающих иные виды неблагоприятного воздействия на человека (физическое, биологическое и пр.). С точки зрения охраны здоровья граждан и природной среды такое ограничение правомерно, даже если данные материалы обладают положительными конструктивными характеристиками, эксплуатационными свойствами и низкой себестоимостью. В этом случае, руководствуясь законами рынка, товаропроизводитель будет искать пути повышения уровня экологической и санитарно-гигиенической безопасности продукции при планировании и организации бизнеса, производственного процесса, систем маркетинга.

На стадии проведения ремонтных работ необходимо предусматривать замену опасных материалов на менее опасные для здоровья человека и природной среды либо применение защитных средств для исключения прямого контакта человека с токсичными изделиями. Последнее решение может быть использовано и в новом строительстве, если выбранный материал содержит вредные вещества, но по эксплуатационно-техническим параметрам ему нет альтернативных вариантов.

В процессе ввода в эксплуатацию законченного строительством объекта, приемки реконструируемого, отремонтированного строения, здания помещения должны оцениваться на соответствие проектным параметрам: состав и виды использованной строительной продукции и изделий; технологии и методы монтажа строительных конструкций, узлов, отдельных материалов. Анализируется соотношение сроков эксплуатации строительных материалов и периода функционирования здания, сооружения, а также соответствие назначения, области и способов применения того или иного материала, изделия техническим условиям, санитарным требованиям, гигиеническим нормам, стандартам по каждому помещению, участку, всему зданию, строению или сооружению в целом.

На этапе эксплуатации определяются текущие затраты на уход за материалом для сохранения его свойств. Представляются обязательными тщательное экологическое исследование и оценка безопасности всех строительных материалов, содержащих в своем составе вещества, опасные для здоровья людей; периодический контроль содержания в воздухе помещений физических параметров среды, радионуклидов, токсичных соединений; оценка динамики изменения этих показателей. В случае выявления негативной динамики ухудшения микроклимата помещений, превышения уровня загрязнений воздушной среды разрабатываются мероприятия по снижению уровня негативного воздействия факторов среды на здоровье людей (регулирование температуры, влажности, режима проветривания, уборки пыли, нанесение защитного слоя и пр.) вплоть до удаления токсичных изоляционных или отделочных строительных материалов из эксплуатируемых помещений здания.

На последней стадии обращения материала встает вопрос о минимизации негативного воздействия на

окружающую среду его остатков и потерь в виде отходов, об оценке возможности его использования в качестве вторичного сырья или изделий. Поэтому важнейшим критерием для экологической оценки материала становится возможность его повторного использования по завершении периода эксплуатации.

В результате на первый план выходит необходимость формирования системы показателей и алгоритмов оценки объемов образования остатков строительной продукции и изделий в виде отходов различной степени опасности для здоровья людей и природной среды. Создание и внедрение такой нормативной и организационно-информационной базы позволят получать объективную информацию по образованию и движению отходов, осуществлять управление их потоками, прогнозировать производственные мощности и виды необходимых объектов по переработке, обезвреживанию, утилизации отходов. Это, в свою очередь, будет способствовать выполнению мероприятий, необходимых для реализации эффективного и экологически безопасного обращения со строительными отходами.

Генеральная стратегическая линия решения проблемы обращения строительных отходов известна – максимально сократить поток отходов на захоронение за счет их вовлечения в переработку. Вопросы минимизации объемов захораниваемых отходов должны решаться еще на стадии их сбора на строительной площадке, как за счет выделения ресурсов, пригодных для вторичного использования, так и за счет концентрации (сбора) отходов и их компонентов, не подлежащих размещению на полигонах – токсичных и горючих отходов (отделочных, изоляционных материалов и т. п.).

