ISSN 1813-9787

ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ

Concrete technologies. №9–10, 2020

24-27 февраля 2021

Краснодар
ВКК «Экспоград Юг»

Получите бесплатный билет на сайте
www.yugbuild.com

ВАШ ПРОМОКОД:
KOMPOZIT

YugBuild

Выставка отделочных и строительных материалов, инженерного оборудования

Официальный информационный спонсор

Региональный информационный партнёр
ОБУСТРОЙСТВО
журнал для тех, кто строит и делает ремонт

Организатор
MVK Международная Выставочная Компания

+7 (861) 200-12-34
yugbuild@mvk.ru

Журналы включены в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)
Информационные научно–технические журналы

ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ
№9-10(170-171), 2020 г.

Издательство ООО «Композит XXI век»
Ген. директор издательства Н.Л. Попов

РЕДАКЦИЯ
Главный редактор А.И. МОКРЕЦОВ
Зам. главного редактора по маркетингу и развитию Ю.Н. НАУМОВ
Дизайн и верстка Б.С. КУРТИШ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Родионов Борис Николаевич – доктор техн. наук, проф.
Наумов Юрий Николаевич – доктор экон. наук
Копылов Игорь Анатольевич – канд. техн. наук
ПОПОВА Людмила Александровна – канд. техн. наук

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
Джозеф Ван БЕЕК (Mr. Jozef Van BEECK) – директор по международным продажам Penetron International Ltd
БАЖЕНОВ Юрий Михайлович – зав. кафедрой «Технология вяжущих веществ и бетонов» МГСУ, акад. РААСН, доктор техн. наук, проф.
БОЛЬШАКОВ Эдуард Логинович – президент ГК «АЛИТ», председатель комитета Российского союза строителей по цементу, бетону и сухим смесям, канд. техн. наук
БОРИСОВ Роман Николаевич – управляющий Ассоциацией «Союз производителей сухих строительных смесей»
БУРЬЯНОВ Александр Фёдорович – исполнительный директор Российской гипсовой ассоциации, доктор техн. наук
ВОЛКОВ Андрей Анатольевич – член-корр. РААСН, доктор техн. наук, проф.
ГРИНФЕЛЬД Глеб Иосифович – исполнительный директор Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона
ГУСЕВ Борис Владимирович – президент РИА, акад. РИА, МИА, чл.-корр. РАН, заслуж. деятель науки РФ, лауреат Гос. премии СССР, лауреат Гос. премии РФ, доктор техн. наук, проф.
ДЕНИСОВ Геннадий Алексеевич – ген. директор НПФ «Стройпрогресс-Новый век», доктор техн. наук, профессор
ЗВЕЗДОВ Андрей Иванович – доктор техн. наук, профессор, академик МИА, РИА, заслуженный строитель РФ, лауреат премий правительства РФ в области науки и техники, президент ассоциации «Железобетон»
КОРОВЯКОВ Василий Фёдорович – зам. директора ГУП «НИИМосстрой», доктор техн. наук
КОШМАН Николай Павлович – президент Ассоциации строителей России, заслуженный строитель РФ
ПУСТОВГАР Андрей Петрович – проректор МГСУ, канд. техн. наук, проф.
СТЕПАНОВА Валентина Фёдоровна – доктор техн. наук, профессор, академик МИА, зав. лабораторией НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»
ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович – президент МГСУ, акад. РААСН, заслуж. деятель науки РФ, доктор техн. наук, проф.
ЧЕРНЫШОВ Евгений Михайлович – акад. РААСН, доктор техн. наук, проф. ВГАСУ

ПОПЕЧИТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ
• Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева – филиал АО «НИЦ Строительство»
• Московский государственный строительный университет
• Российская академия архитектуры и строительных наук
• Российская инженерная академия
• Российское общество инженеров строительства
• Департамент строительства города Москвы

АДРЕС РЕДАКЦИИ
129343, Россия, Москва, пр-д Нансена, д. 1, оф. 34, «Композит XXI век»
Т./ф.: (495) 231-44-55 (многокан.),
Internet: www.kompozit21.ru, www.tehnobeton.ru, www.buildmix.ru
E-mail: info@stroymat21.ru; reklama@tehnobeton.ru; reklama@buildmix.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА
© ООО «Композит XXI век» при поддержке УИСЦ «Композит».
При научно-технической поддержке МГСУ
Рег. номер ПИ № ФС 77-48434 от 31 января 2012 г.
Набрано и сверстано в ООО «Композит XXI век».
Подписано в печать 25.09.2020 г.
Отпечатано в типографии ООО «МЕДИАКОЛОР»
105187, г. Москва, ул. Вольная, д. 28
Общий тираж 10 000 экз.

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов и достоверность опубликованных в авторских статьях сведений.
Перепечатка материалов без разрешения редакции запрещена.

Уважаемые коллеги!

Компания «Строительная информация» занимается изучением рынков строительных материалов, в том числе сухих строительных смесей, почти 20 лет. За это время мы наблюдали и полутора-двукратный рост в течение года в начале двухтысячных, и глубокий спад в кризис 2009 года, и стабильное развитие рынка в последние три-четыре года.

2019 год характеризовался быстрым ростом объемов выпуска и потребления смесей, самым значительным за последние 5 лет (+7%, до 10,2 млн тонн модифицированных ССС). Хотя ожидания на текущий год были более скромными, в продолжении роста никто не сомневался.

Возможно, очень теплая зима, в сочетании с другими факторам обусловила быстрый рост продаж сухих смесей в первом квартале (+10%). В марте обвалились нефтяные цены, что уже корректировало ожидания по росту экономики в меньшую сторону и в той или иной степени должно было отразиться на рынках отделочных материалов. Введение карантина в последних числах марта ухудшило ситуацию значительно сильнее. Мало того, что в некоторых регионах полностью или частично были приостановлены стройки, встали заводы-производители материалов, почти везде были закрыты магазины стройматериалов/стройбазы, работа малых фирм и бригад отделочников оказалась затруднена. Около 20% опрошенных нами строителей отметили, что в апреле-мае не работали вообще.

В апреле продажи сухих смесей у большинства компаний падали на 5-20%. Май не принес улучшения. Однако уже в июне, по мере ослабления карантина, спрос начал быстро расти. В итоге второй квартал уронил рынок смесей на те же 10%, на которые рынок вырос в первом квартале. С учетом большего удельного веса второго квартала, итог по рынку смесей за полугодие – минус 2%. Могло быть и хуже...

Как будет дальше развиваться ситуация на рынках? Наиболее вероятно, на наш взгляд, что во втором полугодии не произойдет ни существенного роста, ни заметного углубления спада. По итогам года можно ожидать сокращения рынка смесей на 2-3% к 2019 году в натуральных показателях. Мы надеемся, что в следующем году рынок вернется к росту.

15-16 октября в Санкт-Петербурге мы проводим очередную конференцию «Рынок отделочных и теплоизоляционных материалов-2020». На ней у игроков рынка смесей и других материалов будет возможность обсудить предварительные итоги года, ожидания и планы на перспективу. Надеемся, как и раньше, доклады и обсуждения на конференции окажутся не только интересны для участников, но и полезны для их работы.

Евгений Ботка, генеральный директор компании «Строительная информация», г. Санкт-Петербург

ИНФОРМАЦИЯ

Новости строительного комплекса 6

Мнение

Жизнь после пандемии
Life after the pandemic 10

БЕТОН

Материалы

Киселев К.В., Клуда Ф. ***Новое поколение бетона для строительства дорог***
Kiselev K.V., Klouda F. ***New generation of concrete for road construction*** 14
Круглый стол: «Зимнее бетонирование – предтеча зимы 21-ого года, или Ошибки как двигатель прогресса»
Round table: «Winter concreting – the forerunner winter of the 21st year, or Mistakes as an impact of progress» 20

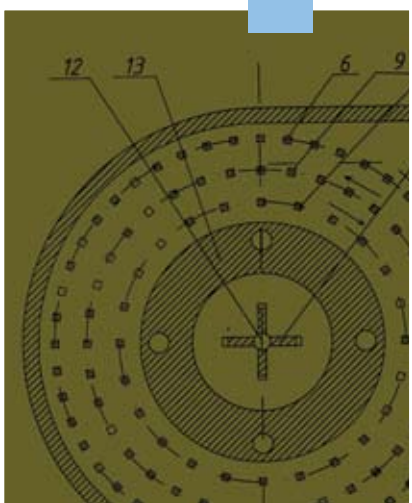
Продукт

Степанюга И.В. ***Поликарбоксилаты, нафталинсульфонаты или лигносульфонаты? Тенденции меняются***
Stepanjuga I.V. ***Polycarboxylate, naphthalenesulfonate or lignosulphonates? Trends are changing*** 36

6

36

39



45

Оборудование

Дмитрак Ю.В., Дзапаров В.Х., Стась В.П., Стась П.П. ***Коррекция свойств бетонов в горном производстве***
Dmytruk Y.V., Dzaparov V.H., Stas V.P., Stas P.P. ***Correction properties of concrete in the mining industry*** **39**

Технологии

Мухамедбаев Аг.А. ***Исследование пористости пенобетонов на основе шлакощелочного вяжущего***
Mukhamedbaev Ag.A. ***Study of the porosity of foam concrete based on slag-alkaline binder*** **45**

ЦЕМЕНТ

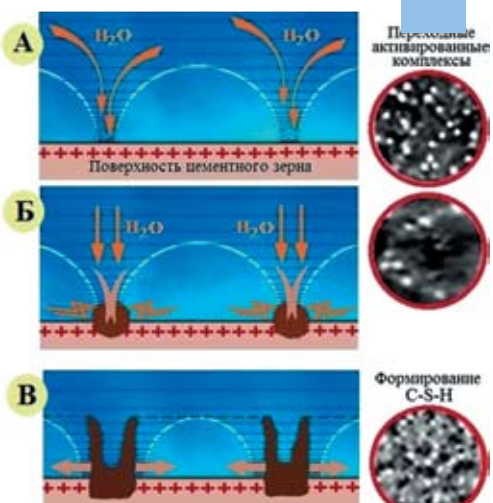
Теория

Пшеничный Г.Н. ***Теория бетоноведения: смутные времена***
Pshenichny G.N. ***Theory of concrete science: troubled times*** **49**

Материалы

Кузьмина В.П. ***Цветные цементы***
Kuzmina V.P. ***Colored cements*** **57**

49



57

67

72

СУХИЕ СМЕСИ

Теория

Сычева Л.И., Амелина Д.В., Федорова В.В. ***Свойства многофазовых гипсовых вяжущих, полученных однократным обжигом и смешиванием***
Sycheva L.I., Amelina D.V., Fedorova V.V. ***Properties of multiphase gypsum binders obtained by single firing and mixing*** **67**

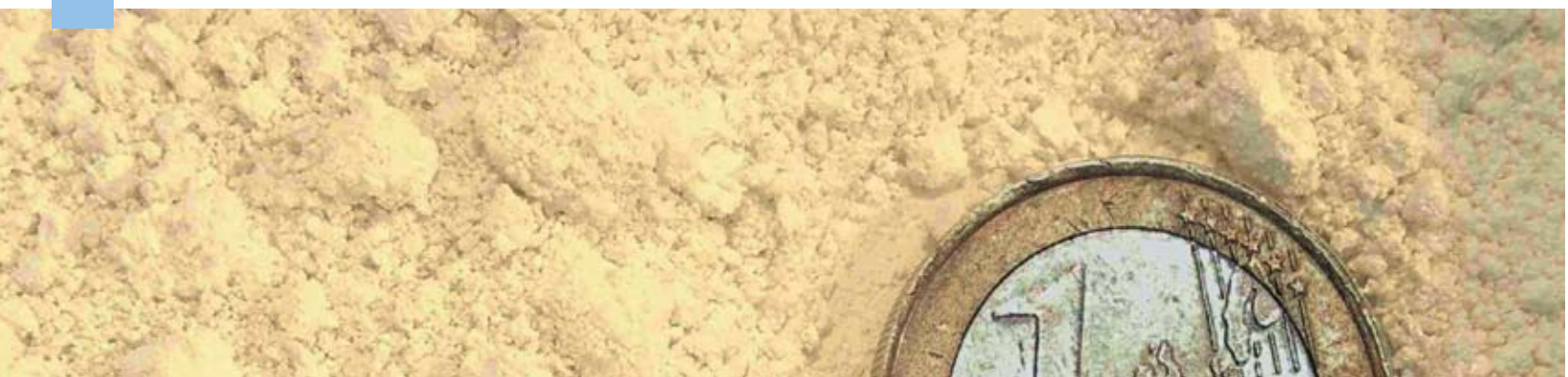
Материалы

Долгорев А.В. ***Конструкционный высокопрочный гипсовый нанопрекомпозит. Часть III. Премиксы***
Dolgarev A.V. ***High-strength structural plaster nanocomposite. Part III. Premixes*** **72**

Технологии

Аубакирова Б.М., Нурмаганбетова А.Т. ***Влияние метакаолина как модифицирующей добавки на эксплуатационные свойства сухих строительных смесей***
Aubakirova B. M., Nurmagambetova A. T. ***Influence of metakaolin as a modifying additive on the performance properties of dry building mixes*** **76**

76



КОНФЕРЕНЦИЯ
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ»

4-ая научно-практическая конференция «Современные технологии инженерных изысканий, проектирования и строительства на многолетнемерзлых грунтах» состоится в Москве. Мероприятие пройдет в **Холидей Инн Сущевский (Holiday Inn Suschevsky) с 10 по 12 ноября 2020 г.**

Конференция приурочена к 120-летию со дня рождения советского ученого, признанного авторитета в области механики грунтов, геомеханики и инженерной геологии, профессора Николая Александровича Цытовича и 110-летию со дня рождения известного специалиста в области инженерной геокриологии, гляциологии и реологии грунтов Сергея Степановича Вялова.

Организаторами конференции выступают Международная ассоциация фундаментостроителей при поддержке НИИОСП им. Н.М. Герсеванова АО «НИЦ «Строительство». Генеральный спонсор – компания Zinker / ООО «Цинкер».

Информационную поддержку мероприятию оказывают журналы «Фундаменты», «Дорожная держава», «Промышленное и гражданское строительство» и «Жилищное строительство», «Технологии бетонов» и другие СМИ.

Участие в конференции примут более сотни специалистов из городов России и стран Ближнего Зарубежья – представители отраслевых проектных институтов, строительных компаний, производителей строительной техники, оборудования и материалов.

В рамках конференции эксперты обсудят актуальные тенденции и проблемы инженерно-геологических изысканий в районах распространения многолетнемерзлых пород, геотехнический мониторинг многолетнемерзлых грунтов (ММГ), лабораторные исследования свойств мерзлых грунтов, вопросы свайных фундаментов на ММГ, тепловое взаимодействие мерзлых грунтов с сооружениями, перспективы развития Арктического региона РФ.

Будет представлена спецтехника, строительное оборудование, инструмент, материалы для проведения строительных работ на многолетнемерзлых грунтах.

«Наша конференция объединяет экспертов различного уровня, что позволяет расширить свои знания в области строительства на многолетнемерзлых грунтах, обсудить существующие проблемы и задачи по данной теме, обменяться опытом, познакомиться с инновациями и найти единомышленников, – отметила Екатерина Дубровская, генеральный директор Международной ассоциации фундаментостроителей.

Приглашаем принять участие в конференции «Современные технологии инженерных изысканий, проектирования и строительства на многолетнемерзлых грунтах». Уверена, что она будет полезной и интересной для участников!».

Вниманию участников! Регистрация обязательна. Для того чтобы стать участником конференции необходимо заполнить заявку на участие и выслать ее организаторам по электронной почте: info@fc-union.com.

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: +7 (495) 66-55-014, моб. +7 926 38-474-68, +7 916 36-857-36, +7 925 86-101-81.

Новости стройкомплекса

News of Construction Industry

Минстрой готовит СП для работы строек в период пандемии

Пандемия COVID-19 вынудила Минстрой начать подготовку нового СП в сфере строительства. Это свод правил по организации работы стройплощадок в условиях карантинных ограничений. В настоящее время разработка документа почти завершена. Об этом сообщил замглавы министерства Никита Стасишин. Он уточнил, что проект документа уже готов и проходит согласования в федеральных органах исполнительной власти, а также в администрациях регионов. Помимо этого СП обсуждается в экспертном сообществе и с девелоперами, добавил Стасишин.

За основу для нового свода правил взят столичный стандарт по работе строек в условиях пандемии COVID-19. Как считают некоторые источники, проект СП предусматривает различные комплексы мер в зависимости от эпидемиологической ситуации. Например, при интенсивном режиме реагирования предусмотрен семидневный карантин и тестирование на инфекции для прибывших из других регионов, соблюдение дистанции в 1 м при производстве работ, использование маски, если дистанция невозможна.

При экстремальном режиме требования ужесточают: карантин для прибывших из других регионов увеличивается до 14 дней, использование масок и перчаток становится обязательным для всех, минимальная дистанция между рабочими вырастает до 2 метров.

У Минстроя может появиться собственный девелопер

Его создание прорабатывают в Минстрое, – заявил первый замглавы министерства Ирек Файзуллин. Соответствующий законопроект планируют подготовить в обозримые сроки. «Видимо, (новая госструктура появится – ред.) в форме государственной корпорации или публично-правовой компании», – сказал Файзуллин.

Как можно предположить, «мегадевелопер» появится на базе передаваемых Минстрою шести строительных госзаказчиков от пяти федеральных органов власти: Минспорта, Минкультуры, Минобрнауки, Минздрава и ФНС. Соответствующее распоряжение правительства вступит в силу с 1 октября.

Ранее передачу строительных госзаказчиков Минстрою прокомментировали в пресс-службе вице-премьера Марата Хуснуллина.

«Объединение в Минстрое функций заказчика по объектам инфраструктуры позволит эффективнее управлять проектами, повысить их качество, снизить сроки их реализации, а также предотвратить появление незавершенного строительства в стране», – заявил представитель зампреда кабмина.

Робкий рост… тенденция?

Согласно данным, опубликованным Росстатом, средняя отпускная цена у производителей бетона в России в июле 2020 года составила 3 683,76 рублей за м^3 без НДС, незначительно увеличившись по отношению к предыдущему месяцу. Таким образом, после небольшого снижения цены в июне, цена бетона вновь пошла вверх. Подобное поведение цены довольно типично для данного временного периода. Так, в среднем с начала десятилетия оно составляло в период июнь-июль +0,9%, так что ее повышение на 0,3% в этом году выглядит вполне предсказуемым.

Напомним, что цемент за тот же период подорожал на 0,7%, а щебень на 1,1%.

Абсолютным лидером по приросту цены стал Северо-Западный федеральный округ. Здесь всего за месяц цена бетона выросла на 15,1%. Лидером по снижению цены стал Приволжский федеральный округ.

В сравнении с ценами июля прошлого года более всего бетон подорожал в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах (на 8,0% и 6,7% соответственно). Наибольшее снижение цены за 12 последних месяцев зафиксировано в Северо-Западном федеральном округе (-7,1%).

Если смотреть на динамику изменения цены с начала года (июль к январю), то наибольший прирост отмечен в ЦФО (+1,3%), а наибольший спад в СФО (-12,0%).

Потребление щебня по ж/д в августе вновь на высоком уровне

По итогам восьмого месяца текущего года суммарное потребление щебня по железной дороге составило 13 410,1 тыс. тонн. А это значит, что август стал уже пятнадцатым подряд календарным месяцем, когда потребление щебня по железной дороге превосходит аналогичный прошлогодний результат, т.е., несмотря на коронавирус и, как следствие, спад потребления почти всех основных строительных материалов, прирост потребления щебня уверенно сохраняется. До рекорда месяца, установленного в 2012-м году, еще очень далеко и разрыв составляет около 11%, но результат августа этого года стал лучшим за последние 6 лет.

Потребление щебня по федеральным округам выглядит следующим образом: в одной половине округов потребление щебня по сравнению с прошлым месяцем увеличилось, а в другой – снизилось. Лидером по увеличению потребления стал Северо-Кавказский федеральный округ, где всего за один месяц спрос на щебень вырос в 2,5 раза. Лидером по снижению стал Дальневосточный регион.

Если сравнивать итоги августа 2020 года с итогами аналогичного месяца прошлого года, то увидим похожую картину: в половине округов произошло увеличение объемов потребления щебня по железной дороге, а в другой половине – снижение. По данному критерию наибольший прирост показал Центральный федеральный округ (+28,6%), а наибольший спад – Северо-Кавказский (-22,7%).

Потребление щебня по регионам. Список областей с суммарным потреблением в июле более 100 тыс. тонн щебня, в которых зафиксирован наибольший рост потребления по сравнению с предыдущим месяцем, возглавила Смоленская область +113,3%, замыкает топ-10 Курганская область +16,1%.

Алтайский край (-52,3%) показал наибольший спад среди 10 областей, где зафиксировано снижение потребления щебня по сравнению с предыдущим месяцем и объем потребления которых превышает 70 тыс. м^3 щебня в отчетном месяце. Минимальный спад отмечен у Чувашской республики -12,8%.

Производство цемента в РФ (с января по июль 2020 года)

В июле спад на рынке цемента замедлился – производство сократилось на 6,8% по отношению к июлю 2019 г. Это минимальное сокращение за 4 последних месяца. Всего за январь-июль 2020 г. было произведено 31,2 млн т цемента, что на 5,2% (1,7 млн т) меньше, чем за тот же период прошлого года.

Наиболее значимым спад производства за январь-июль был в ЮФО – на 10%. Позитивной динамика была в СКФО – прирост на 1,8%. В остальных федеральных округах производство уменьшилось.

В июле производство цемента выросло опять же в Северо-Кавказском федеральном округе. Прирост составил 6% по отношению к июлю 2019 г. Наибольший спад был отмечен в Дальневосточном ФО – на 14% к сопоставимому месяцу прошлого года. В остальных федеральных округах спад производства был на уровне 6-9%.

Отгрузка цемента ж/д транспортом в июле снизилась на 8,2% к уровню июля 2019 г., на долю жд-отгрузки пришлось 45,0% потребления (годом ранее в том же месяце – 45,8%).

По итогам января-июля максимальный спад производства был у заводов, аффилированных с «Новоросцементом», – почти на 14%. Высокие темпы снижения зафиксированы у независимых заводов, не входящих в холдинги – в среднем на 9%. «ЕВРОЦЕМЕНТ груп» сократил выпуск на 6,3%. «Себряковцемент», Dyckerhoff и «ДВ-Цемент» уменьшили выпуск в среднем на 3-4%. «Сибирский цемент» отработал на уровне прошлогодних показателей. Две холдинговые

структуры в январе-июле нарастили выпуск, несмотря на общий спад на рынке: Lafarge&Holcim увеличил производство на 1,9%, HeidelbergCement – на 3,4%.

Первый цементный завод России празднует свой 150-летний юбилей

Именно столько лет исполняется в 2020 году Щуровскому заводу – первому отечественному предприятию по производству цемента. Он был основан предпринимателем и промышленником Эмилем Липгартом в 1870 году и на протяжении своей полуторавековой истории был и остается одним из самых высокотехнологичных предприятий строительной промышленности страны. В 2007 году завод вошел в состав швейцарской компании Holcim, а с 2015 входит в Группу LafargeHolcim.

В 2011 году завершилась масштабная модернизация предприятия. Инвестиции в реконструкцию завода составили 550 млн евро и позволили полностью обновить технологическую линию, увеличить производительность предприятия в 3,5 раза, повысить энергоэффективность, а также улучшить экологические показатели. Две устаревшие печи для мокрого способа производства были заменены на одну печь для сухого способа длиной 86 метров – самую большую и современную печь в Европе, мощностью до 5500 тонн клинкера в сутки.

Сегодня Щуровский цементный завод входит в пятерку старейших предприятий LafargeHolcim по всему миру среди 178 предприятий Группы. Продуктовый портфель завода разрабатывается в тесном сотрудничестве и координации с научно-техническим центром LafargeHolcim во Франции. Современное оборудование обеспечивает высокое качество продукции, которая используется при сооружении знаковых строительных объектов современной России. Цемент Щуровского завода применялся при реконструкции стадиона Лужники, принимавшего финал Чемпионата мира по футболу-2018, а также при строительстве взлетно-посадочных полос аэропортов Шереметьево и Домодедово, модернизации Калужского шоссе и создании ЦКАД. Щуровский завод, единственный в России, производит белый цемент, который высоко ценится архитекторами и был применен при реконструкции Политехнического музея в Москве, возведении мечетей в Республике Татарстан, интерьерах и экстерьерах штаб-квартиры «Русской медной компании» в Екатеринбурге.

Компания Semey Cement (Казахстан) продолжает модернизацию

Несмотря на мировые кризисные явления, связанные с пандемией COVID-19, Semey Cement продолжает реализацию масштабного проекта модернизации производства. В конце августа был завершен международный тендер и подписан контракт с ведущим мировым поставщиком оборудования для помола цемента – немецкой компанией GEBR. PFEIFFER.

В соответствии с условиями контракта уже осенью 2021 года Semey Cement получит инновационную вертикальную 4-х валковую мельницу MVR-5000 производительностью до 200 тонн цемента в час. Новая вертикальная мельница полностью заменит все 9 существующих шаровых цементных мельниц, позволит расширить номенклатуру выпускаемого цемента и в 2 раза повысить энергоэффективность помола цемента.

В планах Semey Cement – строительство нового завода по производству клинкера сухим способом мощностью 1,2 млн тонн в год. В качестве площадки для возведения нового предприятия, которое планируется начать в 2025 году, рассматривается поселок Суыкбулак в Жарминском районе ВКО, где Semey Cement ведет добычу известняка используемого при производстве клинкера.

В Узбекистане запустили завод по производству цемента

В Ферганской области Узбекистана стартовало производство цемента на «Qurilish Ashyo Sifat Servis» – новом предприятии с проектной мощностью 100 тыс. тонн в год. Стоимость проекта составила $25 млн, а до конца года завод должен выпустить порядка двух тысяч тонн продукции.

Ожидается, что проектная мощность цементных предприятий республики увеличится на 60% до конца текущего года. В ближайшие полтора года ожидается строительство и пуск еще 10 цементных заводов в Джизакской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской, Ташкентской, Андижанской, Ферганской и Наманганской областях, а также в Республике Каракалпакстан.

«Мордовцемент» начал отгрузку цемента в полипропиленовой упаковке

«Мордовцемент», входящий в холдинг «ЕВРОЦЕМЕНТ груп», начал отгружать продукцию в новой высокопрочной

полипропиленовой упаковке. В нее фасуют цемент марки ЦЕМ I 42,5Б по 50 кг.

Полипропиленовая упаковка надежна и устойчива к механическим повреждениям. Даже при длительной транспортировке, многократных погрузочно-разгрузочных работах или долгом хранении она гарантированно сохранит свою целостность и, следовательно, высокие качественные характеристики цемента. Такую упаковку повышенной прочности невозможно изготовить кустарным способом или подделать, так как при ее создании реализован ряд современных технологических решений. Это является дополнительной защитой покупателей от контрафакта.

Полипропилен – безопасный и экологически чистый материал, который может быть вторично переработан. Благодаря своей прочности, пропиленовые мешки также повторно используются в быту для сбора и утилизации мусора, в том числе строительного.

Долги «ЕВРОЦЕМЕНТ груп»

«ЕВРОЦЕМЕНТ груп», крупнейший российский производитель цемента, просрочил выплаты по долгу на десятки млрд рублей. Ранее холдинг был включен правительством в список системообразующих компаний. Этот производитель цемента входит в пятерку крупнейших в мире. Компания объединяет 19 цементных заводов в России, Украине и Узбекистане. Ее крупнейшим кредитором является «Сбербанк». В ноябре прошлого года он забрал 50 млрд рублей долга у «ВТБ», обменяв его на обязательства компании «Мечел», и теперь долги «ЕВРОЦЕМЕНТ груп» обеспечили рекордный рост просроченной задолженности в корпоративном портфеле Сбербанка.

Как отмечает finanz.ru, в июле этого года объем проблемных кредитов на балансе банка вырос на 98,4 млрд рублей и $2,1 млрд. В результате на один крупнейший госбанк пришлось около 90% просрочки по займам бизнеса за месяц. Сбербанк уже подал иски к холдингу, принадлежащему Филарету Гальчеву, на сумму в 33,44 млрд рублей. По оценке Forbes его состояние исчисляется в 1 млрд долларов США.

В феврале этого года компанию возглавил Ашот Хачатурянц, который незадолго до этого покинул пост руководителя «Сбербанк Капитала», занимающегося проблемными заемщиками. Тогда в компании сообщили, что первоочередными задачами нового топ-менеджера станет подготовка новой стратегии развития «ЕВРОЦЕМЕНТ груп». Однако за июль корпорация просрочила выплаты по кредитам на общую сумму 271 млрд рублей, а к августу общий размер долга, который не обслуживается более 90 дней, стал рекордным как в абсолютном, так и относительном выражении.

В России начнут строить взлетно-посадочные полосы изо льда

Специалисты МГТУ им. Баумана разработали инновационную технологию строительства взлетно-посадочных полос в условиях Арктики. Об этом сообщил проректор университета по экономике и инновациям Евгений Сторожук. «Проект подразумевает создание быстровозводимых ледовых аэродромов. Это достигается за счет модифицирования ледового покрытия с помощью специальных химических реагентов, которые позволяют осуществлять посадку авиатранспортных средств на подготовленную ледовую полосу», – сказал Сторожук. Он добавил, что технологией уже заинтересовались в Минобороны, и университет работает с военными в данном направлении.

По словам проректора МГТУ, прочность ледовой полосы и наличие на ней трещин будут проверять проложенные в ее толще волоконно-оптические сенсоры. В оттепель нормативное состояние такой ВПП будут поддерживать с помощью подмораживания или добавления реагентов. Предполагается, что диспетчеры «ледовых аэродромов» смогут работать удаленно.

В целом, технология разработана для материковых территорий за Полярным кругом. В перспективе садиться на подобные ВПП смогут, в том числе тяжелые транспортные самолеты, резюмировал Евгений Сторожук.

Проректор МГТУ уточнил, что пока технология еще отрабатывается. По его словам, этот этап продлится год.

Подборка новостей подготовлена на основе информации порталов stroi.mos.ru, radidomapro.ru,beton.ru, amikron-c.ru, rucem.ru, kora-trading.ru, а также материалов от пресс-служб компаний LafargeHolcim, Semey Cement

ЖИЗНЬ ПОСЛЕ ПАНДЕМИИ

Президент НОСТРОЙ Антон Глушков – о пандемии COVID-19, которая стала серьезным испытанием для российской строительной отрасли. О последствиях коронавируса, финансовой поддержке СРО и о грядущей реформе контрактной системы в строительстве.

NOSTROY President Anton Glushkov talks about the COVID-19 pandemic, which has become a serious test for the Russian construction industry. He shares on the consequences of this event, financial support for the SRO and the upcoming reform of the contract system in construction.

Ограничительные мероприятия в связи с пандемией, безусловно, внесли существенные коррективы в работу строительных организаций. Мы впервые за последние 11 месяцев увидели сокращение объема строительных работ. По данным Росстата, по сравнению с аналогичным показателем 2019 года он сократился на 2,3%. В этой ситуации многие застройщики стараются нарастить темп работ в третьем квартале, но в отдельных регионах страны уже в октябре строительство будет остановлено в силу особых климатических условий. Последствием этого может стать перенос сроков ввода объектов жилищного строительства.

Напомню, что нацпроектом «Жилье и городская среда» в 2020 году пока предусмотрен ввод 98 млн м^2 жилья, из которых 64,9 млн – это многоквартирные дома. При сохранении динамики 2019 года по итогам этого года будет введено в эксплуатацию чуть более 77 млн м^2, что на 20% меньше от цели. По нашим прогнозам, серьезное отставание от целевых показателей ожидается в Ивановской (-64% от цели), Курской (-51,1%), Смоленской (-58,3%), Архангельской (-54,3%), Астраханской (-57,9%), Курганской (-53,6%) и Кемеровской (-52,5%) областях, а также республиках Дагестан (-71,7%) и Ингушетия (-66,4%). С другой стороны, в ряде регионов, наоборот, по итогам этого года ожидается превышение целевого показателя. Это Нижегородская (+2,5% к цели) и Самарская (+11,2%) области, Ханты-Мансийский (+27,8%) и Ненецкий (+8%) автономные округа, республики Северная Осетия-Алания (+5,7%), Хакасия (+11,1%) и Кабардино-Балкарская республика (+3,4%), а также Ставропольский (+10,4%) и Красноярский (+17,6%) края.

С точки зрения эффективности принятых правительством мер господдержки строительной отрасли самой действенной стала программа льготного ипотечного кредитования под 6,5% и снижение размера первоначального взноса с 20% до 15%. На сегодняшний день банками было одобрено свыше 300 тыс. заявок заемщиков, из которых уже выдано 123 тыс. кредитов на общую сумму 330 млрд руб. Лимит программы – 740 млрд руб. Серьезной мерой поддержки застройщиков, завершающих строительство объектов по старым правилам, стала программа субсидирования ставок по действующим кредитам. На эти цели правительство России выделило еще 12 млрд руб. Кроме того, правительство проработало вопрос субсидирования в рамках проектного финансирования процентной ставки для застройщиков, рентабельность которых ниже 15%. Пока предполагается выделить на эти цели из бюджета 1 млрд руб. Такая мера сделает доступным новый механизм финансирования для небольших региональных застройщиков, у которых рентабельность проектов колеблется от 5% до 10%. Это означает, что в небольших городах будут появляться новые объекты, доступные в цене для широкого круга граждан, и сохранится конкурентный рынок. Но все-таки самой действенной мерой было и остается разрешение продолжать ведение строительных работ.

На сегодняшний день в России накопился большой объем ветхого и аварийного жилья. Решать эту проблему необходимо комплексно и в сжатые сроки. В такой ситуации запуск программы масштабного госзаказа на жилье представляется своевременным и целесообразным: граждане получат достойные условия проживания, государство достигнет главных целей по нацпроекту «Жилье и городская среда», а застройщики получат гарантированное финансирование по таким проектам без дополнительных кредитных обязательств.

Важная поправка в 214-ФЗ была принята этим летом – это право муниципальных образований приобретать жилые площади посредством размещения средств на счетах эскроу. Это тоже инструмент госзаказа: средства выделяются, при этом они защищены. Застройщики улучшают темпы продаж, что служит снижению размера ставки в рамках проектного финансирования.

Еще одна актуальная тема. Как показал мониторинг, за время действия ограничительных мер в регионах выросли цены на строительные материалы. В 15 прирост составил в среднем 4-7%, в десяти – 10%. Удорожание свыше 10% произошло в Псковской, Свердловской, Калининградской областях, Красноярском и Краснодарском краях, в Республике Карелии и ХМАО. В некоторых регионах по отдельным позициям прирост цен превышал 15%. Так, например, арматура подорожала в среднем по стране на 7,5%, а в Кемеровской области – на 15%. Цены на металлопрокат в среднем выросли на 8%, в Калужской области опять же на 15%. Закупка цемента теперь обойдет-

ся строителям на 9% дороже, а в Тверской и Новосибирской областях – на 15%.

Цены на песок выросли более чем на 10%, а в Мурманской области – на 18%. Прирост цен на битум колебался в пределах 10% по стране, но в Краснодарском крае был зафиксирован рекордный показатель – почти 34%. Прирост стоимости алюминиевого профиля также держался в пределах 10%, но в Республике Карелии удорожание составило более 30%.

Эти колебания нельзя не учитывать, поскольку сметные цены заключаемых государственных и муниципальных контрактов не соответствуют текущим рыночным ценам. Такое положение дел может привести к недостоверной и заниженной стоимости строительства и, как следствие, к невыходу строителей для участия в конкурентных процедурах, возможному срыву действующих контрактов и банкротству компаний-исполнителей. На апрельском совместном совещании Минстроя России, ФАУ «Главгосэкспертиза России» и НОСТРОЙ, среди прочих обсуждался этот вопрос. В итоге было принято решение об ускорении процесса выпуска индексов с применением расчетного метода и к 1 июня 2020 года в 49 регионах индексы были утверждены, и работа ведется по актуальным ценам.

Одной из самых обсуждаемых последних инициатив НОСТРОЙ стало предложение по предоставлению финансовой помощи строителям из средств компфондов СРО. Использование данных средств в качестве кредитных обусловлено негативными последствиями распространения коронавирусной инфекции и пока, согласно норме закона, будет иметь краткосрочный характер – до 1 января 2021 года. По итогам анализа правоприменительной практики и ситуации в отрасли в конце года в случае необходимости и ощутимого положительного эффекта от данной меры НОСТРОЙ обязательно выступит с предложением о продлении срока действия мероприятия.

Понятно, что компфонды должны быть защищены. Во-первых, законом предусмотрено ограничение суммы, которую можно направить на предоставление займов, – не более 50% от объема компенсационного фонда обеспечения договорных обязательств. Также существует условие, что размер средств компфонда не может снижаться ниже его минимального размера, установленного законодательством. Это позволяет защитить интересы других членов СРО. Отмечу, что заемные средства могут быть перечислены только на расчетный счет заемщика, открытый в том же банке, в котором размещены средства КФ ОДО СРО. При этом помимо договора об открытии счета с банком должен быть заключен договор о проведении банковского мониторинга расходования этих средств. Дополнительный контроль за расходованием средств будут осуществлять сами СРО и НОСТРОЙ. Национальное объединение будет следить за решениями региональных СРО. Все займы должны быть возвращены не позднее, чем через год с даты подписания договора займа, либо не позднее 5 рабочих дней со дня перечисления заемщику оплаты по заявленному договору подряда со стороны заказчика. Более того, займы не беспроцентные. Ставка не будет превышать половину от ключевой ставки Банка России на день выдачи и составит от 2,5 до 4,5%.

В повестке дня – активное обсуждение реформы контрактной системы в строительстве. Какова позиция НОСТРОЙ по этому вопросу? Прежде всего, мы считаем необходимым разработать эффективную рейтинговую систему оценки, учитывающую, кроме стоимости, сложность исполнения конкретного договора и опыт участника закупок. Сейчас сведения о наличии опыта у участника конкурентной процедуры заказчик проверить не может и вынужден основываться на информации из заявки. На практике же возникают ситуации, когда участник закупки «подтверждает» наличие опыта фиктивными договорами субподряда. Также на одну и ту же конкурентную процедуру могут заявляться участники, которые имеют опыт в различных направлениях строительной деятельности, причем этот опыт может не совпадать со спецификой технологических требований в предмете закупки.

В связи с этим мы предлагаем установить требование об аналогичности имеющегося у участника опыта объекту закупки, а также обеспечить прозрачность и проверяемость предоставляемых подрядчиком сведений, обязав размещать их в открытом доступе для осуществления общественного контроля.

Другая проблема заключается в недостаточной детализации взаимоотношений заказчика и подрядчика, ставящей подряд-

чика в зависимость от заказчика. В первую очередь, это обусловлено отсутствием авансирования таких договоров, то есть подрядчик вынужден исполнять работы за свой счет, а затем долго ждать принятия таких работ заказчиком и их оплаты. Широко распространена практика по отказу заказчиков от подписания актов выполненных работ по основаниям, не связанным с качеством этих работ.

Говоря о договорах строительного подряда, следует затронуть вопрос необъективных сроков выполнения работ, в которые подрядчик не может исполнить свои обязательства надлежащим образом и в этой связи несет финансовые потери вместе с СРО, членом которой он является. При этом СРО не может влиять на заключение договоров своим членом, а также на условия такого договора. Поэтому мы считаем необходимым ввести обязанность заказчика размещать заказ на выполнение работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту, сносу объектов капитального строительства только с привлечением квалифицированного технического заказчика.

Кроме того, НОСТРОЙ считает целесообразным отменить обеспечение гарантийных обязательств для участников закупок-членов СРО как избыточное требование, дублирующее функции компенсационных фондов, а также исключить обеспечение исполнения договоров, заключенных с использованием конкурентных процедур, стоимостью не более 60 млн руб.

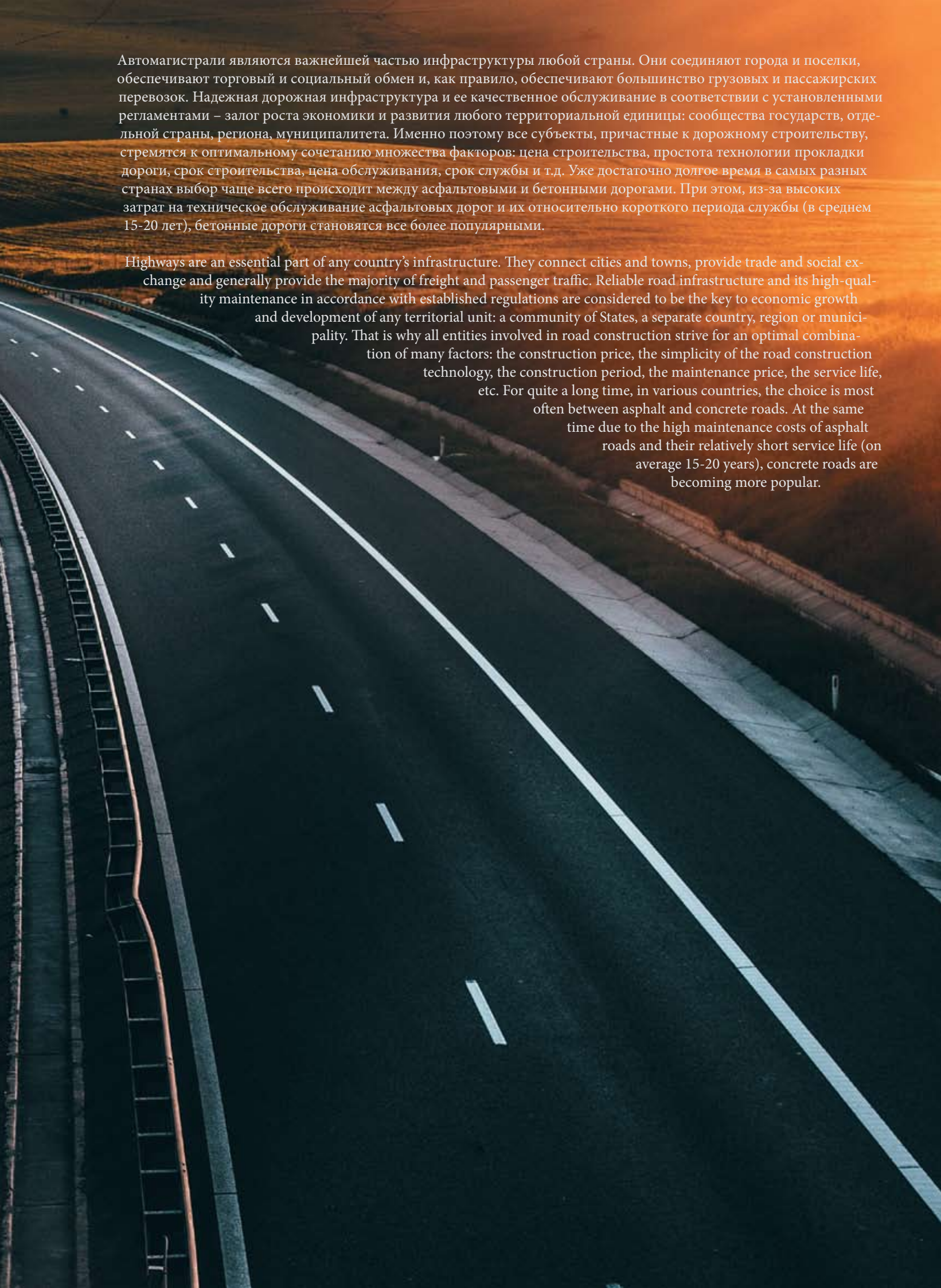
Наконец, мы считаем, что необходимо обеспечить автоматизацию процессов размещения заказчиками сведений о заключении договоров, об их частичном и полном исполнении, синхронизировать их с данными бухгалтерского учета заказчиков, а также сделать доступными для СРО и нацобъединений сведения из закрытой части ЕИС, разумеется, с учетом распространения на них режима конфиденциальности.

На основе материалов ресурса Ради Дома PRO

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ БЕТОНА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ

PENETRON®
TOTAL CONCRETE PROTECTION

К.В. КИСЕЛЕВ, кандидат наук;
Ф. КЛУДА, Director International Account Coordinator Penetron International Ltd



Автомагистрали являются важнейшей частью инфраструктуры любой страны. Они соединяют города и поселки, обеспечивают торговый и социальный обмен и, как правило, обеспечивают большинство грузовых и пассажирских перевозок. Надежная дорожная инфраструктура и ее качественное обслуживание в соответствии с установленными регламентами – залог роста экономики и развития любого территориальной единицы: сообщества государств, отдельной страны, региона, муниципалитета. Именно поэтому все субъекты, причастные к дорожному строительству, стремятся к оптимальному сочетанию множества факторов: цена строительства, простота технологии прокладки дороги, срок строительства, цена обслуживания, срок службы и т.д. Уже достаточно долгое время в самых разных странах выбор чаще всего происходит между асфальтовыми и бетонными дорогами. При этом, из-за высоких затрат на техническое обслуживание асфальтовых дорог и их относительно короткого периода службы (в среднем 15-20 лет), бетонные дороги становятся все более популярными.

Highways are an essential part of any country's infrastructure. They connect cities and towns, provide trade and social exchange and generally provide the majority of freight and passenger traffic. Reliable road infrastructure and its high-quality maintenance in accordance with established regulations are considered to be the key to economic growth and development of any territorial unit: a community of States, a separate country, region or municipality. That is why all entities involved in road construction strive for an optimal combination of many factors: the construction price, the simplicity of the road construction technology, the construction period, the maintenance price, the service life, etc. For quite a long time, in various countries, the choice is most often between asphalt and concrete roads. At the same time due to the high maintenance costs of asphalt roads and their relatively short service life (on average 15-20 years), concrete roads are becoming more popular.

В 2015 г. министр промышленности и торговли РФ Д. Мантуров поддержал предложение одного из руководителей холдинга «Евроцемент» М. Скорохода о постепенном переходе на бетонные технологии при строительстве дорог. В апреле 2016 года Д. Медведевым было подписано постановление, которым предусматривался постепенный переход в строительстве дорог на бетон. К 2030 г. предполагалось строить 50% цементобетонных дорог от общего количества прокладываемых магистралей.

В 2019 г. Минтрансу, Минстрою, Минпромторгу и Минэкономразвития России премьер-министром было поручено разработать и внести в Правительство РФ предложения по увеличению объемов строительства дорог с применением цементобетонных покрытий. Эти и иные решения закономерно стали менять ситуацию в дорожном строительстве. Однако изменения пока происходят достаточно медленно. В середине 2019 года в России было построено и функционировало 22 тыс. км бетонных дорог, что составляет всего 2% от общей протяженности дорог, которые можно было бы строить из бетона.

Преимущества

Бетон является одним из самых универсальных строительных материалов. Он более прочный и поэтому имеет длительный срок службы. В среднем 30-50 лет для бетонных дорог – абсолютная норма, что в два-четыре раза больше срока службы асфальтовых дорог. И несмотря на то, что бетонные дороги, по нашим расчетам, изначально примерно на 20% дороже, общая стоимость их жизненного цикла (то есть с учетом вложений в обслуживание) по сравнению с асфальтовыми минимум на 20-25% дешевле. Еще более оптимистичные расчеты делает Росавтодор. По мнению специалистов этой корпорации, цементобетонная трасса дороже асфальтобетонной всего на 10%, но с учетом расходов на обслуживание на последующие 25 лет «бетонка» оказывается дешевле на 40%[1]. Отсюда и рост популярности бетонных дорог.

Например, стоимость строительства, включая реконструкцию, ремонт и техническое обслуживание автомагистралей и улиц в США в 2017 году составила около $70,3 млрд. Если же рассматривать в абсолютных цифрах, характеризующих объемы строительства, то, по данным American Concrete Pavement Association, объем национального рынка бетонных покрытий в 2019 г. вырос примерно на 7% – до 51,2 млн кубических ярдов (39,1 млн м^3) в сравнении с 48 млн кубических ярдов (36,7 млн млн м^3) в 2018 году.

В Азии правительство Индии, управляющее второй по величине дорожной сетью в мире (5,89 млн км), объявило в 2014 году, что из-за проблем с прочностью и обслуживанием преобразует 100% своих дорог и автомагистралей в бетонные дороги. К 2022 году уже будет завершено строительство более 65 000 км многополосных бетонных супермагистралей.

Помимо долговечности и низкой стоимости в обслуживании на протяжении жизненного цикла бетонные дороги обеспечивают дополнительные преимущества в отношении безопасности, ремонта и расхода топлива. Назовем лишь некоторые:

– бетонные дороги менее подвержены продавливанию колеи, которая в условиях жаркой погоды и интенсивного движения тяжелого автотранспорта становится отчетливо заметной на асфальтовых дорогах уже через несколько лет эксплуатации;

– бетонные дороги обеспечивают более короткий тормозной путь даже в сырую погоду;

– простота технического обслуживания бетонных дорог способствует уменьшению времени дорожных работ, которые могут стать потенциальными зонами опасности;

– меньшее количество простоев дорожного полотна из-за меньшего закрытия полос движения для необходимого текущего технического обслуживания способствует плавному транспортному потоку;

– на бетонных дорогах снижается и расход топлива прежде всего у грузовых автомобилей (некоторые исследования показывают экономию в 15-20%), так как бетонное дорожное покрытие не прогибается под колесами тяжелых транспортных средств.

Структура бетонной дороги

Одним из аргументов противников строительства бетонных дорог является необходимость точного соблюдения технологии, что значительно увеличивает время строительства дорог. Действительно, эта проблема

1 Росавтодор взялся за развитие цементобетонных дорог. К 2030 году их должно быть 50% // [Электронный ресурс] // URL: https://4r.ru/stati/24881-rosavtodor-vzyalsya-za-razvitie-cementobetonnyh-dorog-k-2030-godu-ih-dolzhno-byt-50-/ (дата обращения: 11.09.2020)

существовала до последнего времени, но сегодня разработаны и применяются технологии достаточно быстрой укладки всех элементов бетонных дорог в весьма краткие сроки, ничем не отличающиеся от времени прокладки дорог с асфальтовым полотном.

Бетонные дороги обычно состоят из уплотнительной подушки, основу которой составляет существующий грунт, при необходимости – гранулированной основы, основного бетонного покрытия и поверхностного бетонного слоя. Поверхностный слой, как правило, является многосоставным, чтобы обеспечить устойчивость в условиях смены температурных циклов, и усиливается тем или иным видом арматуры.

Угрозы для бетонных дорог

Хотя бетонные дороги имеют более длительный срок службы по сравнению с асфальтовыми дорогами, следует понимать, что бетон также не застрахован от износа. Микротрещины, поры и капилляры делают бетон проницаемым материалом. Через эти поры вода и сопутствующие загрязняющие вещества проникают в бетон. Если не предотвратить этот процесс, то качество бетонного покрытия будет постепенно ухудшаться. Кроме того, бетонные дороги могут подвергаться воздействию суровых климатических условий, сменам циклов замерзания-оттаивания, которые приведут к растрескиванию и раскалыванию бетона. Вода, попав в бетон, при замерзании увеличивается в объеме. Это увеличение составляет около 9%. Без каких-либо возможностей для компенсации этого увеличения объема замороженная вода будет оказывать осмотическое и гидравлическое давление на капилляры и трещины в бетоне. С повышением температуры вода, содержащаяся в структурах бетона, проникает глубже в увеличивающиеся капилляры и микротрещины, где она в конечном итоге вновь замерзает.

Различные виды растрескивания могут также возникать в результате усадки, недостаточного залечивания трещин, напряжений в бетоне, неправильного расположения арматуры, некачественной расшивки, усадки, распирания, щелочных и иных химических реакций. Проницаемый бетон позволяет дорожным солям и другим химическим веществам проникать и ускорять процесс износа бетона, атакуя любую встроенную арматурную сталь.

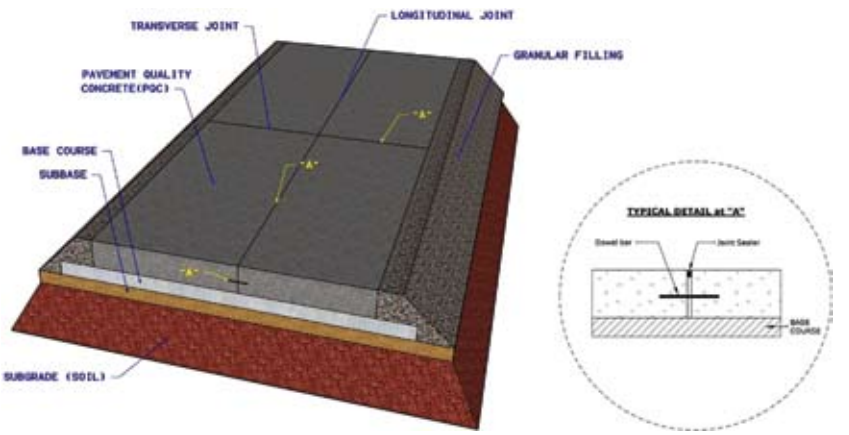


Рис. 1. Типичная структура бетонной дороги (поперечное сечение)

Бетонные дороги, расположенные в непосредственной близости от моря, подвергаются воздействию хлоридов. Хлориды, проникая в бетон, понижают pH/щелочность бетона. Как только определенный порог концентрации хлоридов вокруг стальной арматуры достигнут, начинается атака на арматуру, вызывающая коррозию. Корродированная сталь расширяется в объеме, оказывает внутреннее давление на бетон, что опять же приводит к растрескиванию.

Дорожный бетон нового поколения – с PENETRON ADMIX

Итак, задача увеличения прочности бетонных дорог связана с предотвращением проникновения воды в бетонную матрицу. PENETRON ADMIX является первой в мире, испытанной и проверенной добавкой для увеличения долговечности бетона дорожного полотна. При добавлении во время замеса PENETRON ADMIX эффективно снижает проницаемость бетона путем самозалечивания микротрещин, пор и капилляров с помощью возникновения нерастворимых кристаллов. Эти кристаллы образуются в результате реакции между химическими компонентами PENETRON ADMIX, водой, гидроксидом кальция и алюминием, а также другими металлами и солями, содержащимися в бетоне. Более того, гидрофильная природа PENETRON ADMIX способствует созданию новых кристаллических образований в новых трещинах, которые могут появиться с течением времени.

Бетон, содержащий PENETRON ADMIX, прочнее необработанного бетона. Обработанные бетоны продемонстрировали повышенную прочность на сжатие и растяжение, что делает их предпочтительными

для использования в дорожном строительстве, по сравнению с обычным дорожным бетоном (рис. 2 и 3).

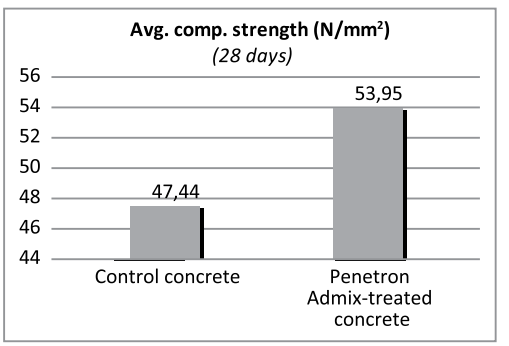


Рис. 2. Сравнительные показатели прочности на сжатие образцов, обработанных PENETRON ADMIX, и образцов контрольной группы

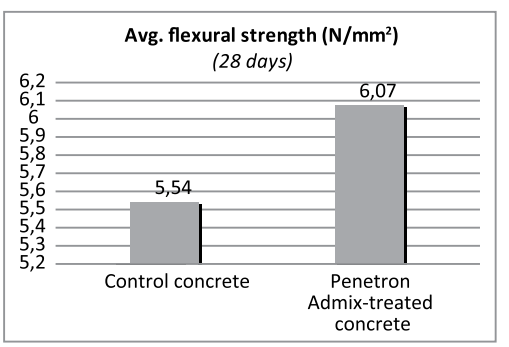


Рис. 3. Сравнительные показатели прочности на растяжение образцов, обработанных PENETRON ADMIX, и образцов контрольной группы.

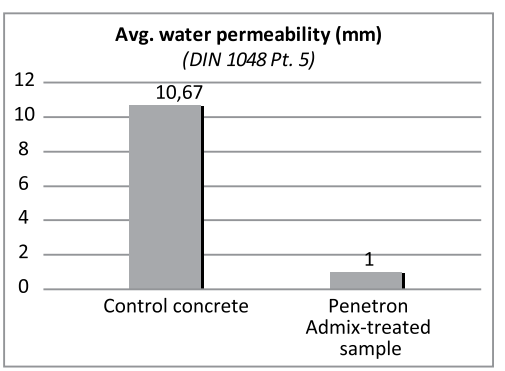


Рис. 4. Сравнительные показатели проницаемости для воды образцов, обработанных PENETRON ADMIX, и образцов контрольной группы

При этом PENETRON ADMIX, делая бетон прочнее, специально разработан для снижения его проницаемости. Качество бетонного покрытия, содержащего эту добавку, продемонстрировало значительное снижение проницаемости бетонной матрицы – до 97,6% (в соответствии с законом Дарси). См. рис. 4.

Эксперименты с хлоридами также показали эффективность PENETRON ADMIX. Проникновение хлорида в обработанные образцы более чем на 50% ниже по сравнению с необработанным бетоном (рис. 5).

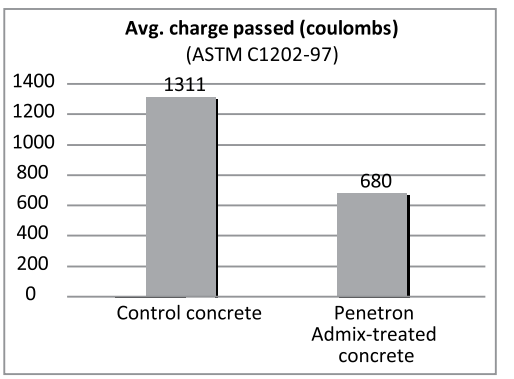


Рис. 5. Сравнительные показатели проницаемости для хлоридов образцов, обработанных PENETRON ADMIX, и образцов контрольной группы

Итак, уникальные свойства PENETRON ADMIX к самовосстановлению бетона активно поддерживают долговечность и продолжительность жизни бетонных поверхностей. Причем уплотнение новых трещин происходит автономно. Опытным путем доказано, что бетоны, содержащие PENETRON ADMIX, даже в критических условиях продлевают срок службы бетона на 60 и более лет. PENETRON ADMIX был признан претендентом номер один для создания эффективной дорожной инфраструктуры по всему миру многочисленными правительственными ведомствами и частными операторами автомагистралей, желающими увеличить срок службы бетонных дорог, сократить эксплуатационные расходы и увеличить пропускную способность дорог. Фактически бетон с PENETRON ADMIX является бетоном нового поколения строительных материалов.

Penetron International Ltd.
45 Research Way, Suite 203,
East Setauket, NY 11733 USA
Ph: 631-941-9700
Fax: 631-941-9777
E-mail: info@penetron.com
Web: www.penetron.com

При поддержке:

МИНПРОМТОРГ РОССИИ

Организатор:

МЕТАЛЛ ЭКСПО

26-я Международная промышленная выставка

Металл Экспо'2020

Ежегодный выставочный аудит с 2006 г.

Генеральный информационный партнер:

Металлоснабжение и сбыт

10-13 НОЯБРЯ

Москва, ВДНХ
пав. 55, 57

12+

www.metal-expo.ru

Оргкомитет выставки:
тел./факс +7 (495) 734-99-66

Оборудование и технологии для металлургии и металлообработки
МеталлургМаш'2020

Металлопродукция и металлоконструкции для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2020

Транспортные и логистические услуги для предприятий ГМК
МеталлТрансЛогистик'2020

КРУГЛЫЙ СТОЛ:

ЗИМНЕЕ БЕТОНИРОВАНИЕ: ПРЕДТЕЧА ЗИМЫ 21-го ГОДА, ИЛИ ОШИБКИ КАК ДВИГАТЕЛЬ ПРОГРЕССА

Светлана Кружалова

Олег Семин

Евгений Помазкин

Алексей Чалый

Иван Бондаренко

От редакции.

Как ни странно звучит, но Пушкинское «...И опыт, сын ошибок трудных, и гений, парадоксов друг» не вдруг и без натяжек в современной и достаточно вольной интерпретации – заставляет думать и просчеты исправлять, продвигая и науку, и практику вперед, поскольку отрицательный результат – тоже пища для ума. Поэтому круглый стол: «Зимнее бетонирование: предтеча зимы 21-ого года, или Ошибки как двигатель прогресса», организованный редакцией, предлагается начать именно с типовых ошибок, приводящих к совсем не тем результатам, которые ожидали. Хотя справедливости ради надо отметить, что, по мнению многих специалистов, следует говорить об особенностях зимнего бетонирования. А уж если их не учитывать, то тогда можно судить уже о совершенных ошибках.

В обсуждении принимают участие: Светлана Кружалова, руководитель учебного центра ООО «Полипласт Новомосковск», Иван Бондаренко, генеральный директор ООО «Центр развития строительных технологий», Олег Семин, технический консультант, ООО «Группа Смиком», ООО «Серебрянский цементный завод», Алексей Чалый, генеральный директор ООО «Торговый Дом БХК», Евгений Помазкин, директор по качеству ЗАО ГК «Пенетрон – Россия». Ведущий – заместитель главного редактора журнала Игорь Копылов.

Вед. Начну с того, что при низких температурах замедляется процесс гидратации цемента, что является причиной увеличения сроков набора твердости бетоном. Другим нежелательным процессом является развитие сил внутреннего давления, которые возникают из-за расширения замерзшей воды. Это явление приводит к разупрочнению бетона. Помимо этого, из замерзшей воды вокруг заполнителей образуются ледяные пленки, нарушающие связь между компонентами смеси. Здесь я остановлюсь и предлагаю нашим участникам продолжить обсуждение.

Каковы основные ошибки, допускаемые при зимнем бетонировании, и причины их возникновения?