Существующая сегодня потребность в традиционных видах вторичного сырья определяет выделение его из потока строительных отходов в качестве первоочередной задачи ресурсосбережения. В результате основными направлениями вторичного использования и переработки строительных отходов становятся:

- производство продукции строительного и иного производственного назначения;
- непосредственное применение в качестве строительного сырья или материалов;
- применение современных способов переработки отходов для получения энергии.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Методические указания МУ 2.1.2.1829-04 «Санитарно-гигиеническая оценка полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и конструкций, предназначенных для применения в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий».
3. СанПиН 2.1.2.1002–00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям».
4. СанПиН 2.1.2.729–99 «Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности».
5. Справочник по гигиене применения полимеров / Под ред. К.И. Станкевича. М.: Здоровье, 1984. 192 с.
6. Цховребов Э.С. Эколого-экономические аспекты обращения строительных материалов // *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова*. 2013. № 3. С. 10–14.
7. Цховребов Э.С., Яйли Е.А. *Обеспечение экологической безопасности при проектировании объектов недвижимости и проведении строительных работ*. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2013. 470 с.

Перспективным направлением вторичного использования строительных отходов от сноса строений, строительства, реконструкции и ремонта зданий и помещений (лом бетонных, железобетонных, керамических изделий, кирпичной кладки, остатки песчано-гравийной смеси и пр.), исчисляющихся ежегодно десятками миллионов тонн, является их использование в сфере дорожного строительства. Значительные массы древесных отходов, как измельченные цельные, так и опилки, стружка, оптимально применимы во вторичном обороте при производстве экологически безвредных строительных изделий – ориентированно-стружечных и цементно-стружечных плит, напольных покрытий. Разработаны эффективные и экологически безопасные технологии вторичного использования стеклянного боя, керамики, резинотехнических изделий при изготовлении строительной продукции.

Экономически эффективное и экологически безопасное обращение со строительными материалами и их отходами, внедрение систем экологического менеджмента в рамках реализации единой экологической политики должны стать частью общей системы управления в строительном комплексе [6, 7]. Основные ее составляющие: нормативно-правовое регулирование, организационно-управленческие решения, маркетинг, всесторонний анализ и комплексная оценка санитарно-гигиенических свойств материалов и изделий, сертификация на соответствие нормативным требованиям, оценка воздействия на окружающую среду, производственный контроль, деятельность по планированию рационального использования природных ресурсов, использование в качестве сырья и материалов, ресурсосбережение, вторичное использование и переработка остатков строительных материалов. Модель единой комплексной, эффективной, оптимальной и качественной системы обращения со строительными материалами должна охватывать все этапы данного процесса, начиная с изготовления строительных материалов и заканчивая использованием строительных отходов в качестве вторичных материалов и изделий.

Только системное и комплексное обеспечение всех перечисленных выше мер в строительном производстве может способствовать защите жизни и здоровья российских граждан и оздоровлению окружающей среды.

References

1. State Standart (GOST) 12.1.005–88. General hygiene requirements to the air of working area (In Russian).
2. Methodical Instruction 2.1.2.1829-04 “Sanitary-hygienic evaluation of polymer and polymer-containing building materials and construction, designated for use in the construction of residential, public and industrial buildings” (In Russian).
3. Sanitary Rules and Norms 2.1.2.1002–00 “Sanitary requirements for residential buildings and premises” (In Russian).
4. Sanitary Rules and Norms 2.1.2.729–99 “Polymer and polymer-containing building materials, products and construction. Hygienic requirements for safety” (In Russian).
5. Handbook of hygiene applications of polymers / K.I. Stankevich. M.: Health. 1984. 192 p. (In Russian).
6. Tshovrebov E.S., Environmental and economic aspects of building materials circulation // *Bulletin of the Kostroma State University. Nekrasov*. 2013. № 3, Pp. 10–14 (In Russian).
7. Tshovrebov E.S., Yaili E.A. Ensuring of environmental safety in the design of real estates and construction activities. St. Petersburg. RSHMU, 2013. 470 p. (In Russian).

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья — это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

ВНИМАНИЕ! С 1 января 2014 г. изменены требования к оформлению статей. Обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам»!

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>