Светлана Кружалова. Современное строительство зимой невозможно представить без применения противоморозных добавок, которые значительно повысили качество зимнего бетонирования. Вместе с тем часто

можно сталкиваться с фактами, когда на противоморозные добавки перекладывается вся ответственность за конечные характеристики бетона. Такой продукт, как противоморозная добавка является очень эффективным средством, однако процесс бетонирования в зимний период – это целый комплекс мер, включающий в себя и требования к приготовлению бетонной смеси, и способ укладки, и мероприятия по уходу за уложенным бетоном. Так что применение добавок призвано облегчить процесс приготовления и укладки бетонной смеси, но ни в коем случае не отменяет весь комплекс необходимых мероприятий.

Еще одно заблуждение, что противоморозные добавки необходимо использовать только тогда, когда температура опускается ниже нулевой отметки. Однако при снижении температуры окружающей среды ниже минус 20°С процессы гидратации цемента замедляются. Так, при температуре +20°С бетону потребуется примерно 7 суток, чтобы набрать 70% проектной прочности, а при понижении температуры до 5°С для набора такого уровня прочности потребуется примерно 1 месяц. Поэтому для получения долговечных бетонных конструкций рекомендуется применять противоморозные добавки уже при температуре ниже +10°С.

Таким образом, необходимо помнить, что ведение бетонных работ при отрицательных температурах – это наиболее ответственный период в строительстве, требующий профессионального подхода и жесткого контроля всех этапов, начиная от производства бетонной смеси и заканчивая ее укладкой и созданием надлежащих условий для твердения бетона.

Олег Семин. К словам коллеги я бы добавил еще такие факторы, как недостаточная теплоизоляция конструкции, халатное отношение к организации тепловой защиты, ошибки при организации электропрогрева: дефицит мощности, высокий ток и «отгорание» электродов или, наоборот, низкий ток при электродном прогреве и, как следствие, низкая температура прогрева.

ВидАрт
ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА
ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА
КЛЕЙ ГИПСОВЫЙ
МОНТАЖ
30кг
25кг
Ремонт –
как искусство!
gipsobeton.org
vidarts.ru
+7 495 541-34-55
sbit@gipsobeton.com

В ряду ошибок также недочеты при проектировании зимней бетонной смеси. Вот, пожалуй, основные ошибки, совершаемые при зимнем бетонировании.

На данный момент строительная индустрия достаточно хорошо оснащена для того, чтобы приготовить бетонную смесь надлежащего качества с заданной температурой, доставить ее на стройку и уложить в опалубку. Большинство ошибок совершается во время твердения вновь возведенных конструкций. Самые большие проблемы возникают в случае замораживания бетона, если оно произошло до момента набора им критической прочности. Нет более печального зрелища для строителя, чем морозный рисунок на изделии после снятия опалубки.

Наша компания «СмиКом» работает, в том числе и в Сибири, в суровых условиях Красноярского края, где зимнее бетонирование осуществляется едва ли не бóльшую часть года. Службы качества и поддержки клиентов компании тесно взаимодействуют с потребителями и о проблемах знают не понаслышке.

Значительная часть ошибок возникает при электродном прогреве. По сути, это зачастую следствие тяжелых условий труда и отсутствия элементарных приборов дистанционного контроля и регулирования тока. «Отгорание» электродов может происходить в моменты, когда не хватает трансформаторов для прогрева уложенной бетонной смеси. Неверный расчет необходимого их количества, аварийный выход из строя некоторых из них, – и обслуживающий персонал вынужден увеличивать количество электродов на каждую фазу трансформаторов сверх установленных норм. Сечение проводников растет, сопротивление падает, возрастает ток, провода и электроды перегреваются. Для предотвращения перегрева и расплавления персоналу приходится поочередно подключать и отключать некоторое количество электродов.

Представьте себе: зима, высотное строительство. Монолитный каркас в процессе возведения, ограждающие конструкции пока отсутствуют. По этажам дует ветер, на лестницах наледь. Бетонирование завершено на закате, так как светлый день короткий. Темно и очень холодно. На пятнадцатом этаже железобетонного скелета стоит группа трансформаторов, которые каждый час надо осмотреть, замерить ток токоизмерительными клещами, проверить температуру бетона в опалубке. А теперь еще добавляется работа по регулярному привязыванию и отвязыванию электродов. Не удивительно, что рано или поздно ночной персонал прозевает момент перегрева, и что-нибудь будет испорчено. Может быть, трансформатор, а может и вновь изготовленная конструкция.

Но эти ошибки легко предотвратить, если применять автоматические или хотя бы дистанционные приборы контроля температуры бетона, регулирования и контроля тока. Насколько я понимаю, для современной промышленности КИПиА нет никаких проблем создать узел автоматического подключения электродов к трансформаторам и регулирования напряжения на электродах по показаниям температуры бетона и величины тока на фазах. Дистанционный контроль тоже не представляет проблемы. Такой узел управления позволил бы подключать бóльшее количество электродов на один трансформатор, чем сейчас, так как в обычном режиме электродное поле создается с приличным запасом. Автоматика бы просто подключала и отключала группы электродов по заданному условию, например, по температуре в теле бетона. Сократилось бы необходимое количество трансформаторов. Автоматическое отключение и включение при определенной температуре в теле бетона, остановка прогрева по достижении заданного количества градус-часов дали бы экономию электроэнергии. Компании, которые выйдут с предложением автоматизации электропрогрева, думаю, ждет коммерческий успех.

Евгений Помазкин. Несомненно, что бетонирование в зимний период – это ответственное мероприятие, которое требует особого контроля и подготовки. Однако на практике приходится сталкиваться с одними и теми же ошибками.

Наиболее распространенной является отсутствие необходимого ухода за конструкциями. Например, недостаточный прогрев и замораживание бетона, что приводит к потере несущей способности строительных конструкций. При этом причины могут быть весьма разнообразны, начиная от банального разгильдяйства и заканчивая ошибками в расчетах. Например, к нам об-

ратилась одна из строительных организаций г. Екатеринбурга за помощью. Проблема такая: лестничный марш был проморожен. Оказалось, что электрик, который должен был подключить прогрев и все проверить, не вышел на работу по причине алкогольного опьянения. Естественно, в том случае, если бетон полностью проморожен, его необходимо вырубать и проводить работы по бетонированию заново. Но в некоторых случаях этого можно избежать, используя специальные ремонтные смеси. Например, когда снег попал в опалубку, а перед бетонированием она не была очищена, да и как извлечь снег из густо армированных конструкций? Все равно, что-то остается. Как результат, имеем на поверхности бетона раковины, участки с недостаточной прочностью, т.к. при укладке бетона снег растаял, следовательно, локально изменилось водоцементное отношение именно на этом участке.

Еще одной распространенной причиной замерзания бетона является длительное бетонирование в зимний период. Дело в том, что по правилам электробезопасности прогрев нельзя включать до окончания работ по бетонированию, однако конструкции бывают различные, и работы по бетонированию могут продолжаться до 10 часов. Естественно, за это время бетон остывает и может быть заморожен. Как правило, замерзает именно верхний слой бетона на тех участках, с которого начиналось бетонирование. Толщина промерзания составляет от 3 до 5 см.

К образованию трещин может привести резкое остывание конструкций при их распалубке после прогрева. Для исключения резкого перепада температур, конструкции необходимо сначала постепенно остудить до температуры окружающего воздуха, а затем распалубливать.

Зачастую трещины возникают и по причине перегрева конструкций. При перегреве вода испаряется с поверхности бетона, что и приводит к образованию трещин.

Иван Бондаренко. Основная ошибка состоит в том, что строители, понимая, что в составе бетона есть противоморозная добавка, не ухаживают за бетоном, что приводит к тому, что вода, которая не замерзает в присутствии противоморозной добавки, испаряется с поверхности твердеющего бетона, который имеет большую температуру, чем окружающая среда. При этом зачастую еще проблем добавляет холодный порывистый ветер, особенно на высоте.

Вед. Часть ошибок определена. Я бы добавил в этот список упущения в культуре производства работ в условиях пониженных температур, технологические ошибки (это к вопросу о компетенции бетонщиков), недоработки в части организации должного контроля на всех этапах технологической цепочки – от производства, доставки и укладки бетонной смеси. Теперь вопрос об исправлении ошибок, или каким образом добиться повышения качества бетона, когда на улице минус? Олег, вы уже чуть коснулись этой темы, продолжайте…

Олег Семин. Еще часть ошибок связана с проектированием зимних бетонных смесей. Злую шутку могут сыграть комплексные химические добавки, применяемые в качестве пластификаторов. В теплое время года такими добавками решается, кроме всего прочего, задача сохраняемости подвижности бетонной смеси во времени. Промышленность химических добавок, выполняя запросы строителей, выдает добавки со все более продолжительным временем «жизни» бетонной смеси. Начало схватывания отодвигается на все более поздние сроки, очень часто период между началом и концом схватывания растягивается. Но если в теплое время года увеличившийся индукционный период не сильно влияет на сроки твердения, то зимой при тех же дозировках химических добавок схватывание может не начинаться несколько десятков часов после укладки смеси. При электродном прогреве может возникать такое состояние, что вокруг электродов закипает вода, тогда как на небольшом расстоянии от них бетон еще и не схватился. Может даже произойти частичное замораживание бетонной смеси в некоторых местах. Возникает неравномерное твердение и, как следствие, напряжения и трещины в конструкции.

В таких условиях следует снижать дозировку комплексной добавки, но дозы замедлителей в добавках уже такие, что бетонная смесь перестает пластифицироваться, а схватывание еще хорошо замедляется. Выходит, проще вообще отказаться от

пластификатора и смириться с ухудшением удобоукладываемости. В зимнее время следует отказаться от пластификаторов, содержащих ЛСТ и другие замедлители схватывания, и использовать пластификаторы нафталин-формальдегидного типа (НСФ), а лучше – поликарбоксилатные. С теми оговорками, что за температурой бетонной смеси необходимо следить. Часто бывает, что первая после простоя партия бетонной смеси, когда заполнители долго прогреваются в расходном бункере, будет такой температуры, что НСФ, например, быстро потеряет пластифицирующую способность, а следующие партии выйдут холодные и будут сохраняться часами. Для решения таких проблем нужны грамотные инженеры лабораторий бетонного производства.

Иван Бондаренко. Я отмечу, что производство высокопрочного и бетона с высокой подвижностью, строительных растворов с улучшенными качествами, цементов, керамики и т.д. не мыслимо без современных химических добавок, которые производят из поликарбоксилатов и других химических сырьевых компонентов.

Добавки для бетона существенно расширяют диапазон внешних условий от -30°С до +40°С при бетонировании. Например, включение нужного противоморозного компонента в состав бетонной смеси – единственный правильный способ залить надежный монолитный фундамент при различной минусовой температуре воздуха и почвы. В летний период с добавлением замедляющих компонентов, содержащихся в добавках, возможна доставка бетонных смесей на длительные расстояния в жарких условиях.

При зимних работах противоморозные добавки просто необходимы, так как они позволяют вести бетонирование в условиях отрицательных температур. Основное, эти добавки должны выпускаться по техническим условиям, соответствующим ГОСТ 24211, и иметь соответствующие документы о качестве.

Я могу назвать 5 основных фактов о добавках для зимнего бетонирования, основываясь на которые можно сделать правильный выбор:

Для различных климатических зон должна существовать (и она существует) своя продуктовая линейка, которая позволяет подобрать эффективное решение для бетонирования в зимних условиях.

Важно, чтобы была достигнута высокая ранняя прочность бетона для быстрого оборота опалубки как в естественных условиях твердения, так и при электропрогреве.

Еще очень важно для удобства работы в самых критичных погодных условиях, чтобы продукты (в т.ч. добавки) не замерзали до -25°С

Добавки не должны содержать компонентов, которые выпадают в осадок даже при низких температурах. Это позволяет использовать продукт в полном объеме, а емкости для хранения и дозирующее оборудование остаются чистым и исправно работают при последующей эксплуатации.

Добавки не должны содержать компонентов, вызывающих коррозию арматуры и бетона.

Следует описать добавки в бетон для зимнего бетонирования. Они должны быть как комплексные: пластифицирующе-ускоряющие с противоморозным эффектом, так и чисто противоморозные, регулирующие пластичность, плотность, связность и удобоукладываемость бетонных смесей, позволяющие производить бетонирование в условиях отрицательных температур. Ускоряют набор прочности в ранние сроки, эффективны при электропрогреве, позволяют снизить температуру и/или время тепловой обработки. Повышают технологичность бетонной смеси, обеспечивая отличную удобоукладываемость и уплотняемость. Возможность производить как холодные, так и теплые бетоны. Позволяют получать качественные бетонные смеси без расслоения и водоотделения как на мелких, так и крупных песках. Повышают прочность бетона до 30% за счет снижения водоцементного отношения при заданной подвижности. В зависимости от выбранного продукта, при заданном водоцементном отношении повышают подвижность с П1 до П5 при оптимальной дозировке.

Светлана Кружалова. Основную опасность для бетона, твердеющего в зимний период, представляет замерзающая вода, объем которой при замерзании значительно увеличивается. В результате образование льда приводит к нарушению структуры бетона, которая при твердении в нормальных температурных условиях уже не восстанавливается. В результате показатели конечной прочности, морозостойкости и водонепроницаемости такого бетона значительно уступают аналогичным характеристикам

ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНА

Реопласт

МЫ ПОНИМАЕМ БЕТОН

Северо-Западный федеральный округ
8-921-755-24-34

Центральный федеральный округ
8-920-584-20-20

Республика Крым
8-978-083-80-61

Северо-Кавказский и Южный федеральный округ
8-918-330-82-91

8 800 250 95 92

mail@rheoplast.ru
www. rheoplast.ru

#реопласт #мыпонимаембетон

@rheoplastofficial

материала, который не подвергался замораживанию

Соблюдение рекомендаций по зимнему бетонированию позволит избежать утраты прочностных характеристик бетонных и железобетонных конструкций, выполненных при пониженных температурах наружного воздуха:

– для сохранения воды в жидком виде в холодное время года используют противоморозные добавки, которые не только снижают температуру замерзания жидкой фазы, но и активируют процессы твердения бетонной смеси. Для повышения эффективности противоморозные добавки используют совместно с пластификаторами, снижающими количество воды затворения, либо применяют комплексные модификаторы, имеющие в своем составе и противоморозный, и пластифицирующий компоненты. Здесь все зависит только от технологических возможностей предприятия (наличия емкостей, возможности обеспечивать условия для хранения добавок и пр.). При этом в условиях зимнего бетонирования предпочтение стоит отдавать добавкам на основе полиметиленнафталинсульфонатов или поликарбоксилатов, позволяющих максимально снизить водоцементное отношение. Ведь чем ниже водоцементное соотношение, тем большая доля воды замеса вовлекается в реакции гидратации;

– для ускорения взаимодействия компонентов бетонной смеси в зимнее время необходимо создать и поддерживать оптимальные температурные условия. Для того чтобы создать тепло внутри бетонной смеси, необходимо использовать подогрев инертных материалов, который исключит таяние смерзшихся комьев в миксере или при приготовлении бетонной смеси, либо подогрев воды. При задействовании горячей воды особое внимание необходимо уделить последовательности загрузки материалов: сначала инертные материалы, затем горячая вода с добавкой и только в последнюю очередь – цемент. Это делается во избежание заваривания смеси. Продолжительность перемешивания компонентов в зимнее время должна быть увеличена;

– зимой наиболее эффективно использовать высокомарочные быстротвердеющие цементы, обладающие повышенным тепловыделением в процессе гидратации и ускоренным набором прочности, а также инертные материалы оптимальной гранулометрии, с низким содержанием пылевидных и глинистых частиц для исключения повышения водоцементного отношения и расслоения бетонной смеси;

– обязательное условие зимнего бетонирования – быстрые темпы его проведения для минимизации потерь тепла.

Иван Бондаренко. Необходимо в сочетании с применением противоморозных добавок применять уход за бетоном по методу термоса, это позволит максимально эффективно использовать положительные свойства противоморозных добавок.

Олег Семин. Я бы добавил следующее: к сожалению, следствием ошибок зимнего бетонирования является непригодность вновь возведенной конструкции для эксплуатации. Решить такую проблему можно только демонтажем и возведением новой конструкции. Таким образом, в данном случае наилучшим способом исправления ошибок будет являться их недопущение на всех стадиях изготовления конструкции.

По поводу организации электропрогрева я уже высказался выше: исключить ошибки поможет автоматизация. Задачи же для бетонных смесей сильно различаются в зависимости от способа прогрева конструкции. От того, будут ли смеси прогреты при помощи электродного прогрева или изолированным проводом, или останутся на естественном твердении по методу термоса, зависит и решение. При электродном прогреве введение лишних электролитов, а это все антиморозные соли, нежелательно, так как они снижают электрическое сопротивление бетонной смеси. И вместо нее начинают греться электроды и трансформаторы. При прогреве изолированным проводом введение солей-ускорителей твердения, а это также практически все антиморозные соли, наоборот, ускорит набор прочности. При твердении по методу термоса количество антиморозных агентов, очевидно, должно быть достаточно большим. Для каждого из вариантов следует назначать свой состав бетонной смеси, пусть даже они будут одного класса.

Если рассматривать вопрос зимнего бетонирования со стороны интенсификации набора прочности бетоном, то наибольшее ускорение, как мы знаем из теории, дает повышение температуры бетона до определенных пределов, за ним – снижение водоцементного соотношения, и далее – введение солей – ускорителей твердения.

Пользоваться всеми методами интенсификации следует в комплексе и с оглядкой на технологию прогрева. Решение задачи многовариантно. Это слишком обширный вопрос, чтобы рассматривать его в рамках даже одной статьи, не говоря уже о формате круглого стола.

Снижение водоцементного соотношения в бетонных смесях поможет решить задачи и снизить количество ошибок при любом способе организации твердения зимнего бетона, так как сократит сроки набора критической прочности бетоном.

В последние годы бурное развитие переживает класс поликарбоксилатных пластификаторов. Растет их пластифицирующая способность. И если для товарного бетона такого ходового класса, как В25, еще десять лет назад обычным было водоцементное соотношение равное 0,5, то сейчас уже и 0,35 не редкость. Согласно теории, если при В/Ц равном 0,5 в первые сутки в нормальных температурно-влажностных условиях бетон набирает около 10% проектной прочности, то при В/Ц равном 0,4 – уже около 25%!

Исходя из вышесказанного, следует вывод: для решения таких задач и предотвращения ошибок нужен грамотный инженерный персонал, и очень важно планомерно повышать его квалификацию.

Евгений Помазкин. Многие строители Урала стараются перенести работы по бетонированию конструкций, если температура воздуха ниже минус 15°С. Хотя в нормативной документации отсутствуют прямые ограничения по температуре бетонирования. Есть ограничения, например, по температуре использования строительных кранов, однако именно по бетонированию ограничения отсутствуют, главное, чтобы бетон набрал требуемую прочность. Но практика показывает, если температура окружающего воздуха ниже минус 15°С, на выходе строители имеют множество дефектов, которые нам приходится устранять и не обязательно зимой. Дефекты могут быть обнаружены уже весной, когда тает снег, и через бетон вода проходит внутрь конструкций.

Вед. Каковы роль и значение критической величины прочности в условиях зимнего бетонирования?

Светлана Кружалова. Критическая прочность – параметр крайне важный при заливке бетонной смеси в условиях низких температур. По сути, это прочность бетона после достижения которой, замораживание уже не вносит необратимых нарушений в структуру бетона, а бетон в нормальных условиях набирает нормируемую прочность. Это своеобразная грань, как только она будет достигнута, за дальнейшую жизнь бетона можно не волноваться. Какую прочность считать критической, определяет проектная документация. Обычно она составляет 30-50 или более % от проектной прочности бетона в зависимости от класса бетона и условий эксплуатации изделий и конструкций. Следует отметить, что при нормальных условиях критическая прочность бетона достигается примерно за сутки. Именно поэтому так важны условия твердения бетона в первые сутки его жизни.

Олег Семин. С момента возникновения такого понятия, как бетон на портландцементе, и по сию пору ничего не изменилось. Неизбежно рано или поздно в процессе строительства или эксплуатации бетон, как минимум, ограждающих конструкций подвергнется морозной агрессии. Но если заморозить бетон до момента достижения им критической прочности, то он никогда не достигнет проектного класса. На данный момент считается, что порог для обычного бетона составляет 30% проектной прочности, для высокопрочного – 20%. Этот фактор обойти нельзя.

Иван Бондаренко. Как правило, критической прочностью для бетона является показатель в районе 10 МПа, чем быстрее бетон достигнет этого значения, тем меньше рисков получить брак в конструкции при условии замерзания воды в теле бетона. Сочетание противоморозных добавок и поликарбоксилатов, которые в комплексе ускоряют твердение бетона позволит получить такую прочность например для бетона В25 примерно на 1 или 3 сутки в зависимости от условий твердения и активности цемента.

Вед. Существующие «зимние» добавки в бетон можно разделить на три основные группы. К первой относят добавки, которые либо слабо ускоряют, либо слабо замедляют процессы схватывания и твердения смеси. Представители этого класса – сильные и слабые электролиты, неэлектролиты и составы органического происхождения – карбамид и многоатомные спирты. Ко второй группе принадлежат модификаторы на основе хлорида кальция. Они способны сильно

ускорять процессы схватывания и твердения и обладают значительными антифризными свойствами. В третью группу входят вещества, обладающие слабыми антифризными свойствами, но являющиеся мощными ускорителями схватывания и твердения с сильным тепловыделением сразу после заливки. К таким добавкам относятся трехвалентные сульфаты на основе алюминия и железа. Как ни странно, такому разнообразию сопутствуют мифы относительно вредности и полезности тех или иных противоморозных добавок для бетонов. Им приписывают и коррозию арматуры, и снижение прочности, и снижение морозостойкости. Насколько это все обосновано или это простое мифотворчество?

Светлана Кружалова. Сегодня добавки в бетоны с противоморозным эффектом позволяют проводить бетонирование даже при -25°С, обеспечивая процесс образования цементного камня и, как следствие, твердения бетона. Таким образом, главная задача современных противоморозных добавок – ускорить формирование структуры бетона за счет повышения скорости набора прочности, понизить температуру замерзания воды.

По механизму действия можно выделить несколько направлений воздействия противоморозных добавок на бетонную смесь. Это снижение температуры замерзания жидкой фазы бетона; изменение структуры образующегося льда; увеличение скорости набора прочности бетоном; увеличение тепловыделения бетона.

Однако на рынке строительных материалов сегодня большее распространение приобрели комплексные противоморозные добавки, позволяющие воздействовать на несколько свойств бетонных смесей и бетонов, и получать высокий синергетический эффект.

Как это обычно бывает, противоморозным добавкам приписывают не только положительное, но и негативное влияние на бетон. Сюда можно отнести и коррозию арматуры, и высолообразование, и снижение прочности и пр. Большинство из приписываемых вредностей – не обоснованы. Но в любом случае к выбору даже современных противоморозных добавок нужно подходить с «умом», а лучше доверить это специалистам компаний, являющихся ведущими производителями добавок в бетон.

Евгений Помазкин. Вообще необходимо разобраться с понятием зимние добавки. Это вообще что? Это добавки, снижающие температуру замерзания воды? Хорошо, вода не замерзла, но все мы знаем, что реакции гидратации цемента протекают при положительных температурах и бетон наберет прочность только при условии его правильно прогрева.

Вед. В современном строительстве применяют несколько способов бетонирования в зимний период: использование добавок противоморозного действия; укрытие бетонной смеси пленкой ПВХ и другими утеплителями; электрический и инфракрасный прогрев бетона; сооружение временного укрытия с прогревом тепловыми пушками и так далее. Эти методы хорошо известны и их выбор будет зависеть от локальных условий, температуры воздуха и, конечно же, цены вопроса.

И отдельно вопрос о цементе и сухой смеси. С добавками или без? И как сделать производство цемента и ССС экологически чистыми.

Евгений Помазкин. Здесь бы я хотел заострить внимание на соблюдении элементарных требований Сводов правил. Это и использование предварительно разогретых бетонных смесей, и прогрев арматуры, особенно большого диаметра, и уход после бетонирования. Элементарный контроль температуры бетонной смеси при приемке ее на строительном объекте позволит исключить множество проблем, возникающих при зимнем бетонировании.

Олег Семин. Относительно экологической чистоты производства цемента. Для производства тонны цемента требуется потратить около 3МДж тепловой энергии, это более 100 кг угля или около 100 м^3 природного газа. Требуемая температура в зоне спекания цементной печи – чуть меньше 1500°С. На данный момент не представляется возможным создать экономически оправданный процесс обжига цементного клинкера, не приводящий к эмиссии CO_2. Однако для производства цемента пригодны некоторые виды техногенных отходов, загрязняющих природную среду. При этом сам произведенный цемент получается экологически безопасным. По такому процессу работает Ачинский цементный завод группы «СмиКом». Он утилизирует исходящий от глиноземного комбината нефелиновый

шлам. Данный цемент соответствует всем требованиям действующих нормативов и успешно конкурирует на рынке с цементами, производимыми по обычной технологии. При этом загрязнение природы опасными отходами предотвращается. Кроме того, при производстве цемента вместо части угля или газа можно использовать альтернативное топливо, которое, не будучи использованным на обжиг, само по себе все равно бы выделило в атмосферу CO_2 в процессе разложения. За счет сокращения количества сожженного обычного топлива уменьшаются совокупные выбросы CO_2 в атмосферу. Такой процесс использует Серебрянский цементный завод (СЦЗ) группы «СмиКом». Сжигая сухой остаток донных отложений сточных вод, завод сберегает атмосферу от выбросов CO_2.

Иван Бондаренко. Различают холодный и теплый метод бетонирования. В первом случае бетон производится с применением противоморозных добавок и твердеет без дополнительного прогрева. Во втором случае, важно, чтобы бетон был доставлен и уложен в конструкцию в условиях отрицательных температур, далее в конструкции бетон подвергается обогреву. На мой взгляд, бетонирование по теплому методу – это более надежный и безопасный способ получить требуемый результат.

Евгений Помазкин. Отдельная тема – это ремонт бетона в зимний период. На рынке существует множество производителей заявляющих, что их материалы работают при отрицательных температурах. Когда начинаешь разбираться, наталкиваешься на различные звездочки и ограничения: прогрейте бетон, используйте теплую воду, устраивайте тепляки и грейте ремонтный состав после нанесения еще 3 дня. По сути, обычные ремонтные составы выдают за материалы, работающие при отрицательных температурах. При проверке прочности таких составов оказывается, что они вовсе не твердеют, а просто замерзают на поверхности бетона. Настоящий зимний ремонтный состав должен набирать заявленную прочность даже при отрицательных температурах.

Вед. И в завершении круглого стола о роли... гидроизоляционных добавок в улучшении характеристик бетона, производимого заводских условиях или на строительной площадке?

Алексей Чалый. При изготовлении различных строительных конструкций, нередко, гидроизоляционные работы производят уже после твердения бетона. Однако гораздо эффективнее их выполнить и повысить водонепроницаемость бетона еще на этапе изготовления. Указанного эффекта можно достигнуть при помощи разнообразных добавок, повышающих как отдельные характеристики бетона, так и действующие комплексно. Рассмотрим особенности таких добавок на примере гидроизоляционной смеси «Акватрон-12».

При разработке состава для гидроизоляции особое внимание было уделено уменьшению размеров капилляров и их смачиваемости. При условии обеспечения размеров капилляров, соизмеримых с молекулами жидкости, они будут надежно блокированы от проникания влаги, однако при этом оставляя конструкцию паропроницаемой для воздуха.

Из уравнения Кельвина, устанавливающего связь между температурой фазового превращения и радиусом капилляра, в котором находится сорбированное вещество, применительно к воде следует, что чем меньше капилляр, тем больше может переохладиться находящаяся в нем вода, сдвигая точку фазового перехода системы «жидкость-лед». Теоретически для пор диаметром 1,5-5 нм эта точка находится в пределах от -60°С до -30°С. Таким образом, чем меньше радиус капилляра, тем выше морозостойкость. Для решения задачи по уменьшению размеров капилляров необходимо было разработать такой состав, который, проникая в капилляры, вступал бы в реакцию с компонентами вяжущего с образованием кристаллов, уменьшающих размер капилляров. Теоретически и практически подобного эффекта можно добиться, используя специальные добавки. Их можно классифицировать на три основные группы: добавки, реагирующие с компонентами вяжущего с образованием труднорастворимых соединений; добавки, изменяющие растворимость вяжущего и не вступающие с ним в химическую реакцию; добавки – центры кристаллизации.

Для добавок первой группы характерно их участие в обменных реакциях и реакциях присоединения, в результате которых об-

СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

АКВАТРОН®

Обеспечение защиты зданий и сооружений от проникания воды и агрессивных жидкостей

www.akvatron-bhk.ru
+7(495) 989-60-25/26

разуются труднорастворимые кристаллы, играющие роль микроагрегатирующих элементов структурного каркаса цементного камня.

Добавки второй группы ускоряют процесс гидратации на ранних стадиях, увеличивая дисперсность, смещая кривую распределения пор и капилляров в сторону малых значений.

Желательно, чтобы модифицирующие добавки в комплексе усиливали друг друга, и их действия носили эстафетный характер. В рецептуре смеси «Акватрон-12», созданной с учетом отмеченных принципов, компоненты оптимизированы не только по соотношению, но и по химическому, а также физическому состоянию перед вводом их в смесь. Так, например, входящий в состав песок, в результате специальной механической и термической обработки превращается из инертного заполнителя в активный компонент, взаимодействующий с гидроокисью кальция, образуя его стабильный гидросиликат, который увеличивает прочность и адгезию смеси с защищаемой поверхностью.

При подборе фракционного состава исходили из того, что увеличение удельной поверхности смеси ведет к росту ее активности, но в то же время и к увеличению водопотребления а, как следствие, к снижению водонепроницаемости, морозостойкости.

Таким образом, добавка предназначена для повышения водонепроницаемости и морозостойкости путем блокирования капиллярных пор капиллярно-пористых материалов на цементном связующем нерастворимыми кристаллами. Это происходит на стадии бетонирования или изготовления сборных, монолитных бетонных и железобетонных конструкций.

Указанный материал позволяет повысить изначальные гидроизоляционные свойства бетона (марки по водонепроницаемости) не менее чем на две ступени и, не менее чем, на одну ступень повысить его морозостойкость.

Евгений Помазкин. Давайте уточним один момент, а применима ли проникающая гидроизоляция в зимний период?

Начнем с того, что в России на проникающую гидроизоляцию существует ГОСТ Р 56703-2015, в котором сформулированы основные требования к гидроизоляционным проникающим капиллярным смесям.

Как правило, проникающая гидроизоляция состоит из портландцемента, кварцевого песка определенной гранулометрии и активных химических компонентов.

После нанесения на влажную поверхность бетона химически активные компоненты, растворяясь в воде, проникают по порам и капиллярам в структуру бетона и вступают в реакцию с ионными комплексами кальция и алюминия с образованием нерастворимых в воде кристаллов, которые заполняют поры, капилляры и микротрещины бетона.

Таким образом, основным условием проникновения химически активных компонентов внутрь бетона является наличие в порах и капиллярах воды. Естественно, что бетон при минус 30°С просто невозможно увлажнить. Не стоит забывать и о термодинамике химических реакций между химически активными компонентами проникающей гидроизоляции и продуктами гидратации портландцемента в бетоне. Эти реакции так же протекают при температурах выше 0°С. Поэтому проникающую гидроизоляцию следует использовать только при положительных температурах.

Проблема гидроизоляции конструкций в зимний период является весьма актуальной и требует нетрадиционного решения. Одним из таких решений является повышение проектной марки бетона по водонепроницаемости за счет использования специальных гидроизоляционных добавок.

В случае использования гидроизоляционной добавки, как и в случае проникающей гидроизоляции, сам бетон становится водонепроницаемым. Химически активные компоненты при этом равномерно распределяются по бетонной смеси и направленно влияют на формирование микроструктуры цементного камня в бетоне, делая ее более плотной и водонепроницаемой.

Согласно п.5.8.1 СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» Актуализированная редакция СНиП 3.03.01.87. возможна полная отмена дополнительной гидроизоляции при использовании бетонов с водонепроницаемостью до W16-W20. О том же говорит свод правил по проектированию СП 52 103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции», где в п.7.14 записано, что допустимо отсутствие оклеечной гидроизоляции для фундаментных плит и наружных стен подземных этажей при использовании бетонов с маркой по водонепроницаемости W12-16.

Обеспечить марку бетона по водонепроницаемости W16-W20 возможно используя добавку «Пенетрон Адмикс». Кроме того, бетон с данной добавкой отличается повышенной морозостойкостью, прочностью, водонепроницаемостью и химической стойкостью. Важно и то, что добавка «Пенетрон Адмикс» совместима с любыми другими добавками, в том числе противоморозными. Добавка может вводиться в бетонную смесь как непосредственно на объекте, так и на бетонном узле. При этом температура применения ограничивается лишь температурой производства работ по бетонированию конструкции.

От редакции.

Какой будет зима 21 года? Скажется ли потепление, о котором все говорят, если будет оно вообще, на зимнем строительстве. И как? Во всяком случае, планы строить много и везде никто не отменял. А без активизации строительства в условиях минусовых температур и чем дальше на Север или Сибирь, не обойтись. Казалось бы, чего проще: создать рецептуру, добавляя в нее какие-то составляющие, – и получается новый бетон. В жизни же все не столь прямолинейно и гораздо сложнее, а за каждой новой рецептурой появляется не только новый-старый строительный материал номер один в истории человечества, но и новые сложности, а иногда и проблемы. Но без Пушкинских строк «...И опыт, сын ошибок трудных, и гений, парадоксов друг» не обойтись. Диалектика.

XXII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

ЦЕМЕНТ · БЕТОН СУХИЕ СМЕСИ

10-12 НОЯБРЯ, 2020. ЦВК ЭКСПОЦЕНТР, МОСКВА.

ЦЕМЕНТ · БЕТОН СУХИЕ СМЕСИ

XXII Международная специализированная выставка **«Цемент. Бетон. Сухие смеси»**

BlockRead

Международная научно-техническая конференция **«Индустриальное домостроение: производство, проектирование, строительство »**

MixBuild

Международная научно-техническая конференция **«Современные технологии сухих смесей в строительстве»**

Более 6500 посетителей выставки

450 участников деловой программы

150 экспонентов

70 докладчиков

15 стран мира

ALITINFORM · Российский союз промышленников

organizers // организаторы

ЭКСПОЦЕНТР МОСКВА

venue // место проведения

СОЮЗЦЕМЕНТ · ЕЭК · bibm

info@alitinform.ru // www.infocem.info // +7 812 335 09 92

ПОЛИПЛАСТ®

ИДЕЯ. КАЧЕСТВО. МАТЕРИЯ

КРУПНЕЙШИЙ В РОССИИ ХОЛДИНГ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНОЙ ХИМИИ

ПРЕИМУЩЕСТВА:

1. Стабильность качества продукции
2. Широкий ассортимент
3. Разветвленная сеть сбытовых подразделений
4. Быстрая логистика
5. Устойчивое положение на рынке
6. Полный цикл производства
7. Постоянный контроль качества от сырья до готового продукта

ПРОДУКЦИЯ

ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ И ЖБИ

ДОБАВКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

СМАЗКИ И ОЧИСТИТЕЛИ ДЛЯ ФОРМ И ОПАЛУБКИ

СРЕДСТВА ПО УХОДУ ЗА БЕТОНОМ

ДОБАВКИ ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

ООО «Полипласт Новомосковск»,
301661, Тульская обл., г. Новомосковск,
ул. Комсомольское шоссе, д. 72
(48762) 2-11-04
(48762) 2-11-40
(48762) 2-09-67
sekretar@polyplast-nm.ru

ООО «Полипласт Северо-запад»,
188480, Ленинградская обл.,
г. Кингисепп, промзона «Фосфорит»
(81375) 2-69-98
(81375) 9-61-00
(81375) 9-61-01
secretar@polyplast-nw.ru

ООО «Полипласт УралСиб»,
623104, Свердловская обл.,
г. Первоуральск, ул. Заводская, д. 3
(3439) 27-35-00
(3439) 27-35-03
(3439) 27-35-06
info@ppus.org

www.polyplast-un.ru

ПОЛИПЛАСТ®

ИДЕЯ. КАЧЕСТВО. МАТЕРИЯ

ПОЛИКАРБОКСИЛАТЫ, НАФТАЛИНСУЛЬФОНАТЫ ИЛИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТЫ? **ТЕНДЕНЦИИ МЕНЯЮТСЯ!**

И.В. СТЕПАНЮГА, директор по развитию, ООО «Полипласт Новомосковск»

Отрасль промышленного производства комплексных и полифункциональных добавок для бетонных смесей существует десятки лет. За это время участники рынка воочию убедились, как изменяется доля потребления различных пластификаторов в зависимости от развития строительной отрасли, ценовой политики на сырье и проявления кризисных явлений.

Industrial production of complex and multifunctional additives for concrete mixes has existed for decades. During this time, market participants have seen firsthand how the share of consumption of various plasticizers changes depending on the development of the construction industry, the price policy for raw materials and the manifestations of crisis phenomena.

Достаточно новым для России, но весьма перспективным сырьем являются поликарбоксилатные добавки, которые позволяют существенно улучшать свойства бетона. В последние годы химические добавки в бетоны на основе поликарбоксилатов завоевывают все большую популярность у строителей. Об этом свидетельствует тот факт, что доля поликарбоксилатов с 2018 по 2019 год выросла на 10% и стабильно удерживается на этом уровне и в 2020 г.

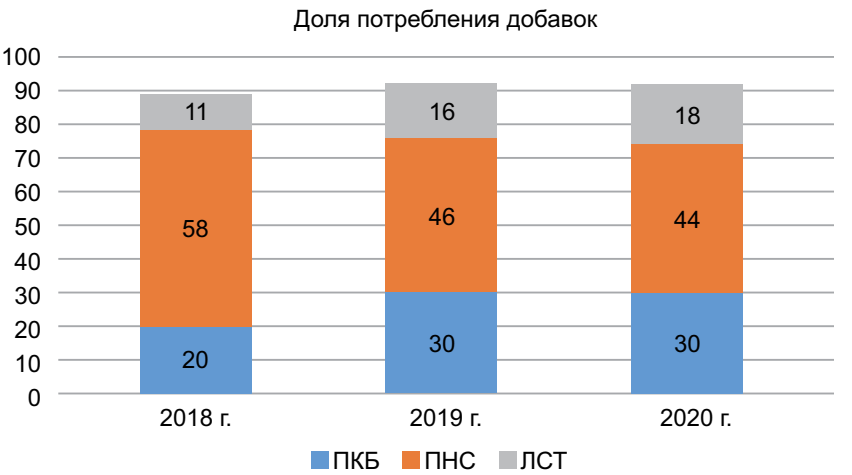
Неблагоприятная эпидемиологическая обстановка и экономический кризис внесли коррективы в спрос на добавки. Доля добавок на основе нафталинсульфонатов значительно снизилась и, к сожалению, многие потребители стали возвращаться от современных добавок к более дешевым – лигносульфонатам.

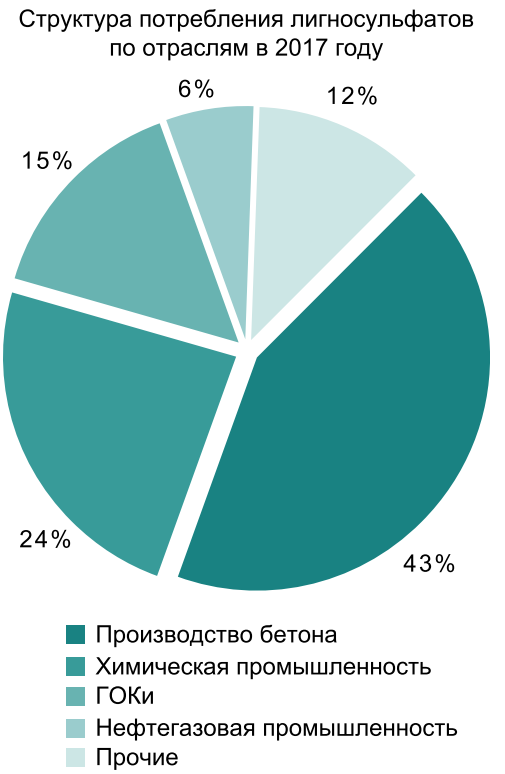
С чем это связано? Кризисные явления на рынке строительных материалов коснулись практически всех сегментов. Низкая рыночная стоимость бетонной смеси заставляет бетонные заводы искать все более дешевое сырье, а производителей добавок – идти в тренде рынка бетона и предлагать все более бюджетный продукт.

Мы видим, что доля добавок на основе лигносульфонатов за последние два года выросла. Будет ли так продолжаться и дальше? Уже сегодня мы с уверенностью можем сказать, что нет.

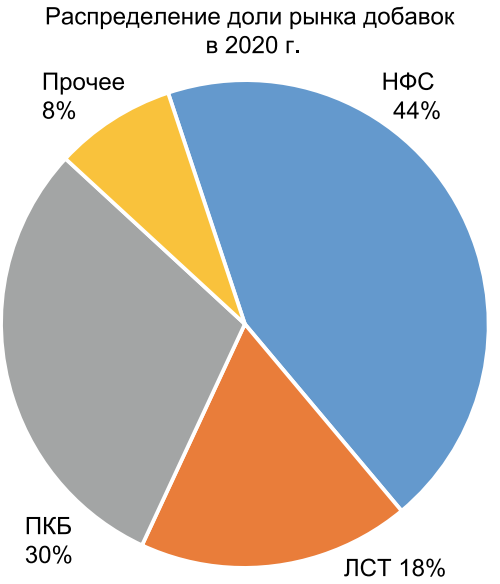
Малоприятной тенденцией последнего времени стало снижение качества поступающих к производителям добавок лигносульфоната. Это связано с модернизацией на целлюлозно-бумажном производстве, отходом которого и являются лигносульфонаты. Снижаются и объемы их выпуска. Сейчас в мире уже закрылись 3 завода, поставляющих лигносульфонаты. На уменьшение количества данного отхода также влияет внедрение систем бережливого производства. И это плохая новость не только для производителей добавок: дело в том, что ЛСТ используется во многих других отраслях промышленности в качестве сырьевого компонента.

Уже сейчас стоимость лигносульфонатов выросла на 50%. В прогнозе на обозримую перспективу это означает, что с одной стороны снизится количество так называемых «гаражных» производств, а с другой приведет к перераспределению

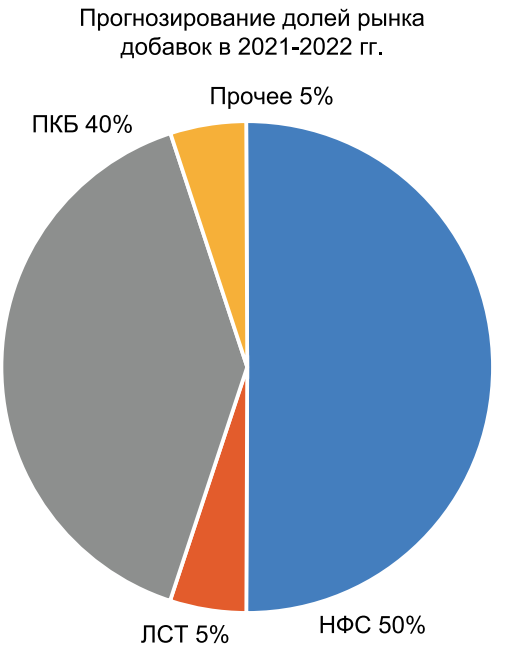




долей рынка между добавками на основе лигносульфонатов и нафталинсульфонатов. При невысокой разнице в цене производители бетона будут отдавать предпочтение добавкам более высокой эффективности – нафталинсульфонатам. И если на сегодняшний день по-прежнему самой востребованной основой для производства добавок в бетоны являются нафталинсульфонаты (об этом говорит статистика 2020 г.),



то уже сейчас можно уверенно заявить, что будущее в производстве добавок к бетону в основном за нафталинсульфонатами и поликарбоксилатами как смесевыми, так и чистыми. И в 2021-2022 годах динамика распределения долей сместится и будет выглядеть следующим образом:



На сегодняшний день «Полипласт» – это одно из крупнейших в стране предприятий по производству нафталинсульфонатных и поликарбоксилатных продуктов. В составе компании три завода, синтезирующих нафталинсульфонаты и поликарбоксилаты. Доля рынка Полипласта в сегменте производства нафталинсульфонатов в России превышает 80%, а в сегменте поликарбоксилатов достигает 30%. Перспективные планы компании включают в себя увеличение собственного производства нафталина и создание производства формалина (основные сырьевые компоненты нафталинсульфонатных продуктов), введение мощностей по крупнотоннажному выпуску новых экспортно-ориентированных продуктов, а именно продуктов на основе поликарбоксилатов.

УДК 504. 55.054:622(470.6)

КОРРЕКЦИЯ СВОЙСТВ БЕТОНОВ В ГОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ю.В. ДМИТРАК, доктор техн. наук, профессор, ректор, Северо-Кавказский государственный технологический университет, **В.Х. ДЗАПАРОВ**, канд. техн. наук, доцент Северо-Кавказский горно-металлургический институт, **В.П. СТАСЬ,** аспирант, **П.П. СТАСЬ,** аспирант, Тульский государственный университет, Россия

Ключевые слова: подземное строительство, хвосты обогащения, дезинтеграция, активация, бетон, технология, подземные работы
Keywords: underground construction, tailings, disintegration, activation, concrete, technology, underground work

Рассмотрены вопросы управления качеством сырья при изготовлении бетонных смесей при подземном строительстве. Дана справка об истории дезинтеграторной технологии, теории и практики ее процессов, полученных экспериментально результатах и разработанных рекомендациях. Пояснена природоохранная и ресурсосберегающая сущность технологии заполнения выработанного пространства твердеющими закладочными смесями. Показана целесообразность применения хвостов обогащения руд для изготовления бетонов после извлечения металлов выщелачиванием в дезинтеграторе.

The issues of quality control of raw materials in the manufacture of concrete mixes in underground construction are considered. Information about the history of disintegrator technology, theory and practice of its processes, experimental results and recommendations are given. The nature conservation and resource-saving essence of the technology with the filling of the worked-out space with hardening filling mixtures is explained. The expediency of using ore dressing tailings for the manufacture of concrete after the extraction of metals by leaching in a disintegrator is shown.

Введение

Проблема управления качеством строительного сырья приобретает особую актуальность при подземной разработке месторождений полезных ископаемых, в первую очередь при использовании отходов собственного и смежного производства [1-4].

Многие горнодобывающие предприятия завершают этап открытой добычи богатых руд и по эколого-экономическим соображениям приступают к подземной разработке месторождений. Необходимость освоения технологий разработки месторождений подземным способом диктуется конфликтом горного производства с другими отраслями народного хозяйства.

Удовлетворение запросов в сырье для бетонных смесей за счет добычи их на земной поверхности экологически некорректно, поэтому решение обозначенной проблемы связано с использованием хвостов обогащения и металлургии.

Основным направлением решения проблемы является использование в составах бетонных твердеющих смесей отходов обогатительного и металлургического передела, что повышает полноту использования ресурсов недр, возвращая в оборот некондиционное сырье [5-8].

Полнота использования недр зависит от степени заполнения техногенных пустот, поэтому критерием оптимальности управления состоянием рудовмещающего массива становятся затраты на управление данным массивом с минимизацией ущерба от потерь и разубоживания.

Использование хвостов обогащения для заполнения подземных пустот без извлечения из них металлов не совсем правильно, поскольку при этом теряются содержащиеся в них металлы, стоимость которых нередко превышает стоимость уже извлеченных металлов. Если в настоящее время извлечение металлов из хвостов нерентабельно, то в обозримом будущем они могут стать основной базой для удовлетворения потребности в металлах [9-12].

Результаты

Из существующих способов активации материалов наиболее перспективна обработка в дезинтеграторах. В горном деле промышленное использование дезинтегратора (впервые в мире) осуществлялось на месторождении «Шокпак» (Северный Казахстан) в течение 10 лет. Материал обрабатывали между роторами с защитным слоем и самофутерующимися роторами. В установке ДУ-65 есть возможность менять роторы с 4-х на 3-х рядные и двигатели мощностью 200 кВт на 250 кВт.

Продуктом переработки являлись добавки к товарному цементу на основе кислых хвостов Карагандинского металлургического завода. Активация в дезинтеграторе обеспечивала приращение прочности бетонной смеси на 25-30%. Дезинтегратор обеспечивал выход активного класса около 55%, что позволяло использовать композитное вяжущее вместо товарных цементов в составе твердеющих смесей.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННОГО ДЕЗИНТЕГРАТОРА ДУ-65

Показатели	Единицы	Значения
Размер куска питания	мм	20
Диаметр ротора	мм	1220
Суммарная мощность привода	кВт	450
Частота вращения ротора	$мин^{-1}$	1485
Выход фракций – 74 мкм в мокром режиме	%	50-55
Выход фракций – 74 мкм в сухом режиме	%	40
Расход электроэнергии	кВт·ч /т	9-12
Расход металла роторов	кг/т	0,24

Дезинтегратор был изготовлен в мастерских Целинного горно-химического комбината по чертежам фирмы «Дезинтегратор» (г. Таллин). Установка располагалась в трех уровнях с площадью основания 5×7 м (рис. 1).

Рис. 1. Закладочный комплекс с дезинтеграторной установкой

Приращение активности материалов при обработке в дезинтеграторе зафиксировано в различных отраслях производства:

– усвоение активированной фосфоритной муки растениями лучше, чем измельченной в шаровой мельнице муки;

– прочность изделий на основе активированного в дезинтеграторе цемента в 1,5 раза больше, чем с измельченным в шаровой мельнице цементом;

– активация буровых растворов на 20-25% повышает скорость бурения, сокращает содержание твердой фазы в 2,0-2,5 раза и уменьшает износ бура;

– искусственный камень из силикальцита в 2 раза дешевле при уменьшении расхода энергии на 50%;

– обработка железной руды при температуре свыше 100°С снижает температуру восстановления металла и на 20% сокращает время процесса по сравнению с подготовкой в шаровой мельнице при равных условиях;

– обработка вольфрамовых концентратов увеличивает извлечение металла на 10% и на 15-20% повышает скорость гидротермической обработки;

– обработка крахмалосодержащего сырья на 20% увеличивает скорость сбраживания и выход спирта;

– активация питательной среды на 15-25% повышает скорость роста микроорганизмов;

– активация воды увеличивает рост растений на 30-40%, животных на 20%, рыб на 45-100%, повышает стойкость растений к экстремальным условиям на 20%.

Практика использования дезинтеграторной технологии подтверждает прогноз ее основоположника Й. Хинта о возможности производить продукты не менее чем на 30% дешевле, чем сейчас, с 30%-й экономией энергии.

Доменный шлак в качестве вяжущего применяют после активации в дезинтеграторе, где происходит перераспределение частиц по размерам. В продуктах дезинтеграторного измельчения сравнительно малы фракции крупнее 125-400 мкм и менее 5 мкм. Удельные поверхности шлаков одно- и двукратного измельчения в дезинтеграторе различаются в 1,4 раза, тогда как содержание фракции менее 63 мм при двукратном помоле значительно выше.

При использовании бетонов на основе активированных компонентов параметры бетонирования можно сократить до такого состояния, при котором увеличение нагрузки на конструкцию будет компенсироваться за счет улучшения свойств компонентов смеси.

Увеличение модуля бетонной смеси достигается воздействием на ее компоненты высокой механической энергией. В основе лежит обоснованный теоретически и доказанный экспериментально Й. Хинтом феномен изменения состояния вещества в дезинтеграторе. При обработке со скоростью удара 250 м/с. возникает механическая энергия на порядок больше, чем в мельницах.

При такой скорости обработки физико-химические и технологические процессы протекают тем быстрее и полнее, чем больше поверхность участвующего в процессе вещества. Диапазон вызванных активацией изменений вещества зависит от структуры материала, амплитуды и частоты вибрации и колебаний.

За последние 20 лет дезинтеграторная технология претерпела модернизацию. Так, слипание зерен компонентов смеси предупреждается тем, что на них дополнительно к основному фактору воздействуют вибрацией в горизонтальной плоскости и подбрасыванием с колебаниями от 30 до 1500 Гц при амплитуде горизонтальных колебаний от 2 до 50 мм и амплитуде вертикальных подбрасываний до 30 мм (рис. 2).

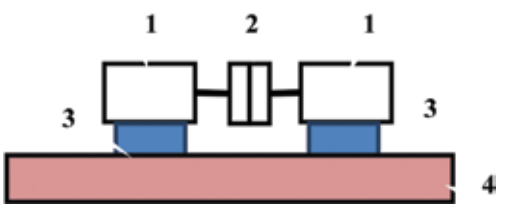


Рис. 2. Схема активации в дезинтеграторе:1 – двигатели; 2 – рабочая корзина с роторами; 3 – виброгасители; 4 – основание

Дезинтегратор одновременно измельчает, диспергирует и активирует вещество с целью раскрытия и повышения его вяжущих

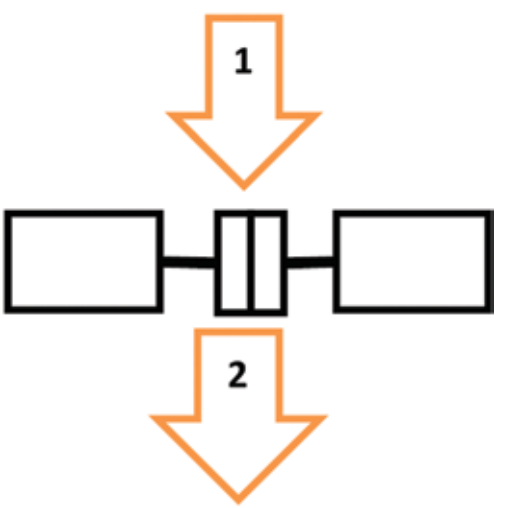


Рис. 3. Схема механической активации минерального сырья:1 – исходное сырье; 2 – активированное сырье

свойств в процессе приготовления твердеющих смесей, в том числе при заполнении технологических пустот (рис. 3).

Модернизированная конструкция дезинтегратора (рис. 2) включает корпус (1) внутри которого на валах размещены пальцы (2), закрепленные на дисках (3) по рядам, каждый из которых расположен между пальцами другого диска, внешние диски (4). Один из дисков жестко закреплен на вале электродвигателя, а второй закреплен через механизм управления (5), регулирующий зазор между внешними дисками (4), систему форсунок (6) во входном патрубке (7), емкость с жидкостью (8), оборудованную нагревательным элементом (9), выпускное отверстие (10).

В емкость заливают жидкость и доводят ее температуру до 90-95°С. Сырье подают через входной патрубок, где оно смешивается с жидкостью, распыляемой в основную камеру дезинтегратора. Под действием центробежных сил смесь проходит сквозь ряды пальцев и отбрасывается на внешние диски. Частицы размером менее установленного зазора попадают во внешний обвод корпуса, откуда через выходное отверстие удаляются. Частицы размером более зазора между внешними дисками задерживаются, дополнительно измельчаются за счет вращения внешних дисков, соударения с вновь поступающими частицами или за счет возвращения в основную рабочую область дезинтегратора, после чего удаляются. В дезинтеграторе образуется гомогенная смесь, которая повышает качество смесей.

Механическая активация генерирует энергию, величина которой сравнима с величиной энергии, затраченной на обработку. Варьированием интенсивности воздействия (частота вращения роторов, количества циклов обработки) управляют электрической активностью процесса и качеством возникающих в приповерхностных слоях смеси точечных дефектов.

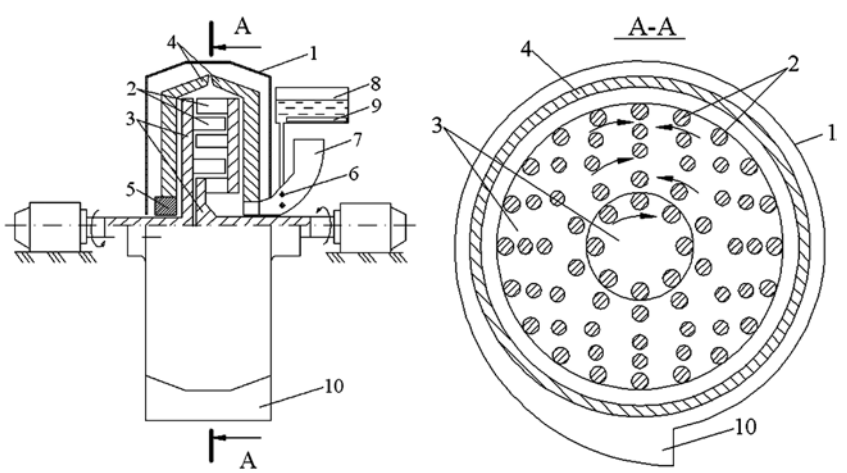


Рис. 4.Усовершенствованная конструкция дезинтегратора

Механическая активация цементного раствора увеличивает прочность бетона в 1,2-1,3 раза при росте скорости набора прочности в 1,5 раза, что улучшает показатели технологии.

Замена обычного бетона высокомодульным в зависимости от принятых конструктивных решений позволяет уменьшить его расход в 1,5-2,7 раза, причем использование более дорогого цементно-песчаного раствора компенсируется уменьшением объема бетона.

Выводы:

При переходе горнодобывающих предприятий России от открытой к подземной разработке рудных месторождений и заполнением техногенных пустот бетонными твердеющими смесями становится все более актуальной проблема обеспечения горных работ сырьем для изготовления твердеющих смесей [13-16].

Вовлечение в производство наиболее крупного источника вяжущих связано с необходимостью извлечения из хвостов обогащения оставшихся металлов. Реализация направления возможна путем механохимической активации хвостов обогащения с одновременным извлечением металлов и раскрытием вяжущих свойств.

Реализация технологии предполагает необходимость модернизации производственных процессов для полного раскрытия возможностей данного метода [17-21].

Дезинтеграторная технология является единственной, позволяющей одновременно решать проблемы обеспечения сырьевой базы, охраны природной среды и оздоровления экономики в условиях рынка.

Библиографический список:

1. *Ляшенко В.И., Коваленко В.Н., Голик В.И., Габараев О.З. Бесцементная закладка на горных предприятиях. Москва, 1992.*
2. *Голик В.И., Пагиев К.Х., Алборов И.Д., Котенко Е.А., Воробьев А.Е., Алиханов В.А., Ефимов Ф.К. Теория и практика добычи и переработки руд. Владикавказ, 1997.*
3. *Дмитрак Ю.В., Цидаев Б.С., Дзапаров В.Х., Харебов Г.Х. Влияние режима перемешивания компонентов при изготовлении смесей с добавкой золы-уноса // Вектор ГеоНаук, т. 2, № 1, 2019, с. 83-89.*

4. *Бурмистров К.В., Осинцев Н.А. Принципы устойчивого развития горнотехнических систем в переходные периоды // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, т. 331, №4, 2020, с. 179-195.*
5. *Исмаилов Т.Т., Голик В.И., Дольников Е.Б. Специальные способы разработки месторождений полезных ископаемых. Москва, 2006.*
6. *Воробьев А.Е., Голик В.И., Пагиев К.Х., Цирихова Э.М., Котенко Е.А., Шестаков В.А., Исаев К.С. Наукоемкие технологии добычи и переработки руд. Владикавказ, 1998.*
7. *Голик В.И., Пагиев К.Х., Габараев О.З. Энергосберегающие технологии добычи руд. Владикавказ, 1995.*
8. *Голик В.И., Ермоленко А.А., Лазовский В.Ф. Организационно-экономические проблемы использования природных ресурсов южного федерального округа. Краснодар, 2008.*
9. *Голик В.И., Исмаилов Т.Т. Управление состоянием массива. Москва, 2005.*
10. *Разоренов Ю.И., Голик В.И., Куликов М.М. Экономика и менеджмент горной промышленности. Новочеркасск, 2010.*
11. *Голик В.И., Комащенко В.И., Страданченко С.Г., Масленников С.А. Повышение полноты использования недр путем глубокой утилизации отходов обогащения угля // Горный журнал, № 9, 2012, с. 91-95.*
12. *Дмитрак Ю.В., Цидаев Б.С., Дзапаров В.Х., Харебов Г.Х. Минерально-сырьевая база цветной металлургии России// Вектор ГеоНаук, т. 2, № 1. 2019, с. 9-18.*
13. *Моркун В., Моркун Н., Пикильняк А. Адаптивная система управления процессом обогащения руд на основе алгоритма проекции Качмарца // Металлургическая и горнодобывающая промышленность, №7 (2), 2015, с. 35-38.*
14. *Golik V.I., Doolin A.N., Komissarova M.A., Doolin R.A. Evaluating the effectiveness of utilization of mining waste // International Business Management, v. 9, № 6, 2015, pp. 1119-1123.*
15. *Голик В.И., Разоренов Ю.И., Страданченко С.Г., Хашева З.М. Принципы и экономическая эффективность комбинирования технологий добычи руд // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, т. 326, № 7, 2015, с. 6-14.*
16. *Разоренов Ю.И., Белодедов А.А., Шмаленюк С.А. Определение потерь и разубоживания при разработке месторождений полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), №9, 2009, с. 47-50.*
17. *Каплунов Д.Р., Качурин Н.М., Ефимов В.И., Качурин А.Н. Проектные предложения по созданию энергетического предприятия, использующего систему «дегазация – газотурбинная электростанция // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле, №1, 2019, с. 151-162.*
18. *Ляшенко В.И., Андреев Б.Н. Повышение эффективности буровзрывной подготовки рудной массы к подземному блочному выщелачиванию // Безопасность труда в промышленности, № 8, 2019, с. 27-35.*
19. *Молев М.Д., Масленников С.А., Стуженко Н.И. Прогнозирование состояния техносферной безопасности. Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2015, 113 с.*
20. *Повышение экономической эффективности горнодобывающих предприятий за счет вовлечения в эксплуатацию техногенных георесурсов / Гавришев С.Е., Корнилов С.Н., Пыталев И.А., Гапонова И.В. // Горный журнал, № 12, 2017, с. 46-51.*
21. *Рыльникова М.В. Методологические аспекты проектирования системы управления минерально-сырьевыми потоками в полном цикле комплексного освоения рудных месторождений. / Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. // Рациональное освоение недр, №3, 2016, с. 36-41.*
22. *Геомеханические и аэрогазодинамические последствия подработки территорий горных отводов шахт Восточного Донбасса/ Н.М. Качурин, Г.В. Стась, Т.В. Корчагина, М.В. Змеев// Известия Тульского государственного университета. Сер. Науки о Земле, Вып. 1, 2017, с. 170-182.*

100+ TECHNO BUILD

VII Международный
строительный форум
и выставка

20-22 ОКТЯБРЯ 2020

Екатеринбург | forum-100.ru

УДК 691.327

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ ПЕНОБЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ВЯЖУЩЕГО

Аг.А. МУХАМЕДБАЕВ, старший преподаватель (PhD), Ташкентский архитектурно-строительный институт, Республика Узбекистан.

Ключевые слова: механоактивация, шлакощелочное вяжущее, пенобетон, пористость, водопоглощение, ртутная порозиметрия
Keywords: mechanical activation, slag-alkaline binder, foam concrete, porosity, water absorption, mercury porosimetry

В статье приведены результаты исследований пористости пенобетона на основе шлакощелочных вяжущих, определенные с помощью водопоглощения и ртутной порозиметрии. В качестве алюмосиликатного компонента был использован электротермофосфорный шлак, полученный механоактивацией в шаровой мельнице.

The article deals with the results of research of foam concrete porosity on the basis of slag-alkaline binders determined by water absorption and mercury porosimetry. Electrothermophosphorus slag obtained by mechanical activation in a ball mill was used as an aluminosilicate component.

Во всем мире актуальными являются и будут оставаться в будушем вопросы энерго- и ресурсосбережения. Современное строительное материаловедение все больше и больше обращает внимание на разработки новых теплоизоляционных материалов и совершенствованию имеющихся. Одними из таких современных теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью являются ячеистые бетоны, в частности пенобетоны [1-3]. Общеизвестно, что теплотехнические характеристики материалов или изделий из пенобетона зависят от применяемого сырья, его плотности и пористости. В качестве вяжущего при получении пенобетона используется цементное вяжущее. Однако в научно-технической литературе имеются и работы [4-6], посвященные получению пенобетона на основе шлакощелочных вяжущих (ШЩВ), которые являются альтернативой цементным. ШЩВ по многим физико-механическим характеристикам превосходят цементные вяжущие [7, 8].

Предыдущие наши исследования были посвящены механоактивации электротермофосфорного (ЭТФ) шлака [9, 10] и получению пенобетона на основе ШЩВ [11, 12].

Целью данных исследований являлось определение пористости пенобетона на основе механоактивированного ШЩВ.

Для изготовления пенобетона в качестве алюмосиликатного компонента использовали ЭТФ-шлак, подвергнутый механоактивации в шаровой мельнице в течение 90 минут ($S_{уд.}$=3500-3700 см^2/г). Элементный состав тонкомолотого ЭТФ-шлака приведен в таб. 1.

ТАБЛИЦА 1. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТОНКОМОЛОТОГО ЭТФ-ШЛАКА

Химические элементы, %													
Si	Al	Ca	Na	K	Fe	Mg	P	Sr	Mn	Ti	Cr	Cu	Zr
20	4	20	0,6	0,3	1	3	2	0,03	0,4	0,02	0,002	0,001	0,002

Рис. 1. Макроструктура пенобетона на основе механоактивированного ШЩВ

Активатором твердения являлся щелочной раствор дисиликата натрия (ДСН) плотностью ρ=1,300 г/см^3. Пену получали вспениванием пенообразователя ПБ 2000 в растворе ДСН. Раствор вяжущего готовили без и с содержанием песка $М_к$=1,2. Макроструктура полученных шлакощелочных пенобетонов приведена на рис. 1.

Как видно из рис. 1, использование песка мелкой крупности в процессе приготовления привело к получению пенобетона, имеющего макроструктуру с более крупными размерами пор. Оказалось, что зерна песка, накладываясь друг на друга на стенках и перегородках пор, образовывают каркас, так называемый скелет, противостоящий усадочным деформациям во время твердения.

Первоначально были проведены исследования по определению пористости по водопоглощению образцов. В исследованиях были использованы образцы, прошедшие тепловлажностную обработку (ТВО) и твердевшие в нормально-влажностных условиях в течение 28 суток. Для этого они были высушены в сушилке при температуре 100-150°С до постоянной массы с последующим хранением в воде 24 часов. Результаты приведены в табл. 2.

Экспериментально установлено, что образцы, приготовленные без использования песка, имели пористость по объему 46,52-54,33% и массе 56,41-79,51%, при этом образцы с содержанием песка имели пористость по объему 45,51-53,48% и массе 49,72-74,39%. Анализ полученных результатов говорит о том, что пористость полученных пенобетонов находится в пределах 45-55%.

Метод определения пористости по водопоглощению не дает истинную информацию о микропористости пенобетонов. Поэтому микропористость образцов определяли посредством ртутной порозиметрии в Институте инженеров железнодорожного транспорта (г. Ташкент) на порозиметре высокого давления Thermo Scientific Pascal 240. Результаты исследований приведены в табл. 3.

Полученные результаты исследования микропористости пенобетонов (без и с песком) на основе ШЩВ показали [13], что общая микропористость образцов составляет 30,31 и 46,52 %. При этом средний диаметр микропор – 0,0644 и 0,0406 мкм. Результаты представлены в виде графиков на рис. 2.

Таким образом, опытными данными установлено, что пенобетоны на основе ШЩВ

ТАБЛИЦА 2. ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ШЩВ

№	Заполнитель	Плотность в сухом состоянии, кг/м^3	Водопоглощение ТВО, (%)		Плотность в сухом состоянии, кг/м^3	Водопоглощение 28 суток, (%)	
			по объему	по массе		по объему	по массе
1	без песка	650-800	46,52-54,05	56,41-79,51	700-900	49,03-54,33	63,27-79,44
2	с песком	650-800	50,88-51,92	65,89-67,49	700-800	45,51-53,48	49,72-74,39

ТАБЛИЦА 3. МИКРОПОРИСТОСТЬ ПЕНОБЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ШЩВ

№	Щелочной пенобетон	Максимальное давление (МПа)	Масса образца, г	Температура испытаний, ^{0}С	Общий объем образца, мм^3	Пористость по проникновению ртути, %	Средний диаметр пор, мкм
1	Без песка	100	0,48	21,0	46,27	30,31	0,0644
2	С песком	100	0,64	19,0	57,32	46,52	0,0406

имеют общую объемную пористость 45-55% и микропористость 30-47%, при этом средний диаметр микропор составляет 0,040-0,065 мкм. Использование песка мелкой крупности в качестве заполнителя приводит к увеличению размеров макропор с равномерным распределением по всему объему пенобетона.

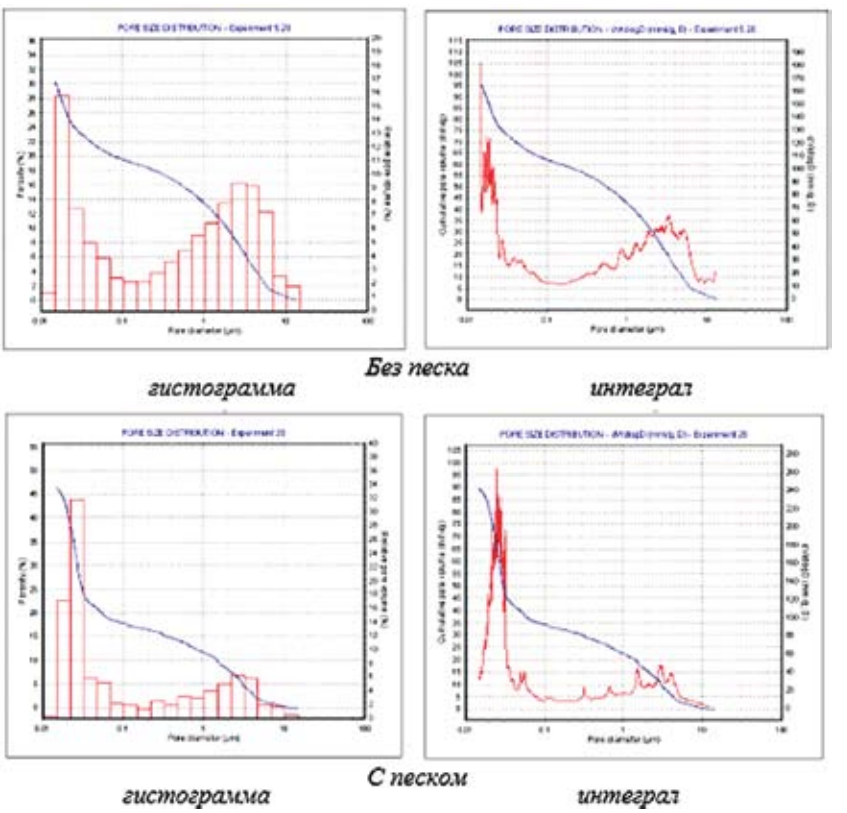


Рис. 2. Гистограммы и интегралы микропористости пенобетонов на основе ШЩВ

Библиографический список

1. *Ружинский С.А., Портик А.Б., Савиных А.В. Все о пенобетоне. СПб.: ООО «Стройбетон», 2006, – 630 с.*
2. *Кобидзе Т. Е., Коровяков В. Ф., Киселев А. Ю., Листов С. В. Взаимосвязь структуры пены, технологии и свойств получаемого пенобетона // Строительные материалы №1, 2005, с. 26-29.*
3. *Моргун Л.В. Ячеистые бетоны оптимальной структуры // Известие Вузов. Строительство, – №1, 2000, с. 50-53.*
4. *Омельчук В.П. Технология конструкционного шлакощелочного пенобетона. Автореф. дисс. на соис. уч. степ. канд. техн. наук. Киев, 1993, – 20 с.*
5. *Кисленко А.И. Пенобетон на основе шлакощелочного вяжущего // http://penobeton-a.narod.ru/article6.html*
6. *Мирюк О.А. Ячеистые материалы на основе жидкого стекла // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн., № 4-5 (17), 2015.*
7. *Palomo A., Krivenko P., Garcia-Lodeiro I., Kavalerova E., Maltseva O., Fernandez-Jimenez A. A review on alkaline activation: new analytical perspectives // Materiales de Construccion V.64, Jul.-Sept., 2014. http://dx.doi.org/ 10.3989/mc.2014.00314*
8. *Joseph Davidovits. GEOPOLYMERS: Inorganic polymeric new materials (Presentation at the national «Real Advances in Materials» Symposium, Washington DC, Sept. 26, 1994) // Journal of Materials Education, vol. 16 (2, 3), 1994. pp. 91-138.*
9. *Мухамедбаев Аг.А. Механоактивация алюмосиликатного компонента безобжигового щелочного вяжущего // Журнал «Сухие строительные смеси». Москва, № 5, 2017, с. 35-37.*
10. *Мухамедбаев Аг.А., Камилов Х.Х., Хасанова М.К., Тулаганов А.А. Особенности процесса помола электротермофосфорного шлака и его смесей // Журнал «Химия и химическая технология». Ташкент, № 1, 2016, с. 58-61.*
11. *Mukhamedbaev Ag.A. Slag-alkaline foam concrete based on granulated electrothermophosphor slag // Journal «European science review», Viena, vol. 1. – №9-10, 2018, pp. 192-195.*
12. *Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А. Неавтоклавный пенобетон на основе шлакощелочного вяжущего // IV Всероссийская конференция «Химия и химическая технология: достижения и перспективы». Кемерово, Кузбасский ГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2018, с. 131.1-131.4.*
13. *Мухамедбаев Аг.А. Механоактивированные многокомпонентные щелочные вяжущие и пенобетоны на их основе. Автореф. дисс. на соис. уч. степ. докт. филос. (PhD). Ташкент, ТАСИ. 2019, – 16 с.*

VI Международная конференция
АРКТИКА-2021
Арктика: шельфовые проекты и устойчивое развитие регионов
Февраль 2021, ТПП РФ, Москва
Стань участником
Специализированная выставка | Спонсорство
Тел.: +7 (495) 662-97-49 (многоканальный)
Организаторы:
Электронная почта: arctic@s-kon.ru
www.arctic.s-kon.ru
СИСТЕМНЫЙ КОНСАЛТИНГ
РЭЭ

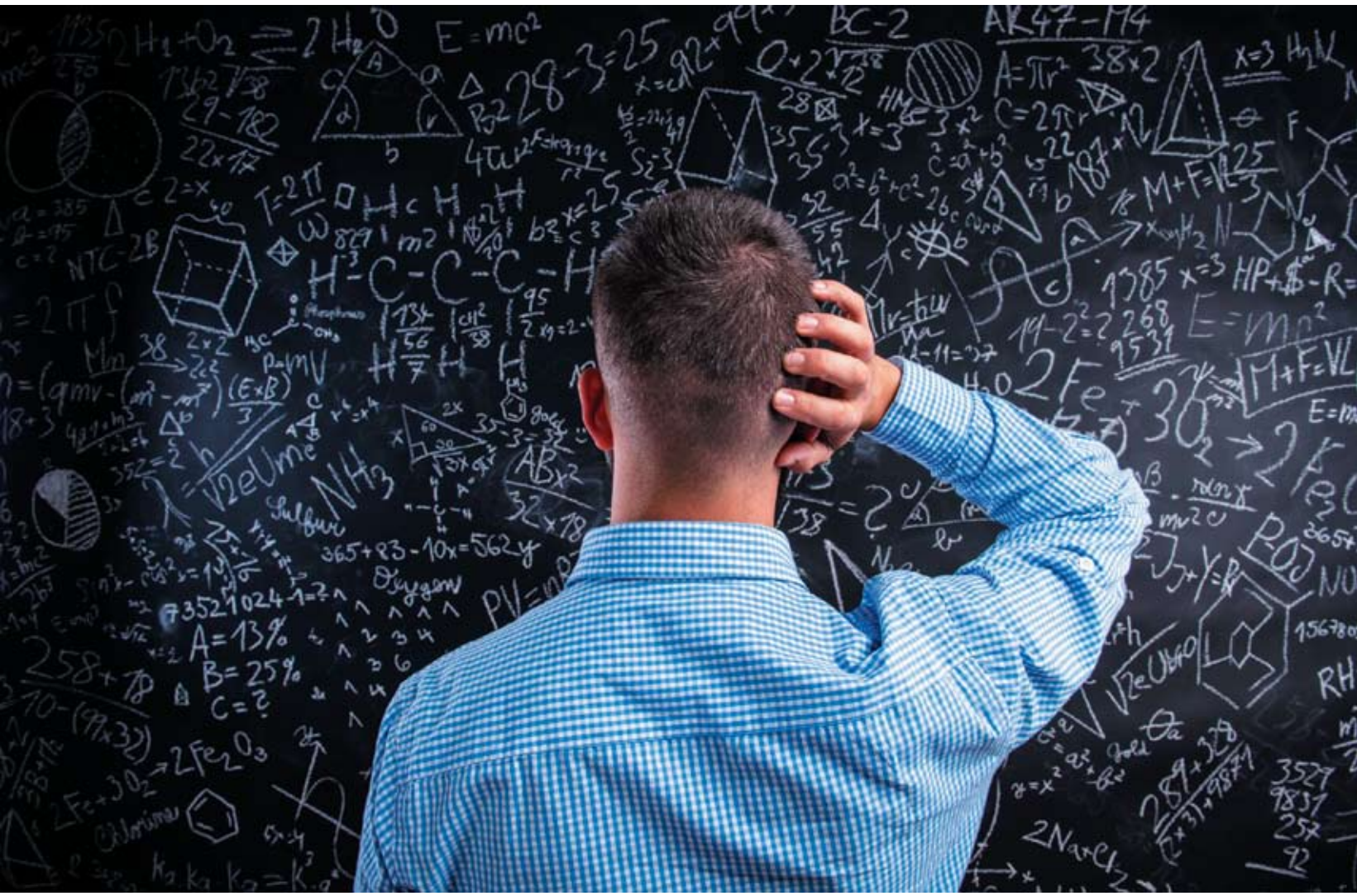
Пшеничный Геннадий Никифорович.
Имеет 180 печатных работ, в том числе 4 монографии и 4 учебных пособия по проблеме производства цементных бетонов с повышенной эксплуатационной надежностью

УДК 691.3

ТЕОРИЯ БЕТОНОВЕДЕНИЯ: **СМУТНЫЕ ВРЕМЕНА**

Г.Н. ПШЕНИЧНЫЙ, канд. техн. наук, Кубанский государственный технологический университет

Ключевые слова: портландцемент, гидратация, переходной активированный комплекс, стадийность и пилообразность твердения, остаточные поверхностно-активные зоны
Keywords: Portland cement, hydration, transition activated complex, stage and sawtooth hardening, residual surface-active zones



Практика показала неработоспособность трехстадийной схемы твердения портландцемента, подтверждением чего является масса неустранимых, постоянно накручивающихся «научных проблем». Разработана стадийно-поверхностная модель процесса, предусматривающая стадийное формирование на границе раздела фаз «цементное зерно – вода» переходных водных структур с их развитием, распадом и накоплением аморфизированных C-S-H–сгустков. Особенность микробетона – наличие на зернах вяжущего поверхностно-активных зон, требующих учета в технологии и эксплуатации железобетонных конструкций.

Practice has shown that the three-stage scheme for hardening Portland cement is inoperable, which is confirmed by the mass of irremediable, constantly twisting «scientific problems». A stage-surface model of the process has been developed that provides for the stage – by-stage formation of transitional water structures at the «cement grain-water» phase interface with their development, decay, and accumulation of amorphous C–S-H clots. The peculiarity of micro – concrete is the presence of surface-active zones on the binder grains that require consideration in the technology and operation of reinforced concrete structures.

Абсолютно справедлив сформулированный во второй половине прошлого столетия тезис: «направленное» производство бетонной и железобетонной продукции «с наперед заданными свойствами» должно базироваться на основополагающем и надежном теоретическом фундаменте – механизме гидратационного твердения портландцемента и материалов на его основе. Технологические режимы, приемы и воздействия необходимо согласовывать с кинетикой структурообразования и формирования свойств цементного композита. Только в данном случае представится возможность прогнозировать действие и целесообразность использования различных технологических приемов (силовых, термохимических, электрофизических, акустических и др.), организовать осмысленно-активированное структурообразование бетона и железобетона, получать в итоге требуемый результат (прочность, долговечность, эксплуатационную надежность конструкций и сооружений).

Что же мы имеем на данный момент? Реализовано ли это, безусловно прогрессивное и безальтернативное, технологическое направление? Можно ли считать нынешнее состояние технологии бетона и железобетона, отвечающем принципам согласованности, осмысленности и направленности? Заслуживает ли столь бурного восторга широко тиражируемая в последние годы технология несущих железобетонных конструкций и сооружений из самоуплотняющихся бетонных составов? Справедливы и оправданны ли усилия исследователей для достижения рекордных прочностей бетонов за счет использования символической величины водоцементного фактора и структурно несовместимых с минеральным цементным камнем полимерных гиперпластификаторов? Можно ли, в связи с этим, считать прочность главенствующим показателем, определяющим «практически все остальные свойства этих материалов и, следовательно, область их применения» [1]? А как учитываются (да и учитываются ли вообще?) «скачкообразность» структурообразующего процесса, а также периодичность сбросов прочности цементных бетонов, известных со времен становления железобетона [2, 3] и получивших неопровержимое экспериментальное подтверждение в многочисленных более поздних работах [4-9]. Не нужно иметь «семь пядей во лбу», чтобы увидеть явную взаимосвязь сбросов прочности со многими пережитыми, имеющими место в настоящее время и, к сожалению, предстоящими аварийными ситуациями и катастрофами.

Озабоченность вызывает то обстоятельство, что приведенные и множество иных не выясненных вопросов (природы «индукционной стадии», «движущей силы» отвердевания, независимости качественной стороны процесса от водоцементного фактора и заполнителей, сущности ухудшения контактной зоны бетонов, сцепления старого бетона с новым и др.) даже не возникают у строительной общественности. Многие из этих «научных проблем» поясняются весьма странными, маловероятными, «притянутыми за уши» обстоятельствами. Популярно мнение, что химия цемента и бетона со всеми ее проблемными атрибутами – прерогатива теоретиков-экспериментаторов с их микроскопами и прочими тонкими методами испытаний. Строители же решают несравненно более значимые практические задачи. Эта однобокая и далее нетерпимая ситуация является следствием отсутствия работоспособной модели твердения портландцемента.

На протяжении десятилетий в учебном процессе подготовки высококвалифицированных строителей используется трехстадийная теоретическая концепция [10], не то что не отражающая в должной мере суть гидратационного процесса, а откровенно противоречащая логике, здравому смыслу и экспериментальным результатам. К примеру, тиражируемый незамедлительный гидролиз силикатов кальция при смешивании цемента с водой просто невероятен, учитывая отличающуюся на порядки энергию межмолекулярных связей твердой и жидкой фаз, и полное отсутствие на начальном этапе твердения (неизбежного!) экзотермического эффекта. Пределом технологического совершенства считается глубинное проникновение гидратационного фронта в массив цементных зерен и их полное или, по крайней мере, до состояния «ядер» растворение, в то время как электронной микроскопией показано постоянство толщины, формирующейся на поверхности цементных частиц оболочки новообразований, не превышающей 1,5 мкм [11, 12], ставящей тем самым под «жирный вопрос» растворительные действия. Затвердевший цементный камень

зачастую представляется кристаллическим сростком, либо продуктом с неким оптимальным соотношением кристаллической и гелевидной (аморфной) фаз, несмотря на то, что рельеф сколов цементного камня представлен «в виде аморфизированной «слоисто-бугорчатой» структуры практически без признаков кристаллических образований» [13].

Твердение портландцемента, как обреченно отмечается, сопровождается комплексом одновременно протекающих и взаимосвязанных свойств и явлений (адсорбционно-растворительных, хемосорбционных, коллоидно-кристаллизационных и др.), что затрудняет оценку их индивидуальной роли в химическом взаимодействии реагентов и отвердевании цементной системы. Тем не менее, есть один неоспоримый признак, характерный для всех разновидностей гидратационных представлений – момент контакта поверхности цементных частиц с водой. Активная поверхность «замороженных» дисперсных клинкерных частиц и высокоорганизованная «полярная» жидкая среда определяют неизбежность протекания электроповерхностных явлений, определяющих интенсивную электрическую поляризацию поверхностных слоев цементных частиц. Экспериментально [14-18] установлен вполне определенный – положительный дзета-потенциал формирующегося в межфазной зоне двойного электрического слоя (ДЭС), величина которого «не остается постоянной ... неоднократно она увеличивается и понижается» [19]. Не правда ли, подобное волнообразное изменение заряда невольно ассоциируется с выше отмеченным скачкообразным характером процесса?

Отсюда логически вытекает, что всестороннее представление и описание гидратационного процесса должно учитывать первостепенную роль протекающих на границе раздела фаз электроповерхностных явлений. Проще говоря, взаимодействие гетерогенной цементно-водной системы следует рассматривать с позиций теории «активированного комплекса» [20]. Химизму реагентов предшествует этап формирования в межфазной зоне метастабильной промежуточной энергетической композиции из элементов реагирующих веществ (клинкерных минералов и ассоциированных диполей воды). При этом важное значение имеет представление архитектуры конструктивного устройства указанной композиции. Давно установленный факт – при соприкосновении цементных частиц с водой на поверхности твердой фазы, подчиняясь геометрии и гидратационной характеристике активных центров, мгновенно появляются определенным образом рассредоточенные сфероподобные дипольные сгустки размером около 0,5 мкм, впервые обнаруженные американскими исследователями [21] в середине прошлого столетия (рис. 1). Автор также получил подобные результаты путем нанесения на срез клинкерного зерна диаметром около 15 мм капли воды и исследования оптическим микроскопом Рейнхарда в отраженном монохроматическом свете (при 700...800-кратном увеличении) граничного участка «вода – поверхность твердой фазы» (рис. 2). Эти сгустки, «обладающие высокой поверхностной энергией, сильно притягиваются друг к другу, в результате чего происходит сращивание отдельных частиц в агрегаты с ... цементированием всей массы» [21].

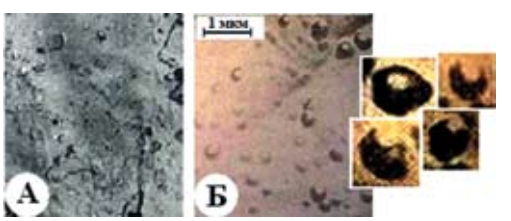


Рис. 1. Электронная микрофотография реплики с поверхности клинкера C_3S, гидратированного в течение двух (А) и десяти (Б) секунд

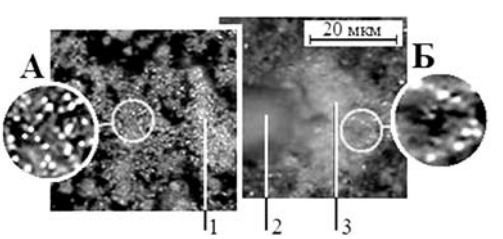


Рис. 2. Общий вид обнаженной поверхности клинкерного зерна с нанесенной каплей воды: 1 – естественная поверхность зерна; 2 – массив капли; 3 – периферийный участок капли

Заметим, на неувлажненной поверхности (рис. 2, «А») дипольные построения (сформировавшиеся за счет интенсивного потребления молекулярно-дисперсной влаги среды) – яркие, с отчетливо выраженными контурами границ; под незначительным же слоем воды («Б») – тусклые, с нечеткими и размытыми очертаниями. Последнее обстоятельство с полным на то основанием можно интерпретировать, как наличие в дипольных сгустках границы

раздела фаз «жидкость – газ», т.е. их пористое строение. Отсюда можно заключить о подобной «конструкции» граничного слоя и под водным массивом. При этом рассматриваемые сгустки вряд ли напоминают опрокинутую на минеральную подложку полусферу. Учитывая шестигранную конфигурацию дипольных формирований (увеличено на рис. 1), шестилучевую симметрию снежинок, наиболее устойчивые шестимолекулярные «кванты воды» (по К. Джордану), гексагональную структуру стойких технических пен и прочие подобные аналогии, можно предположить о шестиопорном шатровом строении этих структур. Этот аспект наглядно и исчерпывающе иллюстрируется перевернутым на 180° изображением шестигранного долгоживущего водного кластера (рис. 3) [22], включающего чередующиеся закономерным образом шатровые своды и опорные элементы (каждый из которых является общим для трех соседних шатровых структур). Образно говоря, упаковка шатровых дипольных сгустков напоминает пчелиные соты, элементарный шестигранный элемент которых характеризуется оптимальным соотношением площади к периметру (чем инстинктивно и пользуются пчелы, затрачивая минимум «строительного материала» для получения предельной «полезной площади» своего «жилья»).

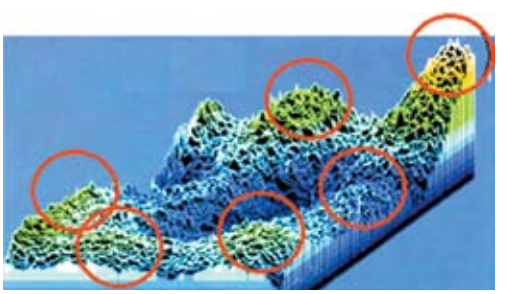


Рис. 3. Изображение структуры воды, полученное на контрастно-фазовом микроскопе

Метастабильность и тенденция развития комплексов определяется формированием шестиопорных шатровых пористых структур с наличием под дипольными сводами огромного количества энергетически не насыщенных активных центров минеральной (клинкерной) подложки и полимолекулярным динамичным и подвижным слоем адсорбированных диполей. Здесь уместна фраза авторов [23] (относящаяся, правда, к глинистым минералам, однако достаточно точно отражающая сущность явления в вяжущих композициях): твердая фаза и связанные с ней молекулы воды «представляют собой динамическую систему, в которой происходит постоянное нарушение и возобновление структуры».

На рис. 4 представлена схема последовательности гидратационного и структурообразующего процесса с микроскопией его отдельных этапов. Взаимодействие цемента с водой осуществляется не за счет вторичных и зависимых (растворительных, гидролизных, хемосорбционных и тому подобных) действий, а путем первоочередных электростатических построений. При соприкосновении реагентов происходит «гашение» свободной извести со слабо выраженным (особенно для лежалых цементов) экзотермическим эффектом. На поверхности цементных зерен мгновенно формируется двойной электрический слой (ДЭС) не плоской (с равномерно размазанным гельмгольцевским слоем зарядов) конфигурации, а в виде определенным образом рассредоточенных шатровых (доменных) полимолекулярных водных скоплений (рис. 4, «А»). Возникающие квантовые вибрации, обусловленные динамизмом (непрерывным колебанием, вращением, движением в микрокапиллярах кластеров) диполей приводят к развитию композиции, накоплению собственной энергии, достигающей критического уровня (энергии активации), распаду, появлению активных частиц (Ca^{2+}, $(SiO_4)^{4-}$, H_3O^+, OH^- и др.), их быстротечному (взрывообразному) взаимодействию с появлением аморфного гидросиликатного сгустка (размером около 40 нм [24]) и завершению элементарного акта гетерогенной реакции («Б»). При этом (что следует особо подчеркнуть) энергия активации может быть значительно меньшей энергии разрыва химических связей исходных компонентов. Контракционный эффект наряду с интенсивным потреблением зернами порции диполей (для формирования очередного активированного комплекса) вызывает появление в межзерновом пространстве «движущей силы» отвердевания – вакуума [25], стягивающего цементные частицы, организующего тем самым цементную систему, что сопровождается резким увеличением структурной прочности.

Восстановление очередного активированного комплекса и вышеотмеченная последовательность адсорбционного процесса приводят к образованию гидратного продукта в следующем электрохимическом

акте. Гидратация цементных минералов и структурообразование цементного камня, таким образом – стадийный, «скачкообразный» [2] вид, включающий чередование относительно продолжительных подготовительных (индукционных) временных интервалов и быстротечных (взрывообразных) моментов химизма явления. По мере химического связывания воды, гидратации активных центров, снижения размеров активированных комплексов и поверхностной энергии зерен, соответственно, повышения энергии водородных связей адсорбированных диполей индукционные интервалы закономерно увеличиваются, превращаясь со временем в часы, сутки, недели.

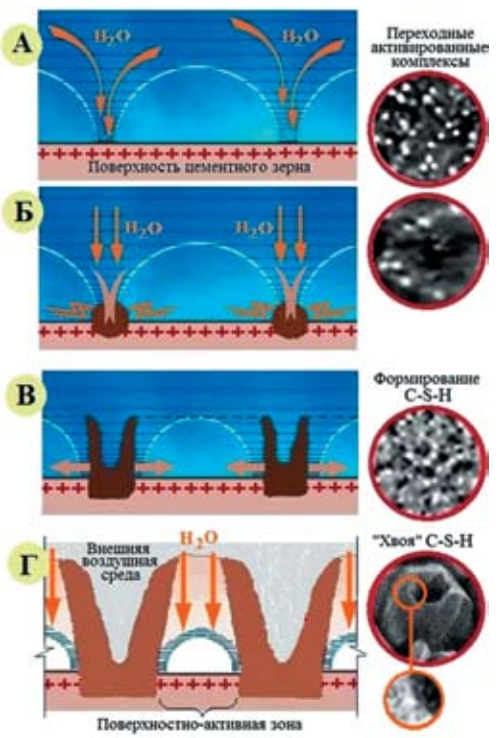


Рис. 4. Схема и микроскопия последовательности взаимодействия цементных систем

Стадийно-поверхностные преобразования сопровождаются образованием гидросиликата с увеличением объема твердой фазы в условиях развития в межзерновых пустотах вакуума и стяжения цементных частиц, что связано с продавливанием продукта сквозь граничные зазоры прочносвязанных друг с другом и твердой фазой дипольных энергетических структур (рис. 4, «Б»). Своеобразная экструзия гидрата через рассредоточенные на поверхности зерна сферические дипольные «фильеры» и является причиной появления до сих пор загадочных трубчатых элементов («В»). Образно говоря, формирующийся C-S-H действительно напоминает растущую от поверхности цементных частиц «хвою» [26] с тем лишь отличием, что каждая хвоинка имеет канал, заканчивающийся поверхностно-активной зоной (рис. 4, «Г»). Учитывая последовательное химическое преобразование подшатровых клинкерных микроповерхностей, толщина гидрата на любых (мелких, средних, крупных) цементных зернах постоянна и не превышает 1,5 мкм [11, 12]; соответственно, глубина проникновения гидратационного фронта вглубь клинкерного массива составляет не единицы, а считанные доли микрона. Занимательна структура C-S-H – «хвоинок» (увеличено на рис. 4, «Г»), включающих скопление аморфизированных сгустков гидрата нанодисперсных размеров; данный аспект и определяет топохимический (точнее, поверхностный) характер процесса и «слоисто-бугорчатую» морфологию конечного продукта [13].

Наличию отмеченных остаточных поверхностно-активных зон со сгущением высокоорганизованных кластеров и их подпиткой диполями окружающей среды обязан неисчерпаемый во времени гидратационный процесс. Гидратация этих зон на поздних этапах в условиях сложившейся структуры цементного камня (микробетона) связана как с позитивными (появлением дополнительных порций гидросиликатного клея), так и негативными последствиями (временным ослаблением структурных связей композита и сбросом прочности). Таким образом, начальная скачкообразность структурообразования преобразуется в свою позднюю разновидность – «пилообразность» [6] процесса. Последний аспект – объективен, неизбежен, закономерен и должен непременно учитываться в теории и бетоностроительной практике.

Заключение

В бетоноведении сформировалась нетерпимая далее ситуация. На протяжении многих десятилетий применяется сформулированная без малого век назад теоретическая трехстадийная концепция, имеющая к цементным бетонам малое отношение. Этим обстоятельством и поясняется завидная живучесть букета не устранимых (ставших хроническими) «научных проблем» (природы индукционного периода, скачкообразности структурообразования,

периодических сбросов прочности и т.д., и т.п.). В то же время, многие их этих проблем легко, логично и непринужденно поясняются в свете стадийно-поверхностного гидратационного процесса [27]. Так в чем же проблема? Сколько же можно использовать такие странные понятия (совершенно не допустимые в исследовательской деятельности), как «начало» и «конец схватывания» портландцемента. Когда же прекратим тиражирование таких маловнятных позиций, как растворение цементных зерен, появление кристаллических сростков новообразований, применение кристаллозатравочных добавок и прочих недоразумений? Или по привычке ждем указания сверху? Так они уже последовали в лице Президента РФ: «Всякие СНИПы, «хрипы» и примазавшиеся к этому виду деятельности квазиучастники процесса – их нужно, наконец, зачистить. Надо навести там порядок» [28].

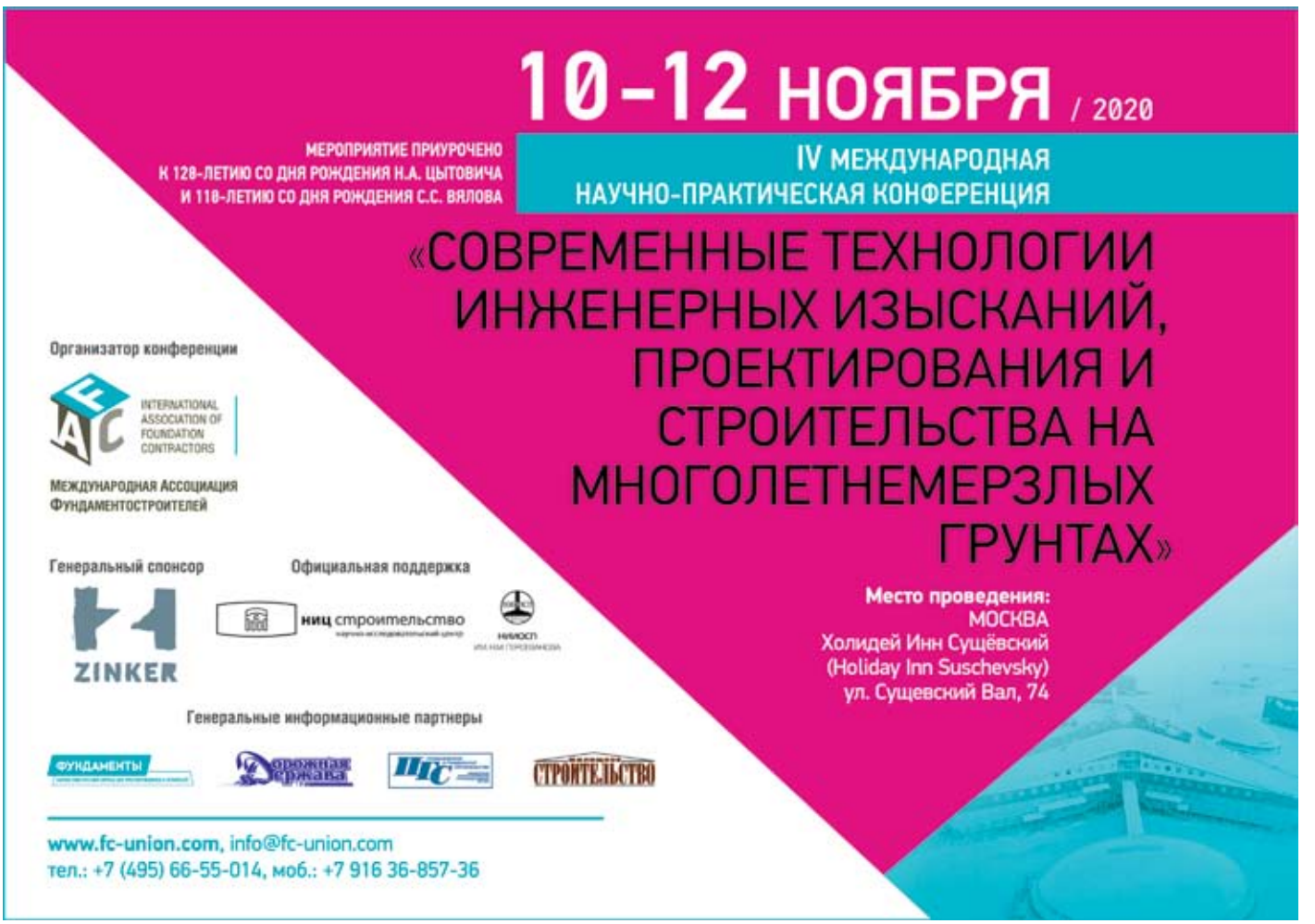
Порядок в строительной деятельности, действительно, надо срочно наводить. Базовые, сформулированные век назад теоретические воззрения не то что неотвратимо и безвозвратно устарели, а играют роль «гирь» на развитии отечественной строительной индустрии. «Прогресс» преимущественно идет по пути слепого и бездумного тиражирования не всегда праведных западных аналогов. Проще говоря, в важнейшей бетоностроительной отрасли экономики сложилась критическая ситуация, которую, кроме как «деградацией» [29], и охарактеризовать сложно.

Особого внимания заслуживают сбросы прочности цементных бетонов – решающий фактор в эксплуатационной надежности железобетонных конструкций, зданий и сооружений. Учитывая представленную стадийно-поверхностную модель, очевидно, что надежность, структурная стабильность указанных объектов может быть достигнута путем использования комплекса технологических приемов, благоприятствующих полноте и завершенности в технологический период гидратационного процесса. Это: достаточное количество важнейшего реагента – воды затворения, ее активация (термохимическим, электрофизическим, акустическим методами), использование структурно-совместимых и фракционированных заполнителей и наполнителей, исключение применения (особенно для несущих элементов) полимерных пластификаторов, силовое (например, вибрационное) сопровождение отвердевания в оптимальные сроки, влажностные условия твердения и др.).

Библиографический список:

1. *Структурообразование и конструкционная прочность цементных композитов: монография / Н.И. Макридин, Е.В. Королев, И.Н. Максимова; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т», – М.: МГСУ, 2013, – 152 с.*
2. *Кинд В.А. Химическая характеристика портланд-цемента. – М.-Л.: Госстройиздат, 1932, – 56 с.*
3. *Иохельсон Я.Е. Бетон с гидравлическими и мелкопомольными добавками к цементу / Физико-механические свойства бетона. Под рук. Н.М. Беляева. – Л-М.: Госстройиздат, 1939, с. 86-117.*
4. *Бобров Б.С., Генкин А.Р., Цимерманис Л.Б. Связь химических процессов и процессов структурообразования при твердении вяжущих / Гидратация и твердение цементов, Под ред. Ю.М. Бутта. – Челябинск: Уральский НИИПИСМ, 1969, с. 165-172.*
5. *Рост прочности бетона при пропаривании и последующем твердении / Под ред. проф. С.А. Миронова. – М.: Стройиздат, 1973, – 96 с.*
6. *Малинина Л.А. Тепловлажностная обработка тяжелого бетона. – М.: Стройиздат, 1977, – 160 с.*
7. *Пылаева Т.Л. Закономерности кинетики твердения тяжелого бетона с полифункциональными добавками // Ресурсосберегающие технологии и материалы в строительстве. – Ростов-н/Д: РИСИ, 1988, с. 81-89.*
8. *Твердение и деструкция цементного камня при длительных условиях / В.В.Бабков [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова, №9, 2005, с. 14-21.*
9. *Коровкин М.О., Ерошкина Н.А. Деструктивные процессы в твердеющем высокопрочном бетоне / Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Высокопрочные цементные бетоны: технологии, конструкции, экономика (ВПБ-2016)», – Казань: КГАСУ, 2016, – с. 42.*
10. *Баженов Ю.М. Технология бетона. Учебник. – М.: Изд. АСВ, 2011, – 524 с.*
11. *Klaus S.P., Neubauer J., Goetz-Neunhoeffer F. How to increase the hydration degree of CA-The influence of CA particle fineness / Cement and Concrete Research, v. 67, 2015, pp. 11-20.*
12. *Основы активированной технологии цементных бетонов: монография / Г.Н. Пшеничный. – Краснодар: ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019, – 327 с.*
13. *Бикбау М.Я. Наноцементы – будущее мировой цементной промышленности и технологии бетонов / Технологии бетонов, № 3-4, 2016, с. 38-42.*

14. Шейкин А.Е. О заряде частиц цемента в водных взвесях // Труды МИИТ, Вып. 191, 1964, с. 152-153.
15. Лобанова И.А., Верижникова С.М. Применение достижений современной физики в технологии сборного железобетона. – Л.: Стройиздат, 1973, с. 43-44.
16. K. Suzuki, T. Nichikawa, K. Kato, H. Hayashi, S. Ito. Approach by zeta-potential measurement on the surface change of hydrating C_3S / Cement and Concrete Research, v. 11 (5-6), 1982, pp. 759-764.
17. S. Chatterji, M. Kawamura. Electrical double layer, ion transport and reactions in hardened cement paste / Cement and Concrete Research, v. 22 (5), 1992, p. 774-782.
18. J. Plank, C. Hirsch. Impact of zeta-potential of early cement hydration phases on superplasticizer adsorption / Cement and Concrete Research, v. 37(4), 2007, pp. 537-542.
19. Вагнер Г.Р., Алексеев О.Л., Кулик Л.А. Электрокинетические исследования процессов начальной гидратации цемента в присутствии органоаэросила // Физико-химическая механика дисперсных систем и материалов: Тезисы докладов республиканской конференции, – Киев, 1980, с. 246-247.
20. H. Eyring. The activated complex in Chemical reactions / The Journal of Chemical Physics, v. 3, 1935, pp. 107-115.
21. Ли Ф.М. Химия цемента и бетона. – М.: Госстройиздат, 1961, 645 с.
22. Зенин С.В. Структурированное состояние воды как основа управления поведением и безопасностью живых систем: дисс...д-ра биол. наук. – М., 1999, – 207 с.
23. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. – Киев: Наукова думка, 1975, – 352 с.
24. Новости нанотехнологий // Популярное бетоноведение, 2011, № 1/2 – 38, с. 45-53.
25. Скрамтаев Б.Г., Панфилова Л.И. Исследование влияния вакуума в твердеющих цементах / Труды НИИЦемента. М.: Промстройиздат, 1949, вып. 2, с. 6-8.
26. A. Ouzia, K. Scrivener. The needle model: A new model for the main hydration peak of alite / Cement and Concrete Research, 2019, v. 115 (1), pp. 339-360.
27. Пшеничный Г.Н. О гидратации портландцемента. Часть 2 (стадийно-поверхностная схема) / Технологии бетонов, 2016, № 7-8, с. 43-49.
28. Меньше бюрократических издержек при экспертизе проектов / Технологии бетонов, №5-6, 2020, с. 6.
29. Чернышев В.В., Тарасова А.Ю. Бетонные работы в России – деградация продолжается / Технологии бетонов, № 5-6, 2018, с. 51-53.



Prom coat

ОСНОВА КАЧЕСТВА
СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

ShinEtsu
SE Tylose GmbH & Co.KG

- Эфиры целлюлозы **Tylose**
- Решения для гипсовых штукатурок **Tylose MHS 150003 P4, Tylose MHS 150009 P4, Tylose MHS 150012 P4, Tylose MH 60010 P4**
- Тонкослойные шпатлевки **Tylose MHS 100006 P3, Tylose MH 60009 P4**
- Плиточные клея C1, C2 **Tylose MHF 20007 P4, Tylose MHF 20010 P4, Tylose MHF 60028 P6, Tylose MHF 150013 P6**
- Фасадные системы утепления и декоративные материалы **Tylose MH 15002 P6**

ООО «ПРОМКОУТ» – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ И РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

ПРЕИМУЩЕСТВА РАБОТЫ С НАМИ:

- широкий спектр химических добавок для ССС: редиспергируемые порошки, пеногасители, гидрофобизаторы
- сопутствующие добавки для смесей: формиат кальция, винная кислота, целлюлозные волокна, стеараты кальция и т.д.
- техническая поддержка
- бесплатные консультации при разработке и изменении рецептур

WWW.PROMCOAT.RU

МОСКВА: +7(495) 640-60-71/72/73 **САНКТ-ПЕТЕРБУРГ:** +7 (812) 441-38-31

ЦВЕТНЫЕ ЦЕМЕНТЫ

В.П. КУЗЬМИНА, канд. техн. наук, академик АРИТПБ, генеральный директор
ООО «Колорит-Механохимия», технический эксперт Союза производителей сухих строительных смесей

Ключевые слова: портландцемент цветной, виброцентробежная мельница, помол, механоактивация, базовая номенклатура показателей качества, специфические свойства цветных цементов, изделия малых архитектурных форм, производство цветных цементов по странам
Keywords: colored portland cement, vibro-centric mill, grinding, mechanical activation, basic nomenclature of quality indicators, specific properties of non-ferrous cements, products of small architectural forms, production of non-ferrous cements in different countries

В статье рассмотрены достоинства и недостатки традиционной технологии получения цветных портландцементов. Описывается состояние и перспективы развития их производства с применением механохимических технологий. Приведены результаты опытно-промышленных испытаний новой технологии на производственных мощностях ОАО «Щуровский цемент». Даны перспективы развития рынка.

The article discusses the advantages and disadvantages of traditional technology for producing colored Portland cement. State and prospects of development of non-ferrous Portland cement production with the use of mechanical and chemical technologies are considered. The results of pilot-industrial tests of the new technology at the production facilities of Shchurovsky cement plant are presented. The prospects of market development are given as well.

Работы по получению портландцементов цветных проводятся в России с конца XIX века. Анализ литературных данных показал, что многочисленные работы, выполненные исследователями по цветным портландцементам в советское время, проходили промышленное опробование на Щуровском цементном заводе, но ни одна технология на предприятии не получила промышленного внедрения.

В настоящее время получение цветных цементов осуществляется путем совместного помола белого или серого общестроительного портландцемента с цветными пигментами. Способы получения цветных цементов из цветного клинкера, полученного путем обжига сырьевых шихт, содержащих оксиды некоторых металлов или их соединений, которые вызывают окрашивание клинкера в процессе обжига, окрашивание цветного клинкера в процессе его охлаждения водными растворами солей, а также совместный помол окрашенных клинкеров с пигментами не получили промышленного применения.

Рассмотрим потребительские характеристики цветных цементов, получаемых различными способами. Известно, что нормативно-техническая документация: госстандарты, отраслевые, ведомственные и другие технические условия (стандарты предприятия) отражают действительный уровень развития техники и технологии. Анализ данных сборника стандартов стран мира на цементы, издаваемого Европейской цементной ассоциацией, позволил установить наличие государственных стандартов на цветные цементы в трех странах: России, Болгарии, Венгрии. Многие страны производят цветные цементы по отраслевым или фирменным стандартам, стандартизуя требования к пигментам для цементов, как например, Великобритания (BS 1014). Карта технического уровня цветных цементов в сравнении с патентной продукцией приведена в табл. 1.

Анализируя значения базовой номенклатуры показателей качества цветных цементов по стандартам стран, следует отметить следующее:

– цветные цементы имеют те же классификационные признаки и терминологию, что и общестроительные, отличаются от последних только декоративными свойствами;

– вещественный состав цветных цементов варьируется в широких пределах: национальный стандарт России предусматривает содержание портландцементного клинкера не менее 80%.

Стандарты Болгарии и Венгрии нормируют содержание портландцементного клинкера не менее 60%, т.е. предусматривается более широкое применение активных и инертных минеральных добавок с рациональным использованием активности портландцементного клинкера за счет тонкого измельчения цемента.

Стандарты стран нормируют тонкость помола цемента, контролируемую по удельной поверхности методом Блейна. Значение удельной поверхности колеблется в пределах от 250 до 260 м^2/кг. ГОСТ РФ не предъявляет требований к удельной поверхности, нормируя остаток на сите №008, который не дает полной характеристики гранулометрического состава цемента.

Механоактивированный цветной цемент имеет удельную поверхность от 600 до 900 м^2/кг по методу адсорбции аргона и превышает требования национального государственного стандарта ГОСТ 15825 по тонкости помола (проход через сито №008 от 96 до 98,5%).

Применение цветных цементов в качестве отделочного материала диктует необходимость нормирования его прочности в ранние сроки 1, 3 и **7** суток, а не в 28 суток.

ГОСТ РФ не нормирует прочность цветного портландцемента в ранние сроки, напротив, стандарты других стран – нормируют.

По кинетике набора прочности механоактивированный цветной цемент превышает рядовые показатели. В трехсуточном возрасте при нормальном твердении он имеет прочность при сжатии 57-78%, а при изгибе – 70-84% от марочной прочности, т.е. имеет отпускную прочность.

Белизна портландцементного клинкера и добавок для цветного портландцемента нормирована только в ГОСТ РФ, стандарты Болгарии и Венгрии не стандартизируют этот показатель, а требуют соответствия цвета цветных цементов утвержденным эталонам.

Цветовая гамма цветных цементов во всех рассмотренных странах ограничена узким кругом применяемых красящих добавок. Механоактивированные цветные цементы отличает широкая цветовая гамма непривычно ярких и чистых оттенков. Окрашенные гидросиликаты проявляют

высокую стойкость к одновременному атмосферному воздействию тепла, влаги и солнечного света.

Методы испытаний цветных цементов не гармонизированы по странам: ГОСТ 10178 на портландцемент и шлакопортландцемент предусматривает применение Европейских норм на методы испытания прочности цементов, что надлежит сделать и для цветных цементов. Однако в условиях спада производства декоративных цементов в России и отсутствия серийного производства цветных цементов, прогрессирующего удорожания топливно-энергетических ресурсов, нецелесообразно переоснащение заводских лабораторий новым оборудованием.

Основы производства и твердения цветных портландцементов подробно рассмотрены в трудах ученых разных стран мира.

О механизме связывания воды при гидратации цветных цементов имеются различные точки зрения, однако все они сходятся на том, что основную роль играет силовое поле притяжения вблизи поверхности минеральных частиц. Согласно В.Н. Юнгу формирование коагуляционной структуры цементного геля сопровождается сжатием (контракцией) его объема. Это явление возникает через 10-15 минут после затворения цемента водой и достигает своего максимума в стадии завершения коагуляционного структурообразования и затем экспоненциально убывает в процессе формирования и упрочнения кристаллогидратной структуры цветного цементного камня (микробетона).

Механизм контрактации цементного геля обусловлен следующими физико-химическими процессами:

– достижением полного смачивания частиц и выделением (вытеснением) с их поверхности адсорбированного воздуха;

– сорбцией воды, поверхностью и наружными порами смачиваемых частиц, сопровождающейся более плотной упаковкой ориентированных молекул пленочной воды;

– образованием ионной среды вокруг частиц цемента (в результате поверхностного растворения составляющих минералов), ведущим к увеличению количества связанной воды;

– изменением плотности частиц цемента и «воды» при образовании кристаллогидратов.

Из приведенного видно, что при затворении цемента водой возникают сложные физико-химические явления, сопутствующие процессу образования связанной структуры цементного геля. Интенсивность протекания процесса и прочность структурных связей определяются многими факторами, зависящими от минералогического состава цемента, наличия в нем разного рода добавок (присадок), способов приготовления и уплотнения цементного геля.

Качество декоративных портландцементов, выпускаемых в настоящее время промышленностью, еще не отвечает высоким требованиям, которые представляет к ним строительная индустрия. Цветным цементам свойственна склонность к усадочным явлениям, что вызывает необходимость изготовления растворов и бетонов на качественных заполнителях при относительно меньших удельных расходах цемента. Возникновение в процессе твердения усадочных деформаций и микротрещин, через которые происходит миграция гидрооксида кальция на поверхность и последующая карбонизация, способствует течению процесса высолообразования.

Высолообразование цементного камня из портландцемента – процесс диффузионный, определяется не содержанием в цементе водорастворимых солей и извести $Ca(OH)_2$, а плотностью цементного камня.

Цветные шлакопортландцементы не дают высолов, но их производство ограничено наличием отбеленных промышленных шлаков. Установлена взаимосвязь процесса высолообразования с условиями гидратации цемента. Выявлено, что повышение влажности и температуры свыше 40°С среды твердения усиливает высолообразование. Наибольшее количество высолов образуется в первую неделю твердения декоративного цемента. Минералогический состав клинкера оказывает определенное влияние на процесс высолообразования. Увеличение в цементном клинкере содержания C_2S (КН<0,85 при n=3,6) или C_3S (КН=0,90 при n<2,5) способствует снижению высолообразования. Еще большее снижение высолообразования достигается при повышении плотности цементного камня с увеличением содержания силикатов (n>3,6 при КН=0,90).

Исследованием диффузии гидрооксида кальция с помощью метода меченных атомов установлено, что процесс высолообра-

зования определяется способностью гидрооксида кальция перемещаться в цементном камне, ее же количество играет меньшую роль. В связи с этим эффективным является способ снижения высолообразования за счет уменьшения подвижности гидрооксида кальция, что достигается введением в цемент кремнийсодержащих добавок. Снижает высолообразование и уплотнение цементного камня. Уменьшение макропористости на 2-3% сокращает высолообразование на 35-50%.

Эффективность гидравлических добавок обусловлена не только их активностью, но и влиянием на плотность цементного камня. Введение содержащих кремний органических соединений типа полиорганилсилоксановых жидкостей при помоле клинкера белого портландцемента интенсифицирует этот процесс на 10-25%, что позволяет получить цемент повышенной высолостойкости, гидрофобности и механической прочности. С уменьшением длины цепи органического радикала наблюдается некоторое повышение эффективности действия за счет лучшей адсорбции на цементных частицах.

Комплексная добавка ускоряет процесс твердения цементного камня, повышает его плотность и способствует образованию гидрооксида кальция в активном аморфном состоянии, что и повышает высолостойкость цемента. Растет также морозостойкость и механическая прочность цементного камня на 10-20%, снижается пористость на 3% и его гидрофобность уменьшает водопоглощение вдвое.

С введением пигментов уменьшается плотность цементного камня и усиливается процесс высолообразования в виде белых налетов, которые заметны на цветной поверхности.

В настоящее время предложено много способов и приемов снижения высолообразования (уменьшение водоцементного отношения, правильный подбор исходных материалов, использование чистых материалов, хорошее перемешивание составляющих, соблюдение условий твердения). Ученые Тоско К., Сиро И., Ваки Д., проводя исследования по предотвращению высолообразования цветных цементов, установили, что для ликвидации высолообразования следует ввести в состав цемента акрилат кальция и мальтозную кислоту. Эти вещества, находясь в жидкой фазе цементного раствора, вступают в реакцию с ионами Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, образуют нерастворимые соли, в результате чего уплотняется структура, уменьшается испарение воды, что способствует предотвращению выцветания камня. Р. Рабой, К. Конлон и П. Хамель изучили выцветы на поверхности двух бетонов – плотного и пористого, изготовленных на окрашенных цементах. Авторами показано, что незначительные выцветы дают бетоны на пуццолановых цементах и совсем не дают шлаковые. Для предотвращения выцветов ими предлагается избегать избытка воды затворения и конденсации ее на поверхности изделия. И.Ф. Пономарев, П.Г. Гайджуров, А.П. Зубехин и др., занимаясь разработкой методов повышения цветостойкости декоративных цементов, установили, что процесс высолообразования, происходящий за счет молекулярной диффузии, описываемой уравнениями Фика, может быть устранен за счет ввода в цемент одновременно активных добавок и поливинилацетатной эмульсии.

В России рынок потребления цветных цементов не сформирован в связи с отсутствием предложения от производителя качественного цветного цемента. Декоративный бетон получают из смесей, окрашенных пигментами или колеровочными пастами, хотя из рассмотренного выше очевидно, что применение цветных цементов является значительно эффективнее.

Собственное производство нового вида цветных механоактивированных портландцементов позволит организовать серийное производство цветного эталонированного портландцемента, создать универсальный полупродукт для развития смежных отраслей и сформировать отечественный рынок потребления цветных цементов.

Это под силу ОАО «Лафарж-Холсим» (бывший Щуровский цементный завод). Предприятие производило белый портландцемент и выпускало цветной портландцемент, но со сменой собственника и изменением технической политики, интерес к данному направлению работ был утрачен. В долгосрочной перспективе необходимо формирование конкурентных производств цветных цементов на основе лицензионных наукоемких технологий, способных удерживать конъюнктурный отбор товара на внутреннем и внешнем рынках в условиях открытой конкуренции.

ТАБЛИЦА 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛОГОВ ЦВЕТНОГО ЦЕМЕНТА

Таблица 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛОГОВ ЦВЕТНОГО ЦЕМЕНТА

Наименование показателя	Ед. изм.	Принятые нормативные требования		
		Россия ГОСТ 15825/ патент	Болгария БДС 12017	Венгрия MSZ 4702/5[2)]
1	2	3	4	5
1. По вещественному составу*)				
1.1. Вид используемого портланд-цементного клинкера				
белый		для цементов всей цветовой гаммы	для цементов всей цветовой гаммы	для цементов всей цветовой гаммы
цветной		не применяется	нет данных	то же
рядовой отбеленный		для цементов желто-красной гаммы и коричневого цвета	не применяется	не применяется
рядовой		для цемента черного цвета	не применяется	не применяется
1.2. Содержание портландцемент-ного клинкера, не менее				
1.2.1. цветной портландцемент	%	80/*)	80	80
1.2.2. цветной цемент	%	не нормируется/60	60	60
1.3. Содержание красящих добавок, не более	%	15/10	15	15
1.3.1 Содержание органического пигмента, не более	%	0,5/*)	не нормируется	не нормируется
1.4. Содержание минеральных добавок, не более	%	6/40	20 в сумме с красящей добавкой	20 в сумме с красящей добавкой
1.5. Содержание специальных добавок, не более	%	2/*)	не нормируется	не нормируется
1.6. Содержание пластифицирующих и гидрофобизирующих добавок, не более	%	0,3/2,0	не нормируется	не нормируется
2. Классификация цементов по цвету		красный, желтый, зеленый, голубой, розовый, коричневый и черный/белый	красный, желтый, зеленый, голубой, розовый, коричневый и черный	красный, желтый, зеленый, голубой, розовый, коричневый и черный

1	2	3	4	5
3.По физико-механическим свойствам				
3.1. По механической прочности не менее	МПа	сжатие ¦ изгиб	сжатие ¦ изгиб	сжатие ¦ изгиб
марка 25				
7 суток		не нормируется	12 2	10 2
28 суток		не нормируется	25 4	25 4
марка 35				
1 сутки		не нормируется	не нормируется	12 2,5
3 суток		не нормируется/70% от марки	14 3	не нормируется
7 суток		не нормируется	не нормируется	18 3,2
28 суток		не нормируется	35 5,5	35 5,5
марка 300 3 суток**)		16,2(165) 2,95(30)		
28 суток		29,4(300) 4,40(45)	не нормируется	не нормируется
марка 400				
3 суток**)		22,6(220) 3,44(35)		
28 суток		39,2(400) 5,40(55)	не нормируется	не нормируется
марка 500				
3 суток**)		27,5(280) 3,93(40)		
28 суток		49,0(500) 5,90(60)	не нормируется	не нормируется
3.2. По срокам схватывания,				
начало, не ранее	час-мин	0 - 45/0-30***)	0 - 45	0 - 60
конец, не позднее	час-мин	12 - 00/4-00***)	12 - 00	12 - 00
3.3. По тонкости помола				
остаток на сите 008, не более	%	10/4	15	не нормируется
удельная поверхность по Блейну, не менее	$м^2$ /кг	не нормируется	не нормируется	250 3) 260 4)
4. По химическому составу				
4.1. Коэффициент насыщения (КН) клинкера, не менее		не нормируется	не нормируется	0,85
4.2. Содержание оксида магния (MgO) в клинкере, не более	%	5/*)	5	5
4.3. Содержание свободного оксида кальция (CaO своб.), не более	%	1,5/*)	не нормируется	не нормируется
4.4. Содержание ангидрида серной кислоты (SO3) в цементе, не более	%	3,5/*)	3,5/*)	не нормируется

1	2	3	4	5
5. Белизна исходных материалов, менее	% абс.шк.			
5.1. Белый портландцементный клинкер				
5.2. Отбеленный рядовой портландцементный клинкер		68	не нормируется	не нормируется
5.3. Активные минеральные добавки		40	не нормируется	
		68 5)	не нормируется	не нормируется
		40 6)	не нормируется	не нормируется
6. Номенклатура красящих добавок		Железная красковая гематитовая руда, желтый железоокисный пигмент, голубой и зеленый фталоцианиновый пигмент, пероксид/желтый светопрочный,красный 5С,красный, коричневый,черный,зеленый ж/о пигм.	нет данных	Неорганические и органические синтетические пигменты и природные красковые руды (марганцевая руда, охра, мумия)
7. По декоративным характеристикам цементов				
7.1. Оценка цветовых характеристик цементов		Визуальное сравнение с эталоном (цемент или цементная покраска)/ дифрактометр диффузного рассеяния(цемент)	нет данных	Визуальное сравнение с эталоном
7.2. Нормативные требования к декоративным свойствам цементов		Цемент должен быть однородным по цвету и сохранять свой цвет при тепловлажностной обработке и воздействии ультрафиолетовых лучей/*)	нет данных	нет данных

Примечание к таблице:
1) Испытание механической прочности при использовании однофракционного песка.
2) Испытание механической прочности при использовании полифракционного песка.
3) Для марки 25. 4) Для марки 35. 5) При производстве зеленого, голубого и розового цементов.
6) При производстве цементов желто-красной гаммы, коричневого и черного.
*) Патент соответствует требованиям ГОСТ 15825.
)По патенту № 2094403 *)Для портландцемента цветного с пластифицирующей добавкой, литьевого

Рассмотрим достоинства и недостатки традиционной технологии получения портландцементов цветных.

На промышленных мощностях бывшего Подольского опытного завода НИИцемента в былые времена не один десяток лет производили портландцементы цветные (ПЦЦ): желтый, зеленый, красный, синий, коричневый, черный (ГОСТ 15825). ПЦЦ производили из покупного белого клинкера ОАО «Щуровский цемент». Из клинкера с активностью 450 кгс/см^2 получали в основном цементы марки «300». Они не обладали чистыми тонами, были не стойкими к ультрафиолетовому облучению и были подвержены высолообразованию.

В настоящее время стоимость цветных портландцементов колеблется от 22,5 до 30,5 тысяч рублей за тонну. Производство полукустарное, но имеет свой рынок потребления. Изучение этого рынка показало заинтересованность архитекторов и строителей в применении цветных портландцементов. Однако отсутствие высококачественных декоративных портландцементов на отечественном рынке вынуждает их при выполнении строительных заказов использовать импортные цементы.

Применение цветных портландцементов осуществляется на «новоделах». Старинные особняки и дворцы отделывают цветными штукатурными смесями известкового или гипсового состава, в том числе оселковыми и утюжными мраморами, широко примененными Кваренги, Казаковым и другими мастерами позапрошлого века.

Введение пигментов в состав белого цемента для его окрашивания в различные цвета при помоле, уменьшает на 15-20% механическую прочность цементного камня.

ТАБЛИЦА 2. СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ЦВЕТНЫХ ЦЕМЕНТОВ (СОДЕРЖАНИЕ С-3=2%). ГОСТ 15825

Наименование рецептуры ПЦЦ. Цвет	Проход через сито №008, %	В/Ц	Расплыв стандартного конуса, мм	Удельная поверхность м^2/кг ПСХ-2	Н.Г., %***	Сроки схватывания, час-минута		Механическая прочность, МПа	
						начало	конец	изгиб 28	сжатие 28
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Желудь. Коричневый	99,0	0,24	112	630	17,0	0-30	0-45	6,54	51,0
Гладиолус. Красно-терракотовый	99,6	0,24	108	404	17,5	0-30	0-45	6,66	54,0
Чайная роза. Ярко-красный	100	0,25	115	689	17,0	0-30	0-45	6,57	51,4
Георгин. Красный	99,2	0,24	109	480	17,0	0-30	0-45	8,80	52,2
Подсолнух. Охристо-желтый	99,6	0,25	107	667	18,5	0-30	0-45	6,52	50,7
Золотые шары. Желтый	98,7	0,24	115	653	17,0	0-30	0-45	8,03	51,0

*Прим.: *Изготовлены из портландцемента белого Щуровского цементного завода.*
***Все образцы выдержали испытание на равномерность изменения объема. ***Нормальная густота*

ТАБЛИЦА 3. СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ЦВЕТНЫХ ЦЕМЕНТОВ (СОДЕРЖАНИЕ С-3=2%). ГОСТ 15825

Наименование рецептуры ПЦЦ. Цвет	Проход через сито №008, %	В/Ц	Расплыв стандартного конуса, мм	Удельная поверхность м^2/кг ПСХ-2	Н.Г., %***	Сроки схватывания, час-минута		Механическая прочность, МПа	
						начало	конец	изгиб 28	сжатие 28
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зеленый сад. Темно-зеленый	100,0	0,23	114	679	17,0	0-35	0-55	6,57	51,9
Весенняя листва. Ярко-зеленый	100,0	0,23	115	763	17,0	0-30	0-45	9,21	50,8
Фирюза. Бирюзовый	98,0	0,23	115	478	17,0	0-30	0-45	8,68	54,1
Василек. Ярко-голубой	99,6	0,24	115	489	17,5	0-30	0-45	6,96	52,0
Сирень махровая. Фиолетовый	99,8	0,25	115	610	17,0	0-30	0-45	6,53	50,8
Черная ночь. Черный	99,0	0,24	110	645	17,5	0-35	0-55	6,6	52,5
Хризантема. Белый окрашенный	99,2	0,24	110	480	17,5	0-35	0-55	9,58	56,1

Испытания специальных свойств цветного цементного камня показали, что светостойкость камня из декоративного цемента выше аналогичного камня, изготовленного из механической смеси цемента и пигмента идентичного состава.

Рассмотрим потребительские характеристики цветных цементов, получаемых различными способами. Известно, что нормативно-техническая документация, отражает действительный уровень развития техники и технологии. Как мы уже отмечали, национальные стандарты на цветные цементы присутствуют в России, Болгарии и Венгрии. В других странах производят цветные цементы по отраслевым или фирменным стандартам, стандартизуя требования к пигментам для цементов, как например, Великобритания (BS 1014). Это объясняется тем, что цветной цемент является декоративным вяжущим материалом, окрашенным при помоле на молекулярном уровне за счет адсорбции пигментов на поверхности цементных зерен. Цементы, смешанные с пигментами, окрашены на физическом уровне. При увлажнении и высыхании, замораживании и оттаивании происходит перемещение воды в декоративном бетоне. Пигменты вымываются на поверхность вместе с водой. Декоративный бетон теряет свою привлекательность.

Цветные портландцементы импортируются из Турции, Великобритании, Польши и стран бывшей Югославии. Все портландцементы цветные, наполнившие рынок Российской Федерации, подвержены высолообразованию и требуют применения специальных добавок и технологических приемов для получения высококачественных декоративных бетонов.

В настоящее время разработан новый механохимический способ получения портландцементов цветных, патент РФ № 2094403 «Способ получения цветных портландцементов».

В соответствии с патентом, в опытно-промышленном режиме на производственных мощностях ОАО «Щуровский цемент» были получены портландцементы цветные литьевые, т.е. пластифицированные (ПЦЦЛ), широкой цветовой гаммы чистых тонов, не имеющие аналогов в мире. В заводской лаборатории ПЦЦЛ были испытаны на соответствие требованиям ГОСТ 15825.

Предложенный способ получения цветного цемента заключается в том, что гомогенная смесь портландцемента, щелочестойких пигментов и добавок различного назначения подвергается механоактивации с измельчением при ускорении превышающем 9,8 g. Повторная механоактивация с измельчением полученных портландцементов цветных М-400 с суперпластификатором нафталинового ряда С-3, позволяет получить цветные цементы М-500. Они не подвержены выцветанию, высолообразованию цементного камня, обладают высокой морозо-, атмосферо- и коррозийной стойкостью. Данные портландцементы с пластифицирующей добавкой обладают литьевыми свойствами – при В/Ц=0,4 расплыв стандартного конуса составляет 210 мм, нормальная густота цементного теста колеблется от 17 до 18% для всего цветового ассортимента, что позволяет получать на их основе цементный камень с мелкопористой (как у фарфора) структурой, препятствующей миграции растворов солей и извести на поверхность и образованию высолов. В мелких порах такого камня вода замерзает при –50°С.

В табл. 2 и 3 приведены строительно-технические свойства портландцементов цветных литьевых (ПЦЦЛ), механоактивированных с пластифицирующей добавкой С-3 в количестве 2%.

Свойства ПЦЦЛ открывают новые возможности получения декоративных строительных материалов и широкие области применения.

Создание промышленного производства эталонированного цветного цемента, а также декоративных сухих строительных смесей на его основе, позволит усилить конкурентные позиции в строительном бизнесе отечественных товаропроизводителей цветного цемента. Серийное производство данного цветного цемента сдерживается отсутствием аппаратуры для оптического контроля производства цветного портландцемента с системой управления цветом.

Отсутствие инвестиций в это направление работ связано с тем, что выпуск цветных цементов является малотоннажной отраслью цементной индустрии и определяется мелкооптовым рынком потребления. Цветной цемент производят в соответствии с эталонами, согласованными с заказчиками. При оценке цвета цементов в течение длительного времени (год и более), партия от партии отличается по оттенку.

В крупнопанельном отечественном строительстве отделка цветным бетоном впервые использовалась в 1948 году на строительстве каркаснопанельных жилых домов. Применяя в составе бетонов цветные цементы и заполнители можно достичь высокого декоративного эффекта. Такой цветной бетон наносится в виде фактурного слоя на поверхность панелей или других изделий в процессе их формования и в результате совместной вибрации прочно связывается с основанием.

В Российской Федерации сохранилось традиционное промышленное производство изделий и деталей полносборного домостроения, которое возрождается в настоящее время на новой экономической и технической основе. Индустриализация отделочных работ в сборном домостроении с применением белых и цветных цементов имеет весомые преимущества по техническим характеристикам и позволяет создавать архитектурные элементы отделки изделий на традиционном потоке при помощи использования различных вкладышей, как, например, в прошлые годы на заводе крупнопанельного домостроения (КЖБИ № 211) в Сертолово Ленинградской области.

Отделка таких панелей декоративным раствором или бетоном на качественном эталонированном цветном цементе позволила бы достигнуть не только разнообразия в цветовом решении фасадов, но и имитировать другие более «благородные» фактуры.

Высокая долговечность декоративного слоя обусловлена наличием идентичных деформаций усадки и набухания декоративного и основного слоев. Такая отделка является наиболее экономичной по сравнению с известными отделочными фактурами.

Проблема периодического восстановления фасадов с применением долговечных высококачественных отделок остро стоит при современной тенденции к увеличению этажности зданий.

Обобщая опыт строительства в Англии, Франции, Голландии, Чехии, США можно отметить, что во всех странах в основном применяются мелкие облицовочные изделия. При изготовлении крупных элементов используются ручные методы отделки. В условиях индустриального домостроения, характеризующегося большими объемами работ, используются механические методы отделки.

Для поверхностной финишной отделки эффективно применение тонкослойных декоративно-защитных покрытий на основе цветных коллоидных цементных растворов.

В условиях отсутствия стабильного отечественного производства финишных отделочных декоративных смесей для отделки фасадов зданий востребованы импортные фасадные краски, которые вытеснили малярные штукатурки. Подавляющее большинство архитектурных проектов в качестве отделки фасадов предусматривает использование фасадных красок.

Для массового использования декоративных бетонов в отделке нужны высококачественные отечественные цветные цементы, обладающие при невысокой стоимости широкой цветовой палитрой и необходимой цветоустойчивостью. Чтобы данный вид отделки стал конкурентоспособным, необходимо повысить его декоративные возможности за счет расширения эталонированной цветовой гаммы цементов, обладающих устойчивостью окраски. При этом рациональный выбор заполнителей по виду, зерновому составу, способу вскрытия поверхности бетона позволяет формировать фактуры на любой вкус.

УДК 691

СВОЙСТВА МНОГОФАЗОВЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ, ПОЛУЧЕННЫХ ОДНОКРАТНЫМ ОБЖИГОМ И СМЕШИВАНИЕМ

Л.И. СЫЧЁВА, канд. техн. наук, профессор, **Д.В. АМЕЛИНА**, инженер, **В.В. ФЁДОРОВА**, студент, РХТУ им. Д.И. Менделеева

Сычёва Людмила Ивановна

Амелина Дарья Валериевна

Фёдорова Валерия Васильевна

Получены многофазовые гипсовые вяжущие с различным соотношением растворимого и нерастворимого ангидрита. Изучена кинетика перехода растворимого ангидрита в полугидрат сульфата кальция при хранении гипсовых вяжущих и определено его влияние на свойства материала. Показано, как увеличение доли нерастворимого ангидрита в составе многофазового вяжущего влияет на его строительно-технические свойства. В работе проводится сравнительная оценка свойств многофазовых гипсовых вяжущих, полученных однократным обжигом гипсового камня и смешением отдельно полученных низко- и высокообжиговых вяжущих.

Multiphase gypsum binders with different proportions of soluble and insoluble anhydrite were obtained. The kinetics of the transition of soluble anhydrite in hemihydrate of calcium sulfate during the storage of gypsum binders was studied and its influence on material properties of binder was determined. It was shown how to increase in the proportion of insoluble anhydrite consisting multiphase binder affects on its construction and technical properties. Properties of multiphase gypsum binders obtained from single-fired gypsum and mixed of separately prepared low and high-fired binders were compared in this paper.

В настоящее время объемы использования гипсовых вяжущих в строительстве заметно увеличились вследствие широкого применения сухих строительных смесей и механизации штукатурных работ. Одной из проблем производства гипсовых вяжущих в нашей стране является их узкая номенклатура. Основной объем производства вяжущих приходится на низкообжиговый строительный гипс, причем невысоких марок. Производство ангидритовых и композиционных гипсовых вяжущих в промышленном объеме практически отсутствует.

В зарубежных странах широко распространен выпуск многофазовых гипсовых вяжущих (МГВ). Многофазовые гипсовые вяжущие представляют собой вяжущие, состоящие в основном из строительного гипса и ангидрита. Получают их главным образом смешиванием в различных пропорциях отдельно полученного высоко- и низкообжигового гипса. Изменяя соотношение отдельных фаз, можно в широких пределах регулировать такие свойства вяжущего, как сроки схватывания, водостойкость, прочность.

В научно-технической литературе представлены результаты исследования многофазовых гипсовых вяжущих, полученных путем смешивания низко- и высокообжиговых вяжущих [1, 2].

На ряде предприятий по производству строительного гипса вместо традиционных технологий с гипсоварочными котлами и сушильными барабанами сегодня стали использовать установки быстрого обжига гипса. Вяжущие, полученные в современных установках быстрого обжига, представляют собой многофазовый продукт, состоящий из различных модификаций сульфата кальция, а именно двуводного и полуводного гипса, растворимого и нерастворимого ангидрита. Фазовый состав такого вяжущего может изменяться в пределах одной партии и, как следствие, приводить к нестабильности свойств гипсовых вяжущих.

Нам представлялось интересным получить МГВ при однократном обжиге и проследить за изменением его свойств в процессе хранения.

Известно, что при увеличении температуры обжига выше 220°С в продуктах дегидратации гипсового камня начинает образовываться растворимый ангидрит (РА) – крайне неустойчивая модификация сульфата кальция, быстро переходящая в полугидрат (ПГ) при хранении материала на воздухе. Существует устойчивое мнение, что появление РА в составе гипсовых вяжущих приводит к увеличению нормальной густоты, сокращению сроков схватывания и снижению прочности [3, 4].

Выполненные нами ранее исследования позволили усомниться в отрицательном влиянии РА на свойства гипсовых вяжущих, в частности многофазовых вяжущих [5].

Целью данной работы явилось изучение строительно-технических свойств МГВ в зависимости от режима обжига гипсового камня и определение влияния растворимого ангидрита на свойства вяжущего в процессе его хранения в воздушно-сухих условиях.

Для получения многофазовых гипсовых вяжущих проводили однократный обжиг гипсового камня в интервале температур 250-400°С с изотермической выдержкой материала 2 часа. В работе использовали новомосковский гипсовый камень, предварительно измельченный в шаровой мельнице до удельной поверхности 340 м^2/кг. Содержание дигидрата сульфата кальция в гипсовом камне составило 84%.

Продуктом обжига при таких условиях было вяжущее, состоящее из растворимого ангидрита (РА) и нерастворимого ангидрита (НА). Фазовый состав продуктов обжига оценивали по методике, предложенной в работе [6].

Так как РА является крайне неустойчивой модификацией сульфата кальция, быстро переходящей в ПГ, были проведены исследования по определению влияния фазового перехода РА→ПГ на свойства МГВ. Для этого вяжущие, полученные при разных температурах после установления их фазового состава, подвергали хранению в воздушно-сухих условиях в течение 14 суток до полного перехода РА в ПГ и вновь определяли их фазовый состав (табл. 1). Свойства определяли как свежеобожженных вяжущих, так и вяжущих после их хранения.

ТАБЛИЦА 1. ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ОБЖИГА ГИПСОВОГО КАМНЯ

Температура обжига, °С	После обжига		После 14 суток хранения	
	РА, %	НА,%	ПГ,%	НА,%
250	79,4	1,1	80,5	1,0
300	60,5	20	62,1	19,2
350	41,6	38,9	43,2	37,8
400	15,1	65,4	16	64,7

Увеличение доли НА в составе свежеобожженных вяжущих приводит к снижению

их удельной поверхности и нормальной густоты, а также к сокращению сроков схватывания, несмотря на то что доля РА при этом уменьшается (рис. 1). Причем сроки схватывания существенно сокращаются у вяжущих, полученных в при 350-400°С, что, вероятно, обусловлено перестройкой кристаллической решетки $CaSO_4$, сопровождающейся на термограмме новомосковского гипсового камня экзотермическим эффектом с максимумом при 368°С (рис. 2), и как следствие, приводящей к высокой гидратационной активности материала. В материале, полученном обжигом гипсового камня при 500°С, было зафиксировано 7,5% РА, остальная часть представлена НА, и сроки схватывания такого вяжущего уже резко увеличились. Но вяжущее продолжало схватываться и твердеть, это позволяет предположить, что РА при этом выполняет роль активизатора твердения НА.

Прочность вяжущих на ранних сроках твердения (2 часа) по мере увеличения температуры их обжига от 250 до 400°С снижается. Однако прочность вяжущих в возрасте 7 и 14 суток твердения растет с увеличением температуры. Максимальной прочностью 25 МПа обладало вяжущее, полученное при 350°С, которое имело состав 41,6% РА + 38,9% НА, в то время как прочность вяжущего, полученного при 250°С и состоящего только из РА, была примерно в 2 раза меньше – 13,5 МПа.

Очевидно, что прочность вяжущих, полученных при высоких температурах, на поздних сроках твердения обусловлена наличием НА, образовавшегося в процессе перестройки кристаллической структуры $CaSO_4$ и обладающего высокой гидратационной активностью (рис. 4).

Гидратация НА также подтверждается данными о количестве связанной воды в образцах

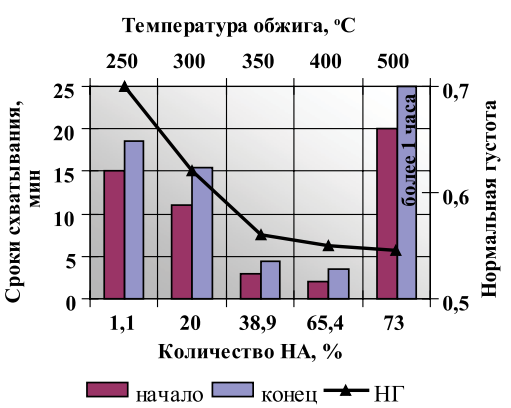


Рис. 1. Влияние температуры получения гипсового вяжущего на его сроки схватывания

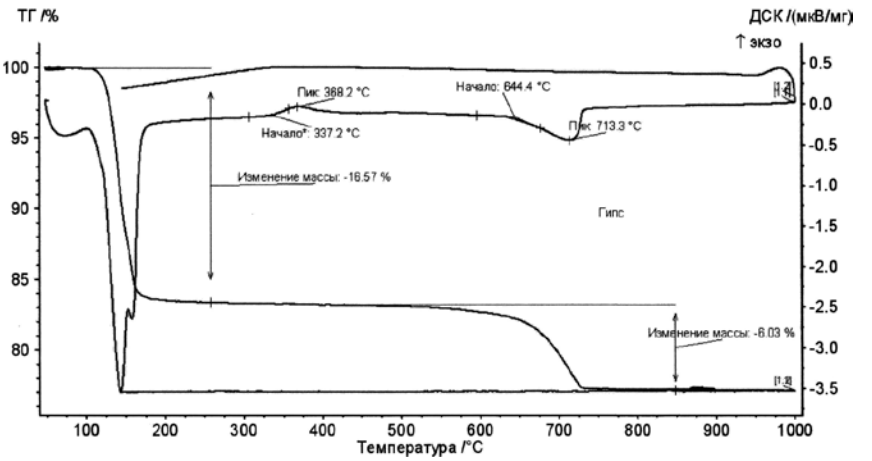


Рис. 2. Результаты дифференциальной сканирующей калориметрии новомосковского гипсового камня

затвердевшего МГВ, что косвенно позволяет судить о степени гидратации вяжущего.

При хранении МГВ, полученных однократным обжигом в интервале температур 250-400°С, происходит изменение их свойств, вызванное переходом РА→ПГ. После обжига вяжущие выдерживали в течение 14 суток; это время, за которое полностью осуществлялся переход растворимого ангидрита в нерастворимый (табл. 1).

В процессе хранения вяжущих происходило уменьшение удельной поверхности материала примерно на 30-40 м^2/кг, и как следствие – снижение нормальной густоты гипсового теста (на 9-13%). Так же как и в случае со свежеобожженным МГВ, наибольшее снижение удельной поверхности наблюдалось при переходе от вяжущего, полученного при 350°С, к вяжущему, полученному при 400°С, когда доля НА в материале достигала 65% (рис. 3).

В процессе хранения замедлялись сроки схватывания вяжущих. Особенно это заметно для вяжущих, полученных при температуре 250°С (разница в сроках схватывания у свежеобожженного вяжущего и вяжущего, хранившегося 14 суток, – 20 минут).

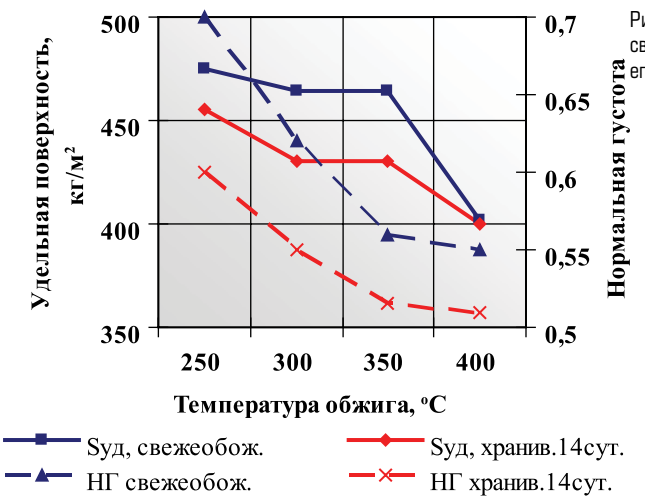


Рис. 3. Изменение свойств МГВ в процессе его хранения

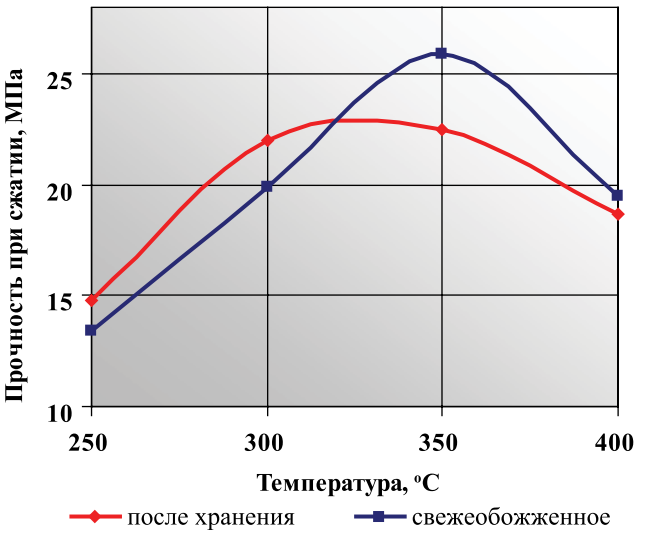


Рис. 4. Влияние хранения МГВ на их прочность в возрасте 14 суток твердения

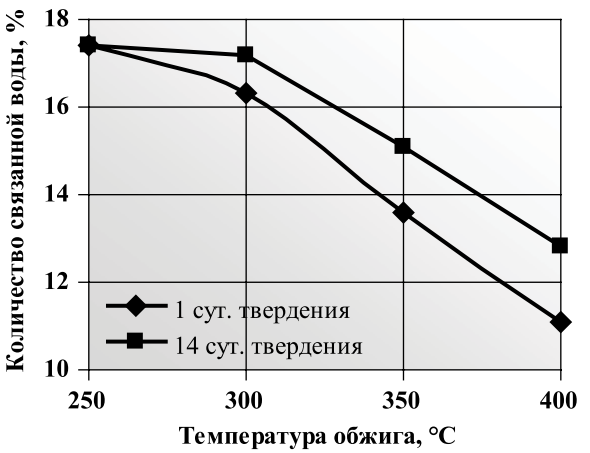


Рис. 5. Количество связанной воды в затвердевших образцах МГВ

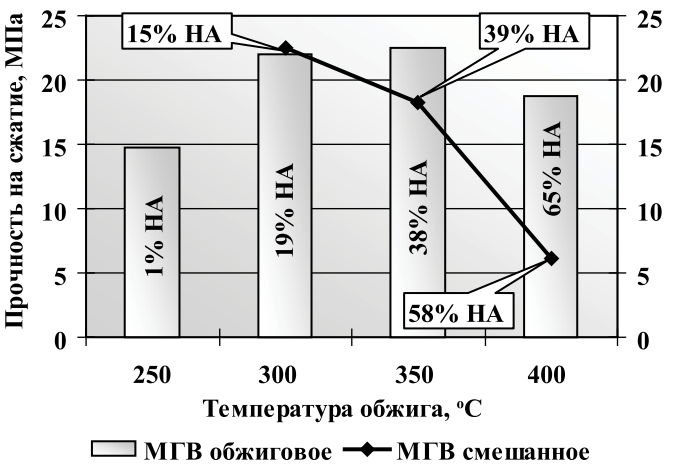


Рис. 6. Прочность МГВ, полученных обжигом и смешиванием

Прочность вяжущих, подвергнутых старению, незначительно отличается от прочности свежеобожженных вяжущих, за исключением материала, полученного при 350°С (рис. 4). Вероятно, это обусловлено тем, что гидратационная активность НА, образовавшегося в интервале температур 350-400°С, с течением времени хранения вяжущего снижается.

Интересно отметить, что кинетика набора прочности образцов из вяжущих, обожженных в интервале 250-400°С, также зависит от температуры. Так, например, вяжущее, полученное при 250°С, набирает 80% от 14 суточной прочности к 3 суткам твердения, а вяжущее, полученное при 300°С, достигает таких же значений уже к 1 суткам твердения. При дальнейшем увеличении температуры набор прочности замедляется, и вяжущее, полученное при 400°С, набирает 70% от 14-суточной прочности только к 7 суткам твердения.

Для образцов гипсового камня из вяжущих, хранившихся после получения 14 суток до полного перехода РА в ПГ, определяли количество связанной воды на 1-е и 14-е сутки твердения. Количество связанной воды на 14-е сутки твердения для образцов из вяжущих, полученных при температурах 300-400°С, увеличивалось на 0,9-1,7% по сравнению с образцами 1-суточного твердения. Это свидетельствует о том, что нерастворимый ангидрит с течением времени продолжает активно гидратироваться, и степень его гидратации за это время может достигать 40% и более.

Таким образом, обратный переход РА в ПГ при хранении материала также сопровождается изменением некоторых свойств вяжущих, как и переход ПГ в РА, при получении вяжущих при разных температурах.

Для сравнения свойств МГВ, полученных однократным обжигом и путем смешивания отдельных компонентов, были приготовлены механические смеси строительного гипса и ангидрита. Составы этих смесей (в пересчете на ПГ и НА) представлены в табл. 2, и они примерно соответствуют составам МГВ, полученным однократным обжигом (табл. 1).

Смешанные вяжущие готовили из строительного гипса фирмы «КНАУФ-ГИПС» с содержанием ПГ 83% и НА, который получали обжигом предварительно размолотого гипсового камня при 600°С. Удельная поверхность ангидрита составила 450 м^2/кг.

Удельная поверхность вяжущих с увеличением доли НА возрастает, так как его удельная поверхность была выше, чем у строительного гипса, при этом НГ гипсового теста практически не изменяется, а сроки схватывания заметно удлиняются (табл. 2).

Прочность смешанных вяжущих с увеличением доли НА снижается. Исключением является состав, содержащий 15% НА, его прочность незначительно превышает прочность образцов как из строительного гипса, так из МГВ, близкого по составу, но полученного однократным обжигом гипсового камня (рис. 6).

ТАБЛИЦА 2. СОСТАВ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА МГВ

Фазовый состав вяжущего	Sуд, $м^2/кг$	$T_{схв}$, мин.	
		начало	конец
Строительный гипс	360	8	14
66%ПГ+15%НА	375	14	19
39%ПГ+39%НА	396	19	24
19,2%ПГ+57,6%НА	430	27	33

Выводы:

Таким образом, по мере увеличения доли НА многофазовое гипсовое вяжущее, полученное смешиванием отдельных компонентов (ПГ и НА), обладает существенно более низкой прочностью, чем вяжущее, близкое по составу, но полученное однократным обжигом гипсового камня.

Короткие сроки схватывания и высокая прочность МГВ, полученного однократным обжигом гипсового камня в интервале температур 300-400°С, обусловлены в первую очередь высокой гидратационной активностью ангидрита, которая определяется перестройкой кристаллической решетки $CaSO_4$ в процессе обжига. Кроме того, присутствующий в составе такого вяжущего РА или ПГ, образовавшийся в процессе хранения МГВ, выполняет роль активизатора твердения ангидрита, чего не происходит при смешивании ПГ и НА.

Библиографический список

1. *Гонтарь Ю.В. Гипсовые и гипсоангидритовые растворные смеси для отделочных работ / Ю.В. Гонтарь, А.И. Чалова, А.К. Гайнутдинов // Строительные материалы, № 7, 2006, с. 6-7.*
2. *Халиуллин М.И. Влияние старения на физико-механические и структурные свойства многофазовых гипсовых вяжущих / М.И. Халиуллин, Р.З. Рахимов, Ю.В. Сабанина, Е.М. Нуриева, Э.А. Королёв // Изв. вузов, Строительство, № 10, 2006, с. 25-29.*
3. *Бутт Ю.М., Сычёв М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980, с. 472.*
4. *Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. – М.: Изд. АСВ, 2004, с. 488.*
5. *Сычева Л.И., Амелина Д.В. Влияние термообработки на строительно-технические свойства продуктов дегидратации гипса // Строительные материалы, № 7, 2014, с. 49.*
6. *Бобров Б.С., Киселева Л.В., Жигун И.Г., Романова А.В. Определение фазового состава строительного и высокопрочного гипса // Строительные материалы, № 7, 1983, с. 23-24.*

КОНСТРУКЦИОННЫЙ ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ГИПСОВЫЙ НАНОПРЕКОМПОЗИТ. ЧАСТЬ III. ПРЕМИКСЫ

А.В. ДОЛГОРЕВ, доктор хим. наук, профессор, технический директор архитектурно-производственной компании, г. Москва

Статья содержит ряд вопросов, которые могут расширить область знаний о гипсе, гипсовых вяжущих, их конверсии в высокопрочные водостойкие конструкционные гипсовые нанопрекомпозиты – новые экологически безопасные и комфортные материалы. Отмечается, что при рассмотрении структурных преобразований гипса при создании прочных композитов, аналогичных природным нанокомпозитам, главным является переход от представлений изолированных молекулярных кластеров гипсового вяжущего к наноструктурам.

The article contains a number of questions that can expand the field of knowledge about gypsum, gypsum binders, their conversion into high-strength waterproof structural gypsum nanoprecomposites – new environmentally friendly and comfortable materials. It is noted that when considering the structural transformations of gypsum when creating strong composites similar to natural nanocomposites, the main thing is the transition from the representations of isolated molecular clusters of gypsum binder to nanostructures.

Промышленное производство предприятий по многотоннажному выпуску сухих строительных смесей различного назначения часто сталкивается с технической проблемой самостоятельного поиска набора редуцирующих органических добавок [1]. Решение этой проблемы основывается на создании высокопрочных нанопрекомпозитов нового поколения на основе гипсовых вяжущих с использованием регулируемых процессов кристаллизации и твердения, обеспечивающих изменение требуемых параметров в заданных пределах с получением прочностных характеристик и эксплуатационных свойств материалов с минимальными затратами. Данная проблема неразрывно связана с изысканием новых подходов в области теоретических и экспериментальных физико-химических исследований процессов гидратации и формирования структуры искусственного камня, особенно при использовании в строительстве сухих смесей [2].

Повсеместно на заводах получила развитие порочная практика по выпуску ССС с использованием случайного набора однотипных органических добавок, порой не совместимых друг с другом, проявляющих антагонистические свойства, приводящих к нарушению гармонии эффективного влияния на реологию создаваемых и поступающих в оптовую продажу сухих смесей. Следует обращать внимание на следующий факт, что порошкообразные добавки, приобретаемые у дилеров иностранных производителей, предназначены, в первую очередь, для сухих смесей на цементной основе.

Премикс – это комплексная композиция, состоящая из гармонически сочетающихся различных химических соединений, применяемая для получения литьевых гипсовых материалов при сокращении затрат и сохранении эксплуатационных и потребительских свойств конечного продукта.

Премиксы также выгодны и в финансовом плане, а также значительно экономят время на приготовление строительных сухих смесей, тем более, что улучшение качеств будет максимальным, а нежелательные побочные реакции случайных компонентов сводятся к минимуму.

На предприятиях стран ЕЭС практически все добавки обладают комплексным действием, и состоят они из самостоятельных специальных компонентов. Такие премиксы многофункциональны и проектируются таким образом, чтобы усиливать одни свойства без ухудшения других, сочетающихся в определенном экспериментально обоснованном наборе в получаемом премиксе, с целью получить сухие смеси высокого качества, содержащие гипс [3].

Часто случайный набор различных функциональных органических добавок, основанный, с одной стороны, на рекламных описаниях и рекомендациях продавцов поставляемых из-за рубежа органических соединений, приводит к выпуску бракованных сухих смесей, с другой, к пренебрежению необходимым объемом исследовательских работ. В связи с этим следует отметить недостаточную профессиональную подготовку исполнителей, слабо разбирающихся в основах химии органических соединений и не имеющих опыта работы с отдельными компонентами премикса, используемыми для управления качеством ССС.

Применение премиксов позволяет уменьшать дозировки вяжущих компонентов при производстве, что важно как с точки зрения экономики, так и с точки зрения повышения характеристик гипсовых строительных смесей: снижения ползучести и снижения усадочных деформаций, а также получения высокопрочных строительных материалов [4].

Введение в гипсовые суспензии композиционных комплексных премиксов обеспечивает высокую пластичность при низком водопотреблении и позволяет в промышленном масштабе получать высококачественные гипсовые строительные материалы и гипсовые строительные изделия с высокими физико-потребительскими свойствами.

Результаты прецизионных исследований взаимодействий в системе «гипсовое вяжущее – комплексные композиционные премиксы» легли в основу создания и применения на практике комплексного пластифицирующего премикса КД-1, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к добавкам.

При необходимости промышленного выпуска сухих смесей на гипсовой основе становится важным проводить специальные исследовательские работы по адаптации этих порошкообразных добавок в гипсоминеральных системах и добиваться максимальной их гармонизации (рис. 1).

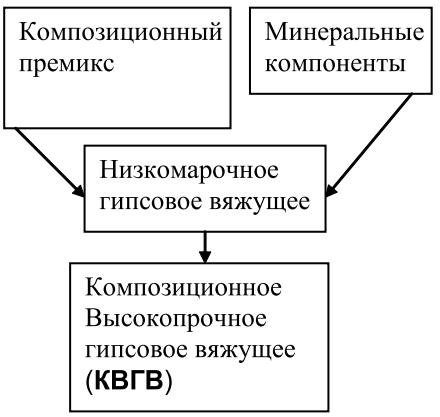


Рис. 1. Принципы гармонизации композиционного комплексного высокопрочного вяжущего на гипсовой основе

Гармонизация – это взаимное согласование, сведение в систему, унификация, координация, упорядочение, обеспечение взаимного соответствия процессов, свойств и отношений в системах. В широком понятии гармонизация по своей сущности включает в себя: сопряжения, флюктуации, синергетику процессов, скачкообразность развития за счет накопления, повышение потенциальной энергии систем, изменения закона энтропии, движение в пространстве, временные факторы, безразмерность времени и вечность.

Свойства комплексного модифицирующего премикса КД-1

Комплексный премикс КД-1 для модификации гипсовых вяжущих разработан нами на основе гармонично сбалансированных компонентов, включающий натриевую соль поликарбоксилатного полимера. Он рекомендован для получения высокопрочных гипс содержащих материалов и изделий широкого назначения и применения в строительстве.

Применение комплексного премикса КД-1 сопровождается дополнительными положительными эффектами: регулированием сроков схватывания, снижением водопоглощения, усадок, трещиноватости, увеличением поверхностной твердости и адгезии к различным иным материалам.

Премикс КД-1, изготовленный с применением поликарбоксилатных полимеров, включает в себя дополнительно и другие вещества, направленно регулирующие свойства получаемой комплексной строительной сухой смеси. КД-1 состоит из смеси функционально-активных органических химических компонентов, которые готовят тщательным смешением в диспергирующем устройстве [5]. Так, в сочетании с гашеной известью КД-1 снижает водотвердое отношение и повышает прочностные характеристики получаемых материалов в 3-4 раза

Как показали наши исследования, комплексный премикс КД-1 может быть использован для производства сухих строительных смесей, перегородочных плит, архитектурно-художественных и других строительных изделий.

Применение премиксов в производстве гипсовых изделий и материалов является экономически оправданным и технологически удобным. Используя их в определенной и научно обоснованной композиции, можно создавать инновационные качественные стройматериалы, при этом экономить время и деньги (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. ПРЕМИКСЫ ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

№	Наименование	Состав:	Назначение
1	Премикс–II для гипсопесчаных смесей самонивелирующихся полов	Концентрат поликарбоксилатаМП–17-2; ретордан – 1%; антирасслаиватель – 0,02%	Высокопрочные полы помещений
2	Премикс для штукатурных смесей на основе гипса «ILmaX- Стена-2»	Combizel Lh40; Berolan 902; Mecelose 7117; Ufapore TCO; Винная кислота; Келко Крете	Машинное нанесение на поверхности помещений
3	Премикс для шпаклевочных смесей ILmaX	Состав «Ноу-Хау»	Ручное шпаклевание
4	Премикс для смесей на основе гипса архитектурных работ	гашеная известь – 84,0 – 87,0; смесь порошкообразных поликарбоксилатов – 12,2-14,9; утфель – 0,259-0,36; салицилат натрия – 0,54-0,73; антислеживатель «Kelko-Crete DGF»	Изготовление архитектурно-строительных изделий
5	Премикс смесей пазогребневых плит		Пазогребневые межкомнатные плиты
6	Премикс сухой смеси для пеногипса	пенообразователь КД-10: ПБ2000-4 глюконат натрия; поликарбоксилат П-17 – 6,0; эфир целлюлозы – 0,2;	Для устройства теплозвукоизоляции стен и полов

ТАБЛИЦА 2

Технико-потребительские показатели	Размерность	Штукатурная смесь ILmax для маш. нанесения	Кнауф МН-75	Волма Stoiver	«Форман»
Подвижность смеси	мм	155	150	126	110
В/Т	л/кг	0,5	0,65	0,65	0,52
Сроки схватывания: начало конец	 мин мин	 180 210	 180 192	 210 220	 60 100
Прочность-изгиб	МПа	2,0	1,71	1,25	1,8
Прочность – сжатие	МПа	4,8	4,5	3,25	6,0
Адгезия с кирпичом	МПа	0,72	0,69	0,3	0,2

Ценообразующими компонентами в сухих строительных смесях являются химические добавки, которые улучшают качество гипсовых и гипсопесчаных растворов и позволяют получать в высококачественные клеи, штукатурки, шпаклевки и наливные полы [5]. Выполнено экспериментальное сравнение штукатурных смесей различных производителей (табл. 2.)

Если в создании и производстве ССС на основе портландцемента положение с требованиями по качеству продукции более-менее ясное, то при изготовлении строительных сухих смесей на гипсовой основе приходится учитывать особенности гидратации, кинетику, адсорбцию анионных фрагментов органических соединений и их взаимодействие между собой, а также другими компонентами.

В составах указанных премиксов проявляются совместные синергетические эффекты, повышается эффективность сухих смесей, что дает возможность снижать дозировку премикса.

Таким образом, приготовленные композиционные комплексные премиксы позволят повысить эксплуатационные показатели сухих смесей на основе гипса: водоудержание, трещиностойкость, тиксотропию, прочность и адгезионную прочность, прилипаемость и пластичность, водостойкость и морозостойкость гипсобетона различных марок и назначений.

Библиографический список

1. *Пустовгар А.П. Эффективность применения современных суперпластификаторов в сухих строительных смесях, // 4-я Международная научно-техническая конференция «MixBULD». 2002.*
2. *Долгорев В.А., Герасев В.И. «Изучение влияния поликарбоксилатов на эксплуатационные свойства высокопрочного материала на основе гипсового вяжущего» Сб. трудов региональной научно-практической конференции. «Молоды ученые производству». Старый Оскол, 2010, – с. 146.*
3. *Долгорев В.А. «Комплексные гиперпластификаторы для гипса». Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. V Международная научно-практическая конференция Казань 08-10 сентября 2010 г. с. 190-195.*
4. *Долгорев В.А. Применение поликарбоксилатов в производстве строительных гипсовых вяжущих и материалов. Минск.– 2015 // Строительная наука и техника, №1 (33), 2013, с. 105-110.*
5. *Долгорев В.А. Получение высокопрочного гипсового материала из низкомарочного гипса. Сборник трудов молодых ученых и аспирантов Международного университета. М., Дубна, 2007, – 230 с.*

УДК 666.972.16

ВЛИЯНИЕ МЕТАКАОЛИНА КАК МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Б.М. АУБАКИРОВА, канд. техн. наук, ассоциированный профессор,
А.Т. НУРМАГАНБЕТОВА, канд. техн. наук, ассоциированный профессор КазГАСА, Алматы, Казахстан

Аубакирова Бакыт Майнышевна

Нурмаганбетова Айман Турумовна

В статье приведены результаты исследований сухих смесей с добавками метакаолина. Доказано, что полученные материалы более стойки к воздействию агрессивных сред, морозоустойчивы. Покрытия и материалы на их основе надежны и долговечны, сохраняется стабильность свойств при хранении и транспортировке. Введение добавок способствует улучшению структуры и интенсификации процессов гидратации и появлению новообразований – гидросиликатов кальция.

The article presents the results of studies of dry mixes with metakaolin additives. It is proved that the materials obtained are more resistant to aggressive environments, frost-resistant. Coatings based on these materials are reliable and durable; the properties are stable during storage and transportation. The introduction of additives helps to improve the structure and intensification of hydration processes and the appearance of neoplasms – calcium hydrosilicates.

В качестве основы при производстве сухих смесей используют вяжущие материалы: гипс или цемент. Также в составе этого материала имеются специальные наполнители, которые придают ему дополнительные характеристики, такие как пластичность, водонепроницаемость, водоудерживание, стойкость к морозу и т.д.

Применение данных наполнителей в составе сухих строительных смесей должно обеспечивать надежность и долговечность конструкций при эксплуатации. Коррозионная стойкость и морозостойкость сухих смесей, особенно если они используются для внутренних отделочных работ, не являются основными показателями. Однако в случае применения гидроизолирующих покрытий и ремонтных составов на основе сухих смесей эти характеристики определяют долговечность и надежность в эксплуатации.

В сульфатных средах происходит миграция $Ca(OH)_2$ из внутренних слоев цементного камня к поверхности образца и сульфат-ионов из окружающих образец водных растворов внутрь образца. При встрече диффундирующих ионов и наличии гидроалюминатов кальция вначале вблизи поверхности образца образуется гидросульфоалюминат кальция (эттрингит), далее постепенно слой гидросульфоалюмината продвигается к внутренним участкам цементного камня. В сульфатной среде эттрингит образуется сначала в виде кристаллов очень малого размера, которые затем постепенно увеличиваются и заполняют поры. Под воздействием возникающего кристаллизационного давления появляются трещины, которые усиливают диффузионные потоки ионов и ускоряют коррозионное разрушение цементного камня.

Видом использованного вяжущего и различных добавок, особенностями структуры затвердевшего раствора в основном определяется коррозионная стойкость смеси. В зависимости от строения модифицирующих добавок меняется характер гидратации цемента, кинетика его структурообразования и физико-механические свойства поверхности пор и капилляров. Практика показала, что наиболее эффективным средством повышения морозостойкости и коррозиеустойчивости цементных материалов является применение гидрофобизирующих добавок, которые способствуют понижению капиллярной проницаемости цементного камня. Гидрофобизация внутренней поверхности пор и капилляров цементного камня в бетоне, достигаемая хемосорбционным взаимодействием органических соединений (ПАВ) с гидратными новообразованиями цемента, способствует уменьшению разрушительного действия от морозного пучения, снижению вероятности образования и роста зародышей кристаллов солей, что в сочетании с эффектом пластификации и уменьшения водопотребности затворенной смеси положительно влияет на повышение стойкости материалов. Испытания на коррозионную стойкость показали, что образцы с добавками серии НС значительно отличаются от образцов без добавок (рис. 1). Разрушающее действие от роста массы затвердевших образцов, с разработанными добавками пластифицирующего и гидрофобизирующего действия, уменьшено в 1,5-2 раза. Образование высолов сводится к проявлению «следов», тогда как образец без добавок уже после 6 месяцев испытаний полностью покрылся высолами (рис. 2).

Полученный результат высокой стойкости образцов с добавками при действии агрессивной среды связан не только с плотностью, особенностями капиллярно-пористой структуры и кинетикой диффузии агрессивного водного раствора, но и подавлением роста кристаллов и их модифицированием, что существенно снижает кристаллизационное давление солей в порах материала [1]. Показательной характеристикой сухих смесей при транспортировке и хранении, а также для смесей для выравнивающего состава, эксплуатируемого на открытом воздухе, является морозостойкость.

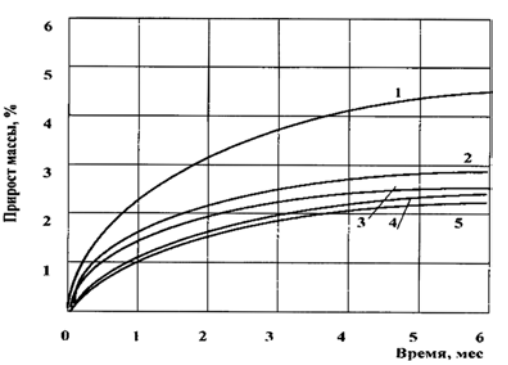


Рис. 1. Кинетика изменения прироста массы бетонов в 5%-ном растворе сульфата натрия
1 – без добавок; 2 – с МС-1; 3 – с МС-2; 4 – с МС-3; 5 – с МС-4

Морозостойкость цементного камня зависит от его строения и особенно от характера пористости, так как последний

будет определять объем и распределение льда, образующегося в теле камня при отрицательных температурах и, следовательно, значение возникающих напряжений и интенсивность процесса ослабления структуры материала. Обеспечение морозостойкости связано с применением добавок, благоприятно влияющих на процессы структурообразования путем создания в структуре цементной системы оптимальной пористости, в том числе капиллярной (рис. 3).

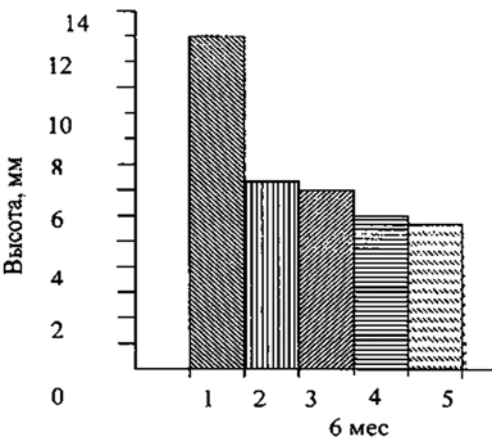


Рис. 2. Кинетика образования высолов на образцах затворенных сухих смесей в 5 %-ном растворе сульфата натрия
1 – без добавок; 2 – С НС-1; 3 – с НС-2;
4 – с НС-3; 5 – с НС-4

Уменьшение капиллярной пористости происходит из-за присутствия в добавках серии МС гидрофозирующих компонентов.

Морозостойкость затвердевших растворов сухих смесей оценивали по коэффициенту морозостойкости (рис. 4), представляющему собой отношение прочности образцов в исходном состоянии (28 суток) к прочности таких же образцов после определенного числа циклов замораживания-оттаивания, принятых для стандартной оценки морозостойкости бетонов [1].

Оценку морозостойкости производили при влажном замораживании-оттаивании-высушивании. При испытании образцов без добавок прочность существенно снижается после 20 циклов замораживания-оттаивания (кривая 1). Повышение морозостойкости образцов с добавками (кривые 2-5) связано с формированием более плотной и прочной структуры цементного камня в присутствии добавок серии НС, способствующих снижению водопотребности и обеспечению гидрофобизирующего эффекта.

Исследования микроструктуры затвердевших образцов с добавками серии НС с микрокремнеземом показало, что интенсифицируются процессы гидратации цемента (рис. 5 и 6). Активное появление участков с выраженными новообразованиями гидросиликатов кальция показано на рис. 5.

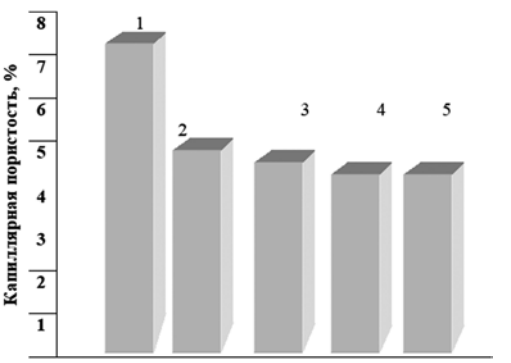
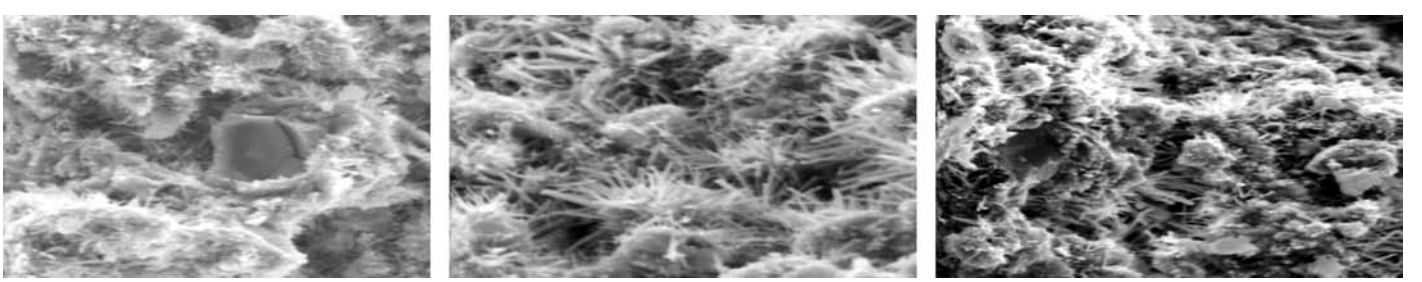


Рис. 3. Изменение капиллярной пористости образцов

Рис. 4. Влияние добавок на морозостойкость смесей
1 – без добавок; 2 – С НС-1; 3 – с НС-2; 4 – с НС-3; 5 – с НС-4

Использование добавки, содержащей метакаолин, способствует улучшению структуры, снижению капиллярной и гелевой пористости, что обеспечивает повышение плотности и, как следствие, повышение водонепроницаемости, прочности при сжатии и адгезионной прочности (рис. 6).

Таким образом, выполненные исследования показали, что сухие смеси с предлагаемыми добавками серии МС являются стойкими к воздействию агрессивных



а б в

Рис. 5. Морфология структуры затвердевших образцов с добавкой МС -1 (увел. в 1000 раз)

сред, они морозоустойчивы, что будет способствовать надежности и долговечности покрытий и материалов на их основе, а также стабильности свойств при хранении и транспортировке.

Известно, что износостойкость является одной из важнейших характеристик при оценке качества цементных материалов, работающих в условиях истирания и ударно-динамических воздействий [2].

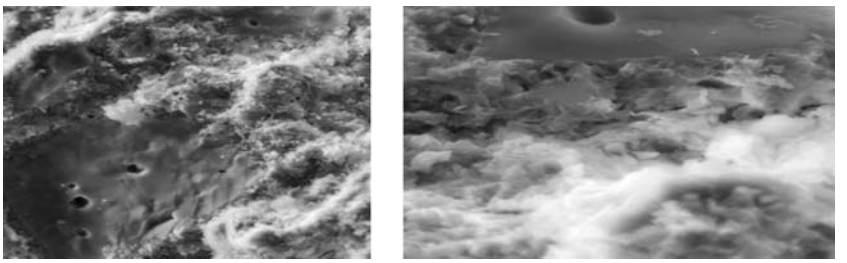
Применение химических добавок, особенно содержащих поверхностно-активные вещества, позволяют значительно улучшить показатели истираемости и износостойкости цементных материалов [2, 3, 4, 5].

Проведенные опыты по определению истираемости затворенных сухих смесей (табл. 1) показывают, что предлагаемые цементные материалы имеют в 3-4 раза и более высокую сопротивляемость истиранию и износостойкость, чем цементный камень без добавок.

Таким образом, высокая плотность и прочность цементного камня, полученного на основе модифицированного коллоидного цементного клея, обеспечивает его высокую сопротивляемость истиранию и износу.

Следует отметить, что повышенные показатели истираемости и износостойкости сухих смесей с модифицирующими добавками обусловлены наличием каркаса из мелкого заполнителя. При этом плотная контактная зона «заполнитель – цементный камень» и хорошие адгезионные свойства модифицированного коллоидного цементного клея к заполнителю обеспечивают полученному материалу минимальную уязвимость к истирающим и ударно-динамическим нагрузкам.

Установлено, что увеличение прочности образцов затвердевших растворов сухих смесей связано с особенностями формирования структуры цементного камня с добавками на основе компонентов с высокими пуццолановыми, пластифицируюшими и гиброфобизирующими свойствами. Улучшение адгезионных свойств затворенных сухих смесей происходит в результате повышения суммарной удельной поверхности смеси и увеличения площади контакта между растворным слоем и основанием, а также за счет интенсификации процессов гидратации и гидролиза в системе, содержащей добавки на основе ультрадисперсных наполнителей с пластификатором. Увеличение данного



а б

Рис. 6. Микроструктура затвердевших образцов с добавкой НС-3 (увел. в 4000 раз)

показателя в 1,5-2 раза связано с введением добавок, содержащих метакаолин с большой удельной поверхностью. В процессе исследований выявлено, что чем выше дисперсность, тем больше адсорбционной воды удерживается на поверхности частиц. Пластическая прочность смеси с добавками на основе ультратонких наполнителей позволяет регулировать прочность на всем периоде процесса структурообразования. Определено, что введение предлагаемых добавок в состав сухих смесей на основе цемента позволяет снизить водопотребность при сохранении подвижности, повысить в 1,5-2 раза водоудерживающую способность, ускорить набор структурной прочности цементного теста, что позволяет значительно повысить качество смесей.

Выявленный результат высокой стойкости образцов с добавками при действии агрессивной среды наряду с плотностью и особенностями капиллярно-пористой структуры и кинетикой диффузии агрессивного водного раствора связан и с подавлением роста кристаллов и их модифицированием, что способствует существенному снижению кристаллизационного давления солей в порах материала. Доказано, что повышение морозостойкости образцов с добавками связано с формированием более плотной и прочной структуры цементного камня в присутствии добавок серии МС, влияющих на снижение водопотребности и обеспечение гидрофобизирующего эффекта. Введение добавок способствует улучшению структуры и интенсификации процессов

ТАБЛИЦА 1. СОПРОТИВЛЕНИЕ ИСТИРАНИЮ

Материал	Путь истирания, м			
	150	300	450	600
	Потеря массы образца, г/см^2			
Без добавок	0,39	0,56	0,78	0,88
МС-1	0,12	0,11	0,16	0,27
МС-2	0,09	0,12	0,19	0,22
МС-3	0,08	0,10	0,16	0,23
МС-4	0,08	0,09	0,14	0,18

гидратации и появлению новообразований – гидросиликатов кальция.

По результатам исследований выявлено: сухие смеси с предлагаемыми добавками серии МС наиболее стойки к действию агрессивных сред, морозоустойчивы, следовательно, более надежны и долговечны покрытия и материалы на их основе, а также обеспечивается стабильность свойств при хранении и транспортировке.

Библиографический список

1. *Кудяков А.И., Копаница Н.О., Макаревич М.С. и др., Сухие строительные смеси для отделочных работ //Эффективность инвестиций в новое строительство и реконструкцию.– Материалы к науч. практ. конф. – Новосибирск, 2000, с. 12-15.*
2. *С.М. Байболов, П.К. Касымбеков, Научно-техническая политика в строительном комплексе Республики Казахстан // Вестник НИА РК, №1(5), 2000, с. 55-61.*
3. *К.А. Нурбатуров, Перспективные направления научно-исследовательских, технологических и опытно-конструкторских разработок в области развития базы стройиндустрии РК // Вестник НИА РК №3, 2009, с. 122-125.*
4. *Аубакирова Б.М., Слямбаева А.К., Нурмаганбетова А.Т., Иманбаева Н.С. Оптимизация схемы привода двухконтурных механизмов высокого класса // Вестник КазГАСА №3, 2017, с. 99-104.*
5. *Нурпеисова С.А., Аубакирова Б.М., Нурмаганбетова А.Т. Исследование свойств сырьевых материалов, улучшающих качество сухих строительных смесей // Международная научно-практическая конференция Integration of the Scientific Community to the Global Challenges of Our Time, Kyoto, Japan, 2018 http://www.regionacadem.org/index.php?option=com_content&view=article&id=518%3Aiii-l-r-26-28-2018-&catid=6%3A2011-09-05-18-10- 49&Itemid=13&lang=ru*

ПОДПИСКА на издания ООО «КОМПОЗИТ XXI век» на 2021 год!

Вы можете подписаться на наши журналы на почте или в редакции: (495) 231-44-55, kompozit21.ru

Оформление подписки:

В ПОЧТОВОМ ОТДЕЛЕНИИ

журнал "Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века"

По каталогу «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать»
индекс 79198

По объединенному каталогу «Пресса России»
индекс 26128

На сайте Почты России: www.podpiska.pochta.ru
индекс П1925

журнал "Кровельные и изоляционные материалы"

На сайте Почты России: www.podpiska.pochta.ru
индекс П1928

журнал "Технологии бетонов"

По каталогу «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать»
индекс 46401

По объединенному каталогу «Пресса России»
индекс 46501

На сайте Почты России: www.podpiska.pochta.ru
индекс П1927

журнал "Сухие строительные смеси"

На сайте Почты России: www.podpiska.pochta.ru
индекс П1929

Спешите!

ОТКРЫТА ПОДПИСКА

на 1-е полугодие 2021 г.
www.podpiska.pochta.ru

НА САЙТАХ ИЗДАТЕЛЬСТВА

www.kompozit21.ru, www.stroymat21.ru

ПОДПИСКА НА ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ ЖУРНАЛОВ

- Электронно-библиотечная система IPRbooks: www.iprbookshop.ru
- Агентство «Книга Сервис»: rucont.ru; aks.ru; pressa-rf.ru
- Агентство подписки «Деловая пресса»: www.delpress.ru

Распространение журнала:

ПО ПОДПИСКЕ

См. карту подписчиков наших журналов

ПО АДРЕСНОЙ РАССЫЛКЕ

- Администрация президента РФ
- Правительство России
- Совет Федерации
- Государственная дума (комитет по строительству и земельным отношениям)
- Министерство строительства и ЖКХ РФ
- Строительные и жилищно-коммунальные комплексы регионов России
- Министерство образования и науки РФ
- Мэрия г. Москвы
- Правительство и префектуры г. Москвы
- Союз архитекторов РФ
- Российская академия архитектуры и строительных наук
- Российская инженерная академия
- Международная академия инвестиций и экономики строительства
- Российское научно-техническое общество строителей – РНТО строителей
- Российское общество инженеров строительства – РОИС
- Российский союз строителей – РСС
- Ассоциация строителей России
- МГСУ и другие строительные вузы России
- Научно-исследовательские и проектные строительные организации
- Предприятия стройиндустрии
- Крупные строительные фирмы
- Потенциальные инвесторы в России и за рубежом

НА ВЫСТАВКАХ И КОНФЕРЕНЦИЯХ

- Среди участников крупнейших строительных выставок в Москве, регионах России и странах ближнего и дальнего зарубежья
- Среди участников международных, региональных конференций и круглых столов в Москве, С.-Петербурге, Краснодаре и других городах

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Trade Fair for Construction Materials

ДО ВСТРЕЧИ
НА ВЫСТАВКЕ 2021
ТВОЯ КОМАНДА ОСМ

26.01 | 29.01

МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР

2021

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ:

Салон станков, оборудования, технологий и сырья для индустрии керамической промышленности

КЕРАМБРИКТЕХ

CERAMBRICKTECH

Переработка и управление отходами

RWEXPO

RECYCLING WASTE EXPO

ЦЕЛИ ЗАДАЧИ РЕШЕНИЯ

реклама

ОРГАНИЗАТОР / Organizer: МОСКВА РОССИЯ ЕВРОЭКСПО VIENNA AUSTRIA EUROEXPO

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ / Supported by: ЭКСПОЦЕНТР МОСКВА

www.osmexpo.ru

16